А. И. Расев

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ

Третье издание, переработанное и дополненное

Допущено Государственным комитетом СССР по народному образованию в качестве учебника для профессионально-технических училищ



ББК 37.130.3 Р24 УЛК 674.04.047

Рецензент - Р. Е. Милявская, преподаватель.

Расев А. И.

Р24 Сушка древесины: Учеб. для ПТУ. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — 224 с.: ил.

ISBN 5-06-000896-7

Даны сведения о свойствах сушильных агентов, а также древесины, значимых в процессах сушки. Описаны технология и оборудование для сушки пиломатериалов, измельченной древесины, древесноволокинстых плит. Изложены принимы контроля и регулирования режимов сущим.

принципы контроля и регулирования режимов сушки.

Третье издание (2-е — 1985 г.) переработано в соответствии с новыми руковолящими техническими материаламя по технологии камерной сушки пиломатериалов.

риалова

ББК 37.130.3 6П6.5

Учебное издание

Расев Александр Иванович

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ

ИБ № 8426

Изд. № ИНД—498. Сдано в набор 03.01.90. Подп. в печать 18.04.90. Формат 60×88¹/16. Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 13,72. усл. печ. л. 13,97 усл.-кр. отт. 14,30 уч.-изд. л. Тираж 13 000 экз. Зак. № 56. Цена 40 коп. Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Московская типография № 8 Государственного комитета СССР по печати. 101898, Москва, Хохловский пер., 7.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Третье издание учебника написано на основе учебных программ, предназначенных для подготовки в профессионально-технических училищах, а также на предприятиях сушильщиков, сушильщиков шпона и фанеры, а также операторов сушильных установок.

В третьем издании заменены новыми устаревшие данные по тепловому и циркуляционному оборудованию. Рассмотрены новые высокопроизводительные сушилки. На базе новых стандартов переработаны гл. IV, VII и IX. В целях углубления экономических знаний рабочих, привлечения их к управлению производством введена новая глава, в которой рассматриваются методы учета, планирования и организации работы сушильных цехов. Книга дополнена главой, посвященной сушке намазанного и пропитанного смолой шпона.

При переработке учебника автор стремился дать материалу большую практическую направленность в сочетании с достаточно серьезной проработкой теоретических вопросов. В конце каждой главы даны контрольные вопросы, которые позволят учащимся путем самоконтроля, более глубоко проработать отдельные разделы курса. Переиздаваемый учебник поможет достаточно детально изучить технологию сушки древесных материалов, оборудование, необходимое для этой цели, дать понятие о физических явлениях в процессах сушки и общие сведения об организации производства в сушильных цехах.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-техническая революция, перестройка во всех областях народного хозяйства, внедрение хозрасчета и самоокупаемости — все это немыслимо без подготовки квалифицированных рабочих кадров, владеющих в совершенстве не только своей профессией, но грамотных экономически. Постоянное углубление связи теории и практики, привитие прочных профессиональных знаний, совершенствование идейно-политической подготовки — таковы основные задачи системы профессионально-технического образования.

Перед лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностью ставится задача увеличения производства продукции без существенного расширения объема лесозаготовок. В настоящее время более рационально используются лесосырыевые ресурсы, улучшено использование древесины, повышается

качество изготовляемой из нее продукции.

Частным решением поставленной задачи является обязательная сушка всех вырабатываемых пиломатериалов. За истекший период выросли сушильные мощности за счет строительства новых и модернизации действующих сушилок, разработки и внедрения оптимальных режимов сушки, автоматизации сушильных процессов и комплексной механизации транспортных работ. Однако в полной мере эта задача не решена. Сушка пиломатериалов остается одной из важных проблем деревообрабатывающей промышленности.

Резкое увеличение объемов производства фанеры и древесностружечных плит определяет соответствующий рост объемов

сушки шпона и стружки.

Что же такое сушка? Сушкой называются процессы удаления

влаги из различных материалов путем испарения.

Сушка материалов широко распространена в отраслях народного хозяйства, в том числе и в деревообрабатывающей промышленности. Она является энергоемким процессом, связанным со значительным расходом топлива, пара, а также электроэнергии.

В технике применяются механические способы удаления влаги из материалов, которые отличаются значительно меньшим по

сравнению с сушкой потреблением энергии. К таким способам относятся, например, центрифугирование и отжим. Так, для обезвоживания тканей используют центрифугирование, для обезвоживания полотен бумаги и древесноволокнистых плит — отжим. Для древесины вследствие особенностей ее строения механические способы обезвоживания не нашли применения. Основным способом удаления влаги из древесины является сушка.

В результате сушки древесина из природного сырья превращается в промышленный материал, отвечающий самым разнообразным требованиям, которые предъявляются к нему в различных производственных и бытовых условиях. При снижении влажности древесины улучшаются ее физико-механические и эксплуатационные свойства. Известно, что с изменением содержания влаги в древесных сортиментах меняются их размеры и форма. В тех случаях, когда при эксплуатации изделий из древесины требуется постоянство размеров и формы деталей, их влажность должна быть заранее доведена до определенного уровня, который соответствует условиям эксплуатации этих изделий, т. е. до эксплуатационной влажности.

Древесина, содержащая большое количество воды, легко поражается грибами, в результате чего она загнивает. Сухая же древесина отличается большой стойкостью. Понижение влажности древесины приводит к снижению ее массы и одновременному повышению прочности. Сухая древесина в отличие от сырой легко склеивается и отделывается.

Таким образом, древесину высушивают с целью: предупреждения размеро- и формоизменяемости деталей; предохранения от порчи и загнивания; увеличения удельной прочности; повышения качества отделки и склеивания.

Сушка древесины — неотъемлемая операция в подавляющем большинстве технологических процессов деревообработки. В основном древесину сушат в виде пиломатериалов (досок, брусьев, заготовок), шпона (тонколистового материала), щепы, стружки и волокна. Некоторое распространение имеет сушка круглых лесоматериалов (детали опор линий электропередачи, связи, строительные детали).

Следует отметить, что промышленная сушка древесины относится к отраслям индустрии, технологические процессы которых практически не вызывают загрязнения окружающей среды. Тем не менее роль процессов сушки в вопросах охраны природы достаточно велика. Некачественная сушка и в недостаточных объемах приводит к резкому сокращению сроков службы деревянных конструкций и изделий, значительным потерям материала при его транспортировании, а в конечном итоге — к громадному перерасходу древесины. Вполне понятно, что для покрытия этого перерасхода необходимо дополнительно вырубать леса на определенных площадях. Известно, что для получения 1 млн. м³

пиломатериалов необходимо вырубать около 20 тыс. га леса, поэтому своевременная качественная сушка в достаточных объемах способствует сохранению лесных запасов, а в конечном итоге является одной из мер по реализации требований закона по охране природы.

Технологические процессы сушки и применяемое оборудование специфичны и достаточно сложны. Правильная организация и проведение сушки невозможны без специальных знаний и вы-

сокой квалификации операторов сушильных установок.

Предметом настоящего курса является изучение технологии процессов сушки древесины, оборудования, применяемого для проведения этих процессов, а также элементов теории сушки, без знания которых невозможна рациональная эксплуатация сущилок.

глава І

СВОЙСТВА ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СРЕДЕ. ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ

В процессе сушки древесину окружает газообразная или жидкая среда. Эта среда называется агентом сушки или сушильным агентом. Сушильный агент передает теплоту высушиваемой древесине и воспринимает испаренную из нее влагу.

Агентами сушки могут быть атмосферный воздух, топочные газы, водяной пар и их смеси, а в некоторых случаях гидрофобные, т. е. не смешивающиеся с водой, жидкости и водные растворы солей. Гидрофобные жидкости используют в процессах сушки сравнительно редко. Их основные свойства будут рассмотрены в § 40.

Как правило, все процессы сушки проходят при давлении, близком к атмосферному, или барометрическому. Его колебания, связанные с погодными условиями, сравнительно невелики. Для технологии сушки давление сушильного агента будем считать всегда постоянным и равным технической атмосфере, т. е. приблизительно 0,1 МПа.*

Рассмотрим наиболее важные свойства водяного пара, имею-

щие значение при сушке древесины.

Проведем небольшой опыт. Герметичный сосуд, имеющий постоянную в процессе опыта температуру, частично заполним водой, а из оставшегося пространства полностью удалим воздух. Вследствие испарения влаги в этом пространстве будет собираться водяной пар. Его давление будет постепенно повышаться и достигнет некоторой величины, после чего испарение влаги и рост давления прекратятся. С этого момента вода и пар будут находиться в состоянии равновесия. Пар, находящийся в равновесии с образующей его жидкостью, будет насыщенным. Давление его в этом состоянии называется давлением насыщения.

^{* 1} МПа≈10 кгс/см².

Давление насыщения водяного пара $p_{\rm H}$ зависит от температуры. При комнатной температуре оно невелико и составляет 0,002...0,003 МПа. С повышением температуры $p_{\rm H}$ значительно возрастает и при температуре 100°С равно 0,1 МПа. Каждой заданной температуре соответствует определенное давление насыщения, и, наоборот, каждому давлению — определенная температура насыщения пара. Температура насыщения равна температуре точки кипения воды при данном давлении.

Нагревание насыщенного пара при постоянном давлении приводит к образованию перегретого или ненасыщенного пара. Давление этого пара будет меньше давления насыщения, соответствующего новой, более высокой температуре. Такой пар может поглощать испаряющуюся влагу до тех пор, пока не станет опять

насыщенным.

Отношение давления пара определенной температуры к давлению насыщения, соответствующего этой температуре, называют *степенью насыщенности* пара и обозначают

$$\varphi_{\rm H} = p/p_{\rm H}. \tag{1}$$

Насыщенный пар имеет $p = p_H$, а следовательно, $\phi_{\pi} = 1$. Он не может быть сушильным агентом, так как не способен испарять влагу из материала. В качестве сушильного агента используют перегретый пар, температура которого должна быть выше 100 °C.

Атмосферный воздух представляет собой механическую смесь газов, из которых основными являются азот, кислород, аргон, углекислый газ. Воздух обязательно содержит в себе некоторое количество водяного пара, т. е. он является влажным.

Атмосферное давление влажного воздуха равно сумме *пар- циальных* давлений сухого воздуха и водяного пара, содержащегося в воздухе. Парциальным давлением называют давление одной составляющей смеси газов.

Предположим, что из герметичного сосуда, содержащего смесь сухого воздуха и водяного пара при атмосферном давлении, каким-то образом удалили сухой воздух. Если объем сосуда при этом не изменился, то, измерив давление, мы обнаружим, что оно стало ниже первоначального. Измеренное давление и будет парциальным давлением водяного пара.

Обозначим парциальное давление пара p_{π} , сухого воздуха $p_{\mathtt{B}}$, а атмосферное давление $p_{\mathtt{a}}$. Тогда можно записать

$$p_{\mathbf{a}} = p_{\mathbf{n}} + p_{\mathbf{B}}. \tag{2}$$

Сухой атмосферный воздух отличается постоянством своего состава и его можно рассматривать как однородный газ. Состояние однородного газа обычно определяется двумя параметрами — давлением и температурой, а при постоянном давлении — только температурой.

Содержание в воздухе водяного пара непостоянно. Поэтому состояние влажного воздуха характеризуется еще дополнительными параметрами, определяющими количество и состояние содержащегося в нем водяного пара. К таким параметрам влажного воздуха относят его степень насыщения, влагосодержание, теплосодержание, плотность и приведенный удельный объем.

Состояние влажного воздуха в сушильной технике определяют не менее чем по двум параметрам, например по температуре и степени насыщения; по температуре и влагосодержанию

ит.д.

Водяной пар в воздухе обладает такими же свойствами, как и в свободном от воздуха пространстве. Как и в чистом виде, пар в воздухе может быть перегретым (ненасыщенным) и насыщенным.

Степень насыщения воздуха водяным паром определяется отношением парциального давления пара к давлению его насыщения при данной температуре:

$$\varphi = p_{\rm n}/p_{\rm H}. \tag{3}$$

Если $p_n = p_H$ и $\phi = 1$, то воздух содержит максимально возможное при данной температуре количество пара. Такой воздух насыщен водяным паром.

Сушильным агентом может быть лишь воздух, содержащий перегретый пар. Отношение (3) называют степенью насыщения

воздуха паром или степенью насыщения.

Плотность влажного воздуха — это масса одного кубического метра смеси воздуха и пара. Плотность воздуха обозначается ρ . Ее единица — кг/м³.

Плотность влажного воздуха складывается из плотности сухого воздуха $\rho_{\text{в}}$ и плотности содержащегося в воздухе водяного пара $\rho_{\text{п}}$. Плотность пара в воздухе иногда называют абсолютной влажностью воздуха.

Приведенный удельный объем влажного воздуха — это объем влажного воздуха, приходящийся на 1 кг сухого воздуха. Обозначается латинской буквой $v_{\rm np}$ и выражается в м³/кг сухого воздуха.

Величины плотности и приведенного удельного объема в значительной степени зависят от температуры и степени насыщения воздуха.

В сушильной технике массу водяного пара и количество теплоты, содержащейся в воздухе, принято исчислять по отношению к массе сухой части (т. е. без водяного пара). Соответствующими параметрами воздуха являются его влагосодержание и теплосодержание.

Влагосодержанием называют массу водяного пара (г), приходящуюся на 1 кг сухой части воздуха. Так как пар и сухой



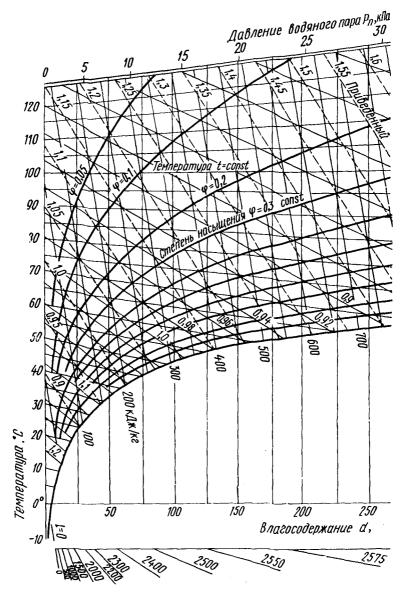
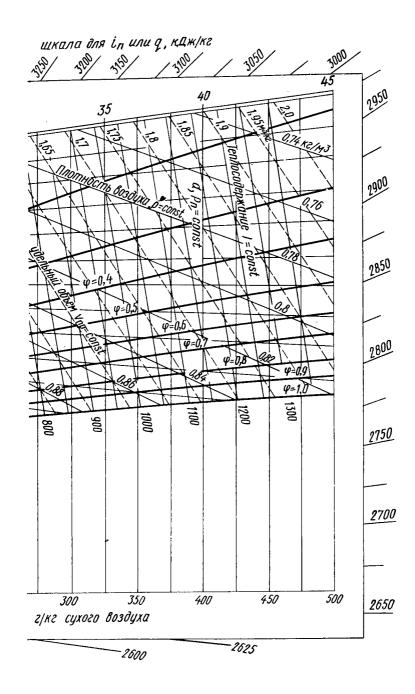


Рис. 1. Id-диаграмма влажного воздуха



воздух занимают один и тот же объем, то в соответствии с определением влагосодержание d выражается отношением

$$d = 1000 \rho_{\rm H}/\rho_{\rm B}$$
 г влаги/кг сухого воздуха. (4)

Теплосодержанием воздуха называют общее количество теплоты, содержащейся в воздухе, отнесенное к 1 кг сухой его части. Обозначается латинской буквой І и имеет единицу измерения кДж*/кг сухого воздуха. Оно складывается из теплосодержания сухого воздуха $i_{\rm B}$ и энтальпии содержащегося в воздухе пара $i_{\rm n}$. Так как на 1 кг сухой части приходится 0,001d кг влаги, то теплосодержание выразится суммой

$$I = i_{\rm B} + 0.001 di_{\rm n}. \tag{5}$$

Иногда для характеристики степени насыщения воздуха паром используют параметр относительная влажность, т. е. отношение плотности пара в воздухе к плотности пара в насыщенном влагой воздухе. Численно он равен степени насыщения, параметру, которым мы будем пользоваться в дальнейшем как более универсальным, поскольку степень насыщения характеризует состояние как чистого пара, так и влажного воздуха, а относительная влажность — только состояние влажного воздуха.

§ 2. ДИАГРАММЫ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

параметры влажного воздуха могут Рассмотренные выше быть определены с помощью Id- и tp-диаграмм влажного воз-

духа.

Впервые диаграмма, устанавливающая взаимосвязь между параметрами влажного воздуха, была разработана русским ученым, профессором Л. К. Рамзиным в 1918 г. Она получила название Id-диаграммы влажного воздуха, так как была построена в координатах «теплосодержание — влагосодержание». Значителен вклад в термодинамику сушильных процессов советского ученого, профессора И. В. Кречетова, который усовершенствовал Id-диаграмму и предложил новую tp-диаграмму влажного воздуха.

Рассмотрим вариант Id-диаграммы проф. И. В. Кречетова (рис. 1). На *Id*-диаграмму нанесены следующие семейства линий: влагосодержания d — прямые вертикальные линии; теплосодержания \widehat{I} — наклонные прямые, проходящие под углом $pprox 170^\circ$ по отношению к линиям d; температуры t — прямые, проходящие под небольшим углом к горизонтали; степени насыщения ф — пучок кривых. Кривая ф = 1 делит диаграмму на две области: верхнюю, которая характеризует состояние воздуха, содержащего перегретый пар, и нижнюю, определяющую состояние воздуха, содержащего мокрый пар.

^{* 1} кДж≈0,229 ккал.

Состояние воздуха, содержащего сухой насыщенный пар, характеризуется собственно линией $\phi = 1$.

Линии парциального давления водяного пара p_{π} на диаграмму не наносят, а используют линии d = const, поскольку между d и p_{π} имеется однозначная зависимость. Кроме того, на Id-диаграмме нанесены семейства прямых ρ = const и $v_{\pi p}$ = const.

Для сушки древесных материалов характерны такие процессы, как кондиционирование, конденсационная сушка, которые проходят при относительно невысоких температурах (до $50\,^{\circ}$ C). В этом случае Id-диаграмма, приведенная на рис. 1, не позволяет с достаточной точностью определить параметры воздуха.

На рис. 2 дается вариант Id-диаграммы для анализа таких низкотемпературных процессов. Предлагаемый вариант дает возможность определять состояние воздуха в диапазоне от —20 до $+50\,^{\circ}$ С. Id-диаграмма является весьма важным пособием для сущильщика, однако область ее применения ограничена.

Во влажном воздухе с повышением его температуры и степени насыщения будет возрастать содержание пара и соответственно уменьшаться количество сухого воздуха. Влагосодержа-

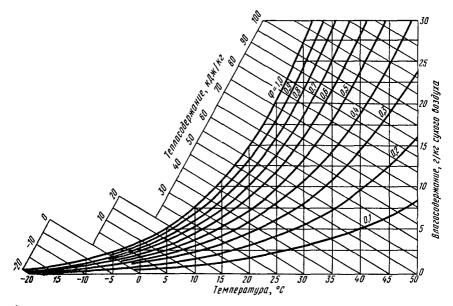


Рис. 2. Id-диаграмма в диапазоне пониженной температуры

ние при этом увеличивается. При температуре $t=100\,^{\circ}\text{C}$ и $\phi=1$ в паровоздушной смеси остается ничтожно малое количество собственно воздуха, ее влагосодержание стремится к бесконечности и эта смесь превращается в чистый водяной пар. Такое состояние или близкое к этому не может быть изображено на

Id-диаграмме. Вместе с тем в сушильной практике в качестве сушильного агента широкое применение находит воздух с повышенными температурой и степенью насыщения, а также чистый перегретый пар атмосферного давления.

Взаимосвязь между параметрами влажного воздуха любых, без ограничения состояний может быть установлена с помощью

tp-диаграммы (рис. 3).

Эта диаграмма построена в координатах температура t—парциальное давление водяного пара $p_{\rm n}$. Она содержит семейство

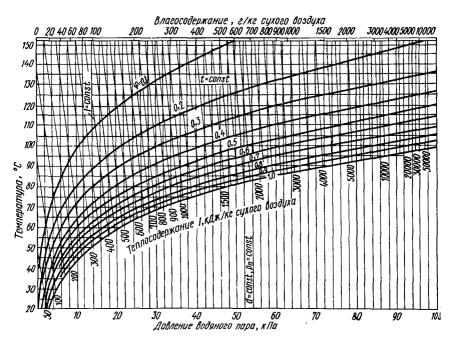


Рис. 3. tp-диаграмма влажного воздуха

линий: t=const (горизонтали), p_n =const и d=const (вертикали), I=const (наклонные прямые) и φ =const (расходящиеся кривые).

Крайняя левая вертикаль характеризует состояние сухого воздуха без примеси пара, а крайняя правая — состояние чистого перегретого пара (при $t = 100\,^{\circ}\text{C}$ — сухого насыщенного пара). Область диаграммы, заключенная между этими вертикалями, определяет состояние влажного воздуха, имеющего любые соотношения собственно воздуха и пара.

C помощью Id- и tp-диаграмм по двум заданным параметрам (если они не однозначны) можно найти остальные параметры.

Примеры. 1. Влажный воздух имеет температуру 86° С и степень насыщения 0,4. Определить с помощью Id-диаграммы остальные параметры этого воздуха: теплосодержание I, влагосодержание d, парциальное давление

пара p_{π} , плотность ρ и удельный объем $v_{\pi p}$.

Находим на диаграмме точку пересечения линий $t=86^\circ$ и $\phi=0,4$. Полученная точка характеризует заданное состояние воздуха. По положению этой точки относительно линии теплосодержания I, влагосодержания d, парциального давления $p_{\rm n}$, плотности ρ и удельного объема $v_{\rm np}$, соответствующим шкалам и масштабу делений определяем: I=650 кДж/кг, d=210 г/кг, $p_{\rm n}=26000$ Па, $\rho=0.873$ кг/м³, $v_{\rm np}=1.39$ м³/кг.

2. По Іd-диаграмме найти температуру, теплосодержащие І и влагосодержание d воздуха, насыщенного влагой, если парциальное давление пара

составляет 30 000 Па.

Если воздух насыщен влагой, то его состояние на диаграмме изображается линией $\phi=1$. Точка, которая характеризует состояние воздуха по условию задачи, лежит на пересечении линий $\phi=1$ и $p_n=30\,000$ Па. По положению этой точки находим: $t=68\,^{\circ}\mathrm{C}$, $I=745\,$ кДж/кг, $d=260\,$ г/кг.

3. Влажный воздух имеет температуру 10°C и степень насыщения 0,6.

Определить остальные параметры, используя *Id*-диаграмму.

Находим по диаграмме (см. рис. 2) точку пересечения линий $t=10\,^{\circ}\mathrm{C}$ и $\phi=0,6$. Эта точка характеризует заданное состояние воздуха. По положению этой точки находим d=4 г/кг; I=22 кДж/кг.

§ 3. ТОПОЧНЫЕ ГАЗЫ. $Id\alpha$ -ДИАГРАММА

Топочные газы получают на деревообрабатывающих предприятиях в результате бездымного сжигания древесных отходов, природного газа и мазута. В некоторых случаях используют газы, отходящие от котельных. В смеси с влажным воздухом топочные газы используют для сушки измельченной древесины, шпона и пиломатериалов.

Состояние топочных газов зависит от вида и состава топлива, его влажности и условий горения. Оно характеризуется теми же

параметрами, что и состояние воздуха.

В процессе горения химическая энергия топлива превращается в тепловую. Получаемые топочные газы состоят в основном из кислорода (O_2) , азота (N_2) , водорода (H_2) , углекислого газа (CO_2) и водяных паров (H_2O) .

Физические свойства газов мало отличаются от свойств атмосферного воздуха. Поэтому для определения состояния топочного газа может быть применена Id-диаграмма с расширенной температурной шкалой. С целью установления взаимосвязи параметров газа с составом и влажностью топлива, а также условиями горения последнего в топке на Id-диаграмму наносят дополнительные линии постоянной влажности топлива W—const и коэффициента избытка воздуха α —const. Такая диаграмма получила название $Id\alpha$ -диаграммы топочных газов. На рис. 4 дана $Id\alpha$ -диаграмма топочных газов для древесного топлива, предложенная профессором W. В. Кречетовым.

В энергетике влажность топлива принято рассчитывать как отношение массы влаги в составе топлива к первоначальной мас-

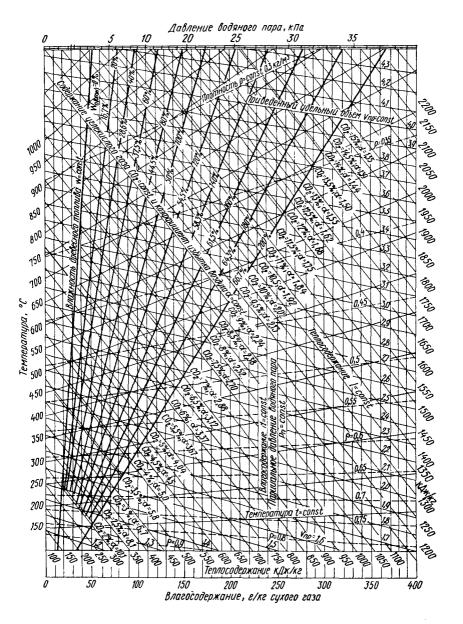


Рис. 4. $Id\alpha$ -диаграмма топочных газов

се (относительная влажность). В деревообработке принят метод расчета влажности по отношению к массе сухой части вещества (см. § 5 учебника).

Для удобства расчетов линии постоянной влажности топлива на диаграмме имеют двойное обозначение, соответствующее относительной W_0 и абсолютной W влажности.

Коэффициент избытка воздуха а, являющийся основной характеристикой условий горения топлива, показывает величину отношения количества воздуха, затрачиваемого на сжигание топлива, к минимально необходимому количеству воздуха для полного сгорания этого топлива. Для получения топочного газа как агента сушки сжигание топлива проводят при $\alpha > 1$.

При полном сгорании топлива содержание углекислого газа зависит только от коэффициента а и определяется (%) из соотношения

$$CO_2 = 20, 2/\alpha.$$
 (6)

Таким образом, каждой величине α соответствует вполне определенное содержание CO₂. Поэтому на линиях α =const дано двойное обозначение (α и CO_2). Содержание углекислого газа в топочных газах определяют газоанализаторами.

 $Id\alpha$ -диаграмма для древесного топлива может быть использована и для анализа состояния газов, получаемых при сжигании мазута и природного газа. Процесс горения мазута с достаточной степенью точности характеризуется на $Id\alpha$ -диаграмме линией постоянной влажности $\hat{W} = 0$, а природного газа — W = 20%.

Примеры. 1. При сжигании древесного топлива с помощью пирометра (прибора для измерения температуры) и газоанализатора установлено, что t = 700 °C, содержание $CO_2 = 10\%$. Требуется определить теплосодержание I. влагосодержание d, плотность ρ , удельный объем $v_{\rm пp}$, коэффициент α топочного газа и влажность сжигаемого топлива: абсолютную W или относительную W_0 .

На $Id\alpha$ -диаграмме находим точку пересечения линий $t=700\,^{\circ}\text{C}$ и $\text{CO}_2=$ =10%. Эта точка характеризует состояние топочного газа. Далее по положению точки определяем: $I=1320~{\rm к} Дж/{\rm kr};~d=155~{\rm г/kr};~\rho=0,34~{\rm kr/m}^3,$

 $v_{\rm np} = 3.4 \text{ M}^3/\text{K}\text{F}; \ \alpha = 2.02; \ W = 125\% \ (W_0 = 55.5\%).$

2. Температура газа, полученного при сжигании природного газа, равна 900°C. Определить теплосодержание I, влагосодержание d, коэффициент а, удельный объем $v_{\rm np}$, плотность ρ полученного газа.

Находим на $Id\alpha$ -диаграмме точку пересечения линий $t{=}900\,^{\circ}\mathrm{C}$ и W=20%. По положению точки определяем: I=1210 кДж/кг, d=66 г/кг, $\alpha = 2,22, v_{\pi p} = 3,65 \text{ m}^3/\text{Kr}, \rho = 0,29 \text{ kr/m}^3.$

§ 4. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА

В сушильной технике наиболее характерными процессами изменения состояния воздуха являются нагревание или охлаждение воздуха в теплообменниках, испарение влаги в воздухе и смешение воздуха различных состояний. Эти процессы очень удобно изображать и анализировать, используя диаграммы влажного воздуха.

Нагревание или охлаждение воздуха в теплообменниках происходит в результате его соприкосновения с горячей или холод-

ной сухой поверхностью.

При нагревании воздуха повышается его температура, увеличивается теплосодержание, снижается степень насыщения. Коли-

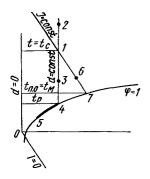


Рис. 5. Схема процессов нагревания, охлаждения воздуха и испарения влаги на *Id*-диаграмме

чество влаги в воздухе остается неизменным, а следовательно, влагосодержание — постоянным. На Id-диаграмме нагревание воздуха, первоначальное состояние которого характеризуется точкой 1 (рис. 5), изображается вертикальной прямой 1—2, параллельной линии d=const.

Охлаждение воздуха связано с понижением его температуры, теплосодержания и повышением степени насыщения (линия 1—3). В определенных условиях при охлаждении воздух может достигнуть состояния насыщения (точка 4).

Дальнейшее его охлаждение будет сопровождаться конденсацией водяного пара (отрезок 4—5) и уменьшением влагосодержания. Состояние, при котором воздух, охлаждаясь о сухую поверхность,

достигает насыщения, называется точкой росы, а соответствующая этому состоянию температура — температурой росы $t_{\rm p}$.

Аналогично изображаются процессы нагревания и охлаждения на tp-диаграмме.

При соприкосновении воздуха, содержащего перегретый пар, с поверхностью воды или влажного тела будет проходить процесс испарения влаги в воздух.

При этом температура воздуха понижается, а степень насыщения и влагосодержание увеличиваются. Теплосодержание же остается постоянным (I=const), так как теплота, затрачиваемая на испарение, передается образовавшемуся пару и остается в воздухе в виде скрытой теплоты парообразования.

Если исходное состояние воздуха характеризуется точкой 1 на Id-диаграмме (рис. 5), то процесс испарения влаги изобразит-

ся прямой 1-6, параллельной линии I = const.

В процессе испарения воздух может оказаться насыщенным водяным паром (точка 7). При этом наступит равновесие между паром в воздухе и жидкостью. Температура воздуха и количество содержащейся в нем влаги будут оставаться при последующей выдержке постоянными. Точка 7 характеризует состояние воздуха, называемое пределом охлаждения при испарении или

пределом охлаждения. Температура, при которой воздух, испаряя влагу, достигает состояния насыщения, называется темпера-

турой предела охлаждения $t_{\text{п.о.}}$

Мокрое тело, омываемое воздухом, при достаточной длительности процесса приобретает температуру, равную температуре предела охлаждения. Важно отметить, что $t_{\rm п.o}$ при атмосферном давлении, а следовательно, и температура мокрого тела, окруженного воздухом, независимо от температуры последнего всегда ниже $100\,^{\circ}$ С. При атмосферном давлении $t_{\rm п.o} = 100\,^{\circ}$ С имеет только чистый перегретый пар.

Температура предела охлаждения может быть измерена смоченным термометром, т. е. термометром, у которого чувствительный элемент — шарик — обернут тканью, смачиваемой в воде. Смоченный термометр в паре с обычным сухим термометром образует прибор — психрометр (рис. 6).

По показаниям сухого $I(t_c)$ и смоченного $2(t_m)$ термометров с помощью Id- и tp-диаграмм определяют все параметры возду-

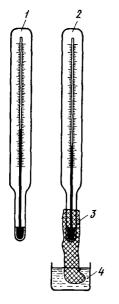
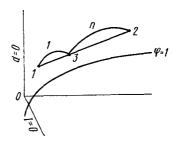


Рис. 6. Общий вид психрометра:

1 — сухой термометр, 2 — смоченный термометр, 3 — тканевый чехол, 4 — сосуд с водой

Рис. 7. Схема процесса смещения воздуха различных состояний на *Id*-диаграмме



ха. Для этого на диаграмме нужно найти точку пересечения изотермы $t_{\rm M}$ с кривой $\phi=1$ (см. рис. 5, точка 7). Через эту точку проводят линию $I={\rm const}$ до пересечения ее с линией $t_{\rm c}$. Полученная точка I будет характеризовать состояние воздуха. Кроме того, степень насыщения ϕ может быть определена по психрометрическим диаграммам или таблицам, один из вариантов которых дан в приложении.

Для операторов сушильных установок большой интерес представляют процессы смешения воздуха различных состояний, поскольку для обеспечения нормальной работы сушильных камер необходимо разбавлять находящийся в них воздух свежим.

Состояние смеси зависит от состояния ее компонентов и пропорции, в которой эти компоненты смешивают. Для анализа процесса смешения и определения параметров смеси используют только Id-диаграмму. Процесс смешения на диаграмме изображается следующим образом (рис. 7). Пусть смешиваются G_1 кг воздуха состояния I и G_2 кг воздуха состояния I лочки I и I на Id-диаграмме характеризуют состояние компонентов. Точка состояния смеси находится на отрезке прямой I—I0. Для нахождения положения этой точки на отрезке необходимо первоначально определить коэффициент пропорции смеси I1 из соотношения

$$n = G_1(1 - 0.001d_1)/[G_2(1 - 0.001d_2)]. \tag{7}$$

Затем отрезок 1-2 следует разделить на n+1 частей и от точки, характеризующей состояние преобладающего компонента (например, от точки 1), отложить одну часть. Получаем точку 3, которая и характеризует состояние смеси. Для удобства построения рекомендуется брать n>1.

Примеры. 1. Воздух температурой $t=50\,^{\circ}\text{C}$ и степенью насыщения $\phi=0.7$ нагревают в теплообменнике до температуры $90\,^{\circ}\text{C}$. Найти теплосодержание I и степень насыщения ϕ нагретого воздуха. Находим на Id- или tp-диаграммах точку пересечения линий $t=50\,^{\circ}\text{C}$ и $\phi=0.7$. Из этой точки пооводим прямую, параллельную линии d=const (вертикально вверх), до пересечения с линией температуры $t=90\,^{\circ}\text{C}$. Полученная точка характеризует состояние нагретого воздуха. Далее находим искомое: $I=250\,^{\circ}\text{к}\text{Дж/кr}$, $\phi\approx0.13$.

2. Воздух, имеющий $t=90\,^{\circ}$ С и $\phi=0.2$, проходит через слой сырого материала и выходит из него при $t_2=70\,^{\circ}$ С. Определить степень насыщения

ф2 воздуха, прошедшего через материал.

Из точки, характеризующей исходное состояние воздуха $(t=90\,^{\circ}\text{C}\text{ и}$ $\phi=0.2)$, проводим линию, параллєльную линиям l=const, до пересечения с линией $t_2=70\,^{\circ}\text{C}$. По положению полученной точки находим, что степень насыщения воздуха искомого состояния равна 0,5.

3. Найти температуру росы $t_{
m p}$ и температуру предела охлаждения $t_{
m m.o}$

воздуха, имеющего t = 94 °С и $\phi = 0.3$.

Выполнив на Id- или tp-диаграммах построения, аналогичные показан-

ным на рис. 5, определяем, что $t_p = 65^{\circ}$ С и $t_{\pi,o} = 66^{\circ}$ С.

4. По показаниям психрометра $t_c=75\,^{\circ}\mathrm{C}$ и $t_{\mathrm{M}}=60\,^{\circ}\mathrm{C}$ определить с помощью Id- или tp-диаграмм следующие параметры: степень насыщения ϕ , влагосодержание d и теплосодержание I. Находим точку пересечения линий $t_{\mathrm{M}}=60\,^{\circ}\mathrm{C}$ и $\phi=1$; через полученную точку проводим прямую, параллельную $I=\mathrm{const}$, до пересечения с линией $t_{\mathrm{c}}=75\,^{\circ}\mathrm{C}$. Точка пересечения характеризует параметры воздуха. Далее находим: $\phi=0.5$, $d=153\,$ г/кг, $I=480\,$ кДж/кг.

5. Смешивают 50 кг воздуха при $t_1 = 60\,^{\circ}$ С, $\phi_1 = 0.7$ и 25 кг воздуха при $t_2 = 92\,^{\circ}$ С, $\phi_2 = 0.5$. Определить температуру t_3 и степень насыщения ϕ_3

полученной смеси.

На 1d-диаграмме выполняем следующие построения: находим точки 1 и 2, характеризующие состояние воздуха, проводим отрезок прямой, соеди-

няющей эти точки; рассчитываем коэффициент пропорции смеси n, предварительно определив влагосодержание воздуха состояний I и 2: $d_1 = 100\,$ г/кг, $d_2 = 400\,$ г/кг, n = [50(1-0,1)]/[25(1-0,4)] = 3; делим отрезок 1-2 на n+1 частей, т. е. на 4; откладываем одну часть от точки 1 (точка 1 характеризует состояние преобладающего компонента); получаем точку 3, которая определяет состояние смеси. Таким образом, $t_3 = 70\,$ °C, $\phi_3 = 0,68$.

§ 5. ВОДА В ДРЕВЕСИНЕ

Древесина состоит из разнообразных растительных клеток преимущественно удлиненной формы. В древесине хвойных пород основным типом клеток являются трахеиды, лиственных пород — волокна либриформа и сосуды. Кроме того, имеются клетки сердцевинных лучей и в небольшом количестве клетки древесной паренхимы.

Полости клеток, соединенных между собой порами (рис. 8), образуют в древесине макрокапиллярную систему, которая хорошо проницаема для жидкостей и газов в направлении вдоль волокон и значительно меньше — поперек волокон.

Стенки клеток имеют волокнистое строение. Они формируются из отдельных волоконец — микрофибрилл, ориентированных

вдоль оси клетки или под небольшим углом к ней. Микрофибриллы состоят из переплетенных между собой цепных молекул целлюлозы. Между микрофибриллами размещаются другие органические вещества — гемицеллюлозы и лигнин, а также имеются свободные сообщающиеся пространства, заполненные воздухом и водой, количество которой непостоянно. Следовательно, в стенках клеток имеется своя капиллярная система, однако более тонкая, чем макрокапиллярная.

Содержание воды в древесине характеризуют величиной отношения массы воды в древесине к массе древесины. Это отношение, выраженное в процентах, называют влажностью. В технологии деревообработки принято

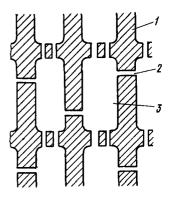


Рис. 8. Схема макрокапиллярной структуры древесины:

1 — стенка клетки, 2 — пора, 3 — полость клетки

рассчитывать влажность как отношение массы воды, содержащейся в древесине, к ее массе в абсолютно сухом состоянии. Влажность W (в %) определяют в этом случае по выражению

$$W = (m_{\rm BA}/m_{\rm cyx}) \, 100 = [(m - m_{\rm cyx})/m_{\rm cyx}] \, 100, \tag{8}$$

где m — общая масса пробы, г; $m_{\rm cyx}$ — масса пробы в абсолютно сухом состоянии, г; $m_{\rm Bn}$ — масса воды в пробе, г.

Вода в древесине может находиться как в полостях клеток, заполняя макрокапиллярную систему, так и в их стенках. Воду, находящуюся в полостях клеток и в пространствах между клетками, называют свободной, а в клеточных стенках — связанной или гигроскопической.

Содержание связанной воды в древесине ограничено. Состояние, при котором стенки клеток имеют максимальную влажность при соприкосновении их с водой в жидкой фазе, называется *пределом* их *насыщения* ($W_{\text{п.н}}$). Предел насыщения колеблется от 25 до 35% в зависимости от породы древесины. В среднем его величина принимается равной 30%.

Если влажность древесины более $W_{\text{п.н.}}$, т. е. выше 30%, значит, в древесине содержится свободная вода. Максимальное содержание свободной воды зависит от объема полостей клеток и колеблется для древесины различных пород от 60 до 250%.

Древесина растущего или свежесрубленного дерева всегда имеет влажность выше влажности предела насыщения, которая зависит от породы, местоположения в стволе (ядро или заболонь) и времени года. Она колеблется в очень широких пределах (табл. 1).

Таблица 1. Влажность свежесрубленной древесины

	Влажность, %		
Порода	ядра или спелой древесины	заболони	средняя
Сосна, ель	3040 4050 — 5080	100120 100120 7090 7080	60100 5070 7090 6080

У хвойных пород влажность ядра и спелой древесины значительно ниже влажности заболони. У лиственных пород различия во влажности по сечению ствола практически не наблюдаются.

По количеству содержащейся воды древесину подразделяют на мокрую (W>120%), которая находилась в воде в период сплава или мокрого хранения, свежесрубленную (30% < W < 120%), сохраняющую влагу растущего дерева, воздушно-сухую (15% < W < 20%), выдержанную на открытом воздухе, комнатно-сухую (W<12%), которая длительное время находилась в отапливаемом помещении, и абсолютно сухую (W=0), высущенную при $t=(103\pm2)$ °C. В эксплуатации должна находиться, как правило, воздушно-сухая или комнатно-сухая древесина.

§ 6. ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ. РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ

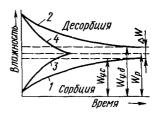
Древесина относится к *гигроскопическим* материалам, т. е. таким, которые обладают свойством изменять свою влажность с изменением состояния окружающей их среды.

Если древесину длительное время выдерживать в воздухе неизменного состояния, то ее влажность будет стремиться к определенной величине, которая называется устойчивой влажностью.
Устойчивой влажности древесина может достигнуть, поглощая
водяные пары из воздуха (сорбция) либо выделяя их в воздух
(десорбция). Водяные пары из воздуха могут поглощать только
клеточные стенки. Появление свободной воды при этом невозможно, даже если воздух будет насыщен водяным паром. Максимальная устойчивая влажность, которую приобретает древесина
при длительной выдержке в воздухе, содержащем насыщенный
пар, называется влажностью предела гигроскопичности $W_{n.r.}$. Предел гигроскопичности, следовательно, такое состояние, при
котором древесина поглотила путем сорбции максимально
возможное количество связанной воды, но не содержит своболной.

При комнатной температуре влажность предела гигроскопичности составляет около 30%, т. е. численно равна $W_{\text{п.н.}}$ Но в отличие от последней $W_{\text{п.r.}}$ снижается при повышении температуры (при температуре $100\,^{\circ}\text{C}$ она составляет около $19\,^{\circ}$). Устойчивая влажность древесины зависит от температуры t и степени насыщения ϕ воздуха.

Процессы сорбции и десорбции не вполне обратимы. При одинаковом состоянии воздуха устойчивая влажность при сорбции $W_{y.c}$ меньше, чем устойчивая влажность при десорбции $W_{y.d}$ (рис. 9, кривые 1 и 2). Разность между ними $\Delta W = W_{y.d} - W_{y.c}$

Рис. 9. Кривые сорбции (1, 3) и десорбции (2, 4) во времени



называется показателем гистерезиса сорбции. Его величина зависит в основном от размеров древесного образца. Древесные сортименты крупных сечений — бруски, доски, заготовки — имеют показатель гистерезиса, равный в среднем 2,5%. Для мелких древесных частиц (опилки, стружки) гистерезис очень неве-

лик (0,2...0,3%) и его в практических расчетах не учитывают, считая, что $W_{y,z} = W_{y,c}$ (рис. 9, кривые 3 и 4).

Например, если два отрезка доски — один влажностью около 30%, а другой в абсолютно сухом состоянии — выдерживать в воздушной среде с $t=20\,^{\circ}\text{C}$ и $\phi=0.4$, то через некоторое время масса образцов изменится: у первого — уменьшится (в результате десорбции), а у второго — увеличится (в результате сорбции). После достаточно длительной выдержки масса образцов изменяться не будет. Это означает, что первый образец приобрел устойчивую влажность при десорбции, ее величина равна 9...9.5%, а второй образец — устойчивую влажность при сорбции, которая составляет 6...7.5%. Как видим, разность между $W_{y.c}$ и $W_{y.c}$ равна в среднем 2.5%. Древесные опилки с аналогичными исходными данными при выдержке в тех же условиях приобретут влажность около 8%.

Устойчивую влажность измельченной древесины, практически одинаковую при сорбции и десорбции, называют равновесной влажностью. При расчетах ее величину определяют по специальным диаграммам. На рис. 10 приведена диаграмма равновесной

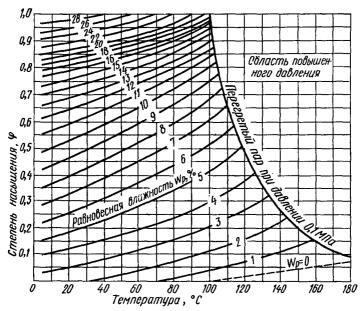


Рис. 10. Диаграмма равновесной влажности

влажности, разработанная профессором П. С. Серговским. Она построена в координатах температура — степень насыщения воздуха с линиями постоянного значения равновесной влажности древесины W_p —const.

С помощью этой диаграммы достаточно просто определяется устойчивая влажность при сорбции и десорбции древесных сортиментов промышленных сечений. Если древескиа не подвергалась воздействию высокой температуры (более 50°С), то

$$W_{y.a} = W_p + 1,25; W_{y.c} = W_p - 1,25.$$
 (9)

Для древесины, которая испытывала действие высокой температуры, например прошедшей камерную сушку, следует пользоваться другими выражениями:

$$W_{y,\pi} = W_p; \quad W_{y,c} = W_p - 2.5.$$
 (10)

Примеры. 1. Определить величину равновесной влажности древесины

при t = 70 °C и $\phi = 0.8$.

По диаграмме на рис. 10 находим точку пересечения линий $t=70\,^{\circ}\mathrm{C}$ и $\phi=0.8$. Эта точка характеризует заданное состояние воздуха. По положению этой точки относительно линий равновесной влажности определяем $W_{\mathrm{p}}=13\,\%$.

2. Определить минимальную влажность, до которой могут высохнуть

доски при t = 20 °C и $\phi = 0.4$.

Для заданного состояния воздуха по диаграмме равновесной влажности находим $W_p = 8\%$. По условию задачи требуется определить устойчивую влажность десорбции. Она составляет $W_{y,n} = 8 + 1,25 = 9,25\%$.

3. Установить максимальную влажность, до которой могут увлажниться доски, предварительно высушенные в камере до 6%, при $t=15\,^{\circ}\mathrm{C}$ и $\phi=0.8$.

Находим для заданного состояния воздуха равновесную влажность $W_p = 17\%$. В соответствии с условием задачи требуется найти устойчивую влажность сорбции. Искомая влажность будет равна $W_{y,c} = 17 - 2,5 = 14,5\%$.

§ 7. УСУШКА И РАЗБУХАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ. ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина относится к материалам, размеры которых меняются при изменении влажности. При снижении влажности наблюдается уменьшение линейных размеров и объема древесины. Это явление называется усушкой. Она имеет место лишь при уменьшении количества связанной воды и начинается для сырой древесины от предела насыщения, т. е. от 30%. Усушка прекращается при достижении древесиной абсолютно сухого состояния. Изменение содержания в древесине свободной воды не вызывает изменёния ее размеров.

Увеличение линейных размеров и объема при повышении влажности называется разбуханием. Разбухание происходит при повышении влажности от 0 до 30%.

Явления усушки и разбухания объясняются следующим. Поглощение древесиной влаги вызывает утолщение прослоек влаги между микрофибриллами и, следовательно, увеличение размеров клеточных стенок, т. е. приводит к разбуханию. Обратный процесс — удаление связанной воды — вызывает усушку.

Усушка и разбухание — процессы обратимые. Поэтому в дальнейшем ограничимся рассмотрением только усушки.

Принято различать абсолютную и относительную усушку. Абсолютная усушка — это изменение размеров сортимента в единицах длины или объема. Относительная усушка определяется как отношение абсолютной усушки к размеру сортимента в сыром состоянии и исчисляется в процентах. Усушка зависит от структурного направления, диапазона изменения влажности и породы древесины.

Влияние структурного направления на усушку связано с особенностями строения древесины. При удалении связанной воды наиболее значительно изменяются размеры в поперечном направлении и несущественно — в продольном (вдоль волокон), причем усушка в тангенциальном направлении в 1,5...2 раза больше, чем в радиальном, вдоль волокон она ничтожна и в расчетах не учитывается.

Усушка приблизительно прямо пропорциональна изменению влажности древесины. При снижении влажности от предела насыщения клеточных стенок до нуля будет иметь место наибольшая усушка, которая называется полной и обозначается $\mathcal{Y}_{\rm n}$. В среднем полная усушка в тангенциальном направлении составляет 6...10%, в радиальном — 3...5%, а полная объемная усушка — 12...15%.

Частичную усушку \mathcal{Y}_{W} , или усушку древесного образца от предела насыщения до заданной влажности W, определяют по формуле

$$Y_{\mathbf{W}} = Y_{\mathbf{n}} \left(1 - \frac{\mathbf{W}}{30} \right). \tag{11}$$

Усушка существенно зависит от породы, а в пределах одной породы — от компактности строения древесины. Компактность строения древесины характеризует ее базисная плотность р_Б, под которой понимают массу древесины в абсолютно сухом состоянии, отнесенную к ее объему при влажности выше предела насыщения клеточных стенок:

$$\rho_{\rm B} = m_{\rm cyx}/V_{\rm n.u.} \tag{12}$$

Средние значения базисной плотности древесины важнейших отечественных пород приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средняя базисная плотность древесины

Порода	ρ _Б , кг/м³	Порода	ρ _Б , кг/м³
Сосна	400	Лиственница	520
Ель	360	Бук	530
Кедр	350	Ясень	540
Береза	500	Дуб	560

Полная объемная усушка $Y_{\text{п.о}}$ может быть приближенно определена по формуле

 $\boldsymbol{Y}_{\text{n.o}} = 0.028 \rho_{\text{B}},$ (13)

а полная усушка в тангенциальном и радиальном направлениях соответственно

$$\boldsymbol{Y}_{n,r} = 0.018 \rho_{\text{B}}; \quad \boldsymbol{Y}_{n,p} = 0.01 \rho_{\text{B}}.$$
 (14)

Величину ожидаемой усушки можно установить, зная породу древесины и ее влажность. Для этого по табл. 2 находим значение базисной плотности, по выражениям (13) и (14) рассчитываем полную усушку и далее применяем уравнение (11).

Следует иметь в виду, что рассмотренные закономерности усушки справедливы при равномерном распределении влаги по объему сортимента. В процессах сушки древесины влага по объему распределена неравномерно. Уменьшение размеров может начаться при средней влажности сортимента свыше 30%. Величина этого изменения отличается от усушки при равномерном распределении влаги. Этот процесс усложняется развивающимися внутренними напряжениями, которые вызывают изменение размеров, называемое усадкой.

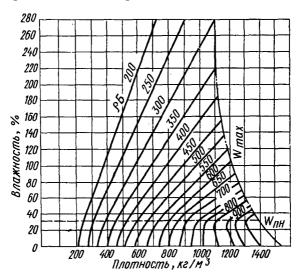


Рис. 11. Диаграмма плотности древесины

Важной характеристикой свойств древесины является ее фактическая плотность ρ — полная масса древесины, включая воду, в единице ее объема при заданной влажности. Плотность древесины может быть определена, если известны ее порода и влажность, по диаграмме, приведенной на рис. 11. По этой диаграмме,

кроме того, для конкретной породы можно определить максимальные значения плотности и влажности.

Примеры. 1. Найти усушку в радиальном направлении буковой древесины от влажности в свежесрубленном состоянии до влажности 8%.

Для древесины бука находим в табл. 2 $\rho_B = 530$ кг/м³. По формуле (14) полная усушка в радиальном направлении составляет $\mathcal{Y}_{\text{п.р}} = 0,01.530 = 5,3\%$. При влажности 8% усушка по выражению (11) будет равна

$$V_{\overline{W}} = 5.3 \left(1 - \frac{8}{30} \right) = 3.89\%.$$

2. Найти величину абсолютной усушки в тангенциальном направлении листа шпона шириной 200 мм (в направлении усушки) от влажности 60% до влажности 4%.

Находим в табл. 2 для древесины березы $\rho_{\rm B}$ =500 кг/м³, далее полную усушку в тангенциальном направлении $\mathcal{Y}_{\pi,\tau}$ =0,018×500=9%. Усушка при влажности 4% равна \mathcal{Y}_{W} =9(1 $-\frac{4}{30}$)=7,79%. Абсолютная усушка составит 200·7,79/100=15,6 мм.

3. Определить плотность древесины сосны при влажности 80%, а также

ее максимальные плотность и влажность.

Базисная плотность (см. табл. 2) сосны $\rho_{\rm B} = 400~{\rm kr/m^3}$. По диаграмме на рис. 11 находим точку пересечения линии базисной плотности $400~{\rm kr/m^3}$ с линией влажности 80%. Из точки пересечения проводим вертикальную прямую вниз и по шкале плотности с учетом масштаба делений находим $\rho = 700~{\rm kr/m^3}$. Далее доводим линию $\rho_{\rm B} = 400~{\rm kr/m^3}$ до пересечения с кривой $W_{\rm max}$. По положению точки пересечения на шкалах W и ρ находим $W_{\rm max} = 180\%$; $\rho_{\rm max} = 1100~{\rm kr/m^3}$.

§ 8. ВЛИЯНИЕ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ЕЕ ПРОЧНОСТЬ

Прочность древесины зависит в основном от ее породы, температуры и влажности. При сушке влажность и температура древесины изменяются, поэтому ее прочность также не остается постоянной. Изменчивость прочности древесины наблюдается лишь в диапазоне влажности ниже предела гигроскопичности, причем понижение влажности приводит к существенному увеличению прочности. Изменение влажности в диапазоне выше предела гигроскопичности не влияет на прочность древесины.

Изменения прочности, связанные с влажностью, обратимы, т. е. при увлажнении сухой древесины снижается ее прочность, а при последующем высушивании прежние прочностные показатели полностью восстанавливаются.

Повышение температуры снижает прочность древесины. Кратковременное воздействие не слишком высокой температуры дает обратимые изменения прочности. С повышением температуры и длительности ее воздействия в древесине происходят необратимые процессы, приводящие к изменению ее прочностных показателей при последующей эксплуатации.

Поэтому различают прочность древесины в процессе обработ-ки при том или ином ее состоянии и эксплуатационную проч-

ность, которую имеет древесина после доведения ее влажности и температуры до эксплуатационных норм.

Прочность древесины в процессе обработки, как отмечалось выше, повышается с понижением температуры и влажности. Это хорошо иллюстрирует диаграмма (рис. 12) предела прочности

древесины березы при растяжении поперек волокон (тангенциальное направление). Так, предел прочности холодной сухой древесины выше предела прочности горячей сырой древесины в 15...20 раз. Для других показателей механических свойств древесины и иных пород характер изменения прочности аналогичен, однако абсолютные значения предела прочности и их соотношения могут колебаться в широких пределах.

На эксплуатационную прочность древесины оказывают влияние ее порода, влажность и характер предшествующей сушки. В качестве эталона эксплутационной прочности принято считать прочность древесины, которая не подвергалась воздействию повышенной температуры (на-

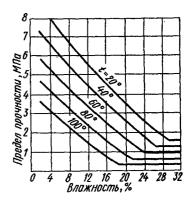


Рис. 12. Диаграмма предела прочности древесины березы при растяжении поперек волокон в тангенциальном направлении

пример, древесины, прошедшей атмосферную сушку). Исследованиями установлено, что воздействие на древесину температуры ниже 60°С не снижает ее эксплуатационной прочности независимо от длительности сушки. Влияние более высокой температуры начинает сказываться, если продолжительность сушки при $t\!=\!80^\circ\text{C}$ превышает 40...50 ч, а при $t\!=\!120^\circ\text{C}-2...3$ ч.

Степень снижения прочности древесины зависит от породы, влажности, температуры и длительности сушки. Так, например, в высокоинтенсивных процессах сушки, когда температура составляет 120...130 °С при длительности действия 30...60 ч, показатели механических свойств древесины снижаются при растяжении, сжатии и статическом изгибе на 5...8%, а при скалывании и раскалывании — на 15...20%.

Контрольные вопросы. 1. Что называется агентом сушки? Каксво его назначение? Назовите агенты сушки. 2. В чем отличие давления пара от его давления насыщения? Что произойдет с насыщенным паром, если его нагревать при постоянном давления? Что называется степенью насыщенности водяного пара? 3. Какими параметрами характеризуется состояние атмосферного воздуха? 4. В каких координатах построены Id- и tp-диаграммы? Какие линии нанесены на эти диаграммы? 5. Каким образом получают топочные газы и каков их состав? 6. Назовите наиболее характерные процессы изменения состояния воздуха. 7. Дайте характеристику процессов охлаждения и нагревания воздуха о сухую поверхность. 8. Охарактеризуйте

процесс испарения влаги в воздух. Как изображается этот процесс на Jd-диаграмме? 9. Как устроен психрометр? Каков принцип его действия? 10. Дайте характеристику процессов смешения воздуха различных состояний. Как определяют параметры смеси с помощью Jd-диаграммы? 11. Какова структура древесины хвойных и лиственных пород? 12. Что называется влажностью древесины и как она исчисляется? 13. Почему древесину относят к гигроскопическим материалам? 14. В чем различие между устойчивой влажностью и равновесной влажностью древесины? 15. Объясните механизм усушки. От чего зависит величина усушки древесины и каким образом ее определяют? 16. От чего зависит прочность древесины? 17. Что понимают под эксплуатационной прочностью древесины?

ГЛАВА !!

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

§ 9. ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ, МАССЫ И ОБЪЕМА

При проведении контрольных операций в ходе сушки и учета высушиваемых материалов возникает необходимость измерения линейных размеров древесных сортиментов, их массы и объема.

Линейные размеры с погрешностью 0,5...1,0 мм измеряют штриховыми линейками, которые изготовляют жесткими, складными и упругими. Пределы измерения жестких и складных линеек 1000...2000 мм, а упругих—150...5000 мм при интервале делений 1,0 или 0,5 мм. Торцовая грань большинства линеек совпадает с нулевым штрихом и является базовой. При измерении линейку накладывают непосредственно на измеряемый объект.

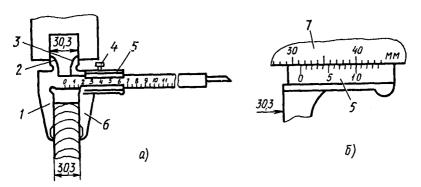


Рис. 13. Штангенциркуль:

a — общий вид, δ — вид рамки с нониусом; 1, 2, 3, δ — измерительные губки, 4 — винт, δ — подвижная рамка, 7 — штанга

Для измерения линейных размеров с погрешностью 0,1...0,05 мм используют штангенциркуль (рис. 13,a), состоящий из линейки (штанги) 1 с нанесенной на ней миллиметровой шкалой. На конце штанги имеются измерительные губки 1 и 2. Подвиж-

ная рамка 5, имеющая также измерительные губки 3 и 6, насажена на штангу и может быть зафиксирована на ней винтом 4. На нижней части рамки находится штриховая шкала, называемая нониусом. Нониус имеет десять равных штрихов на длине 9 мм, т. е. каждое деление нониуса меньше деления штанги на 0,1 мм.

При измерении наружного размера детали, например толщины заготовки древесины, она слегка зажимается губками 6 и 1. Рамку фиксируют на штанге винтом 4 и затем по шкале штанги и нониуса проводят отсчет. Нулевой штрих нониуса указывает целое число миллиметров. Штрих, совпадающий со штрихом основной шкалы, определяет число десятых долей миллиметра. Например, на рис. 13, 6 измеряемый размер равен $30+(3\cdot0,1)=30,3$ мм. Внутренние размеры детали, например диаметр отверстия, измеряют с помощью губок 2 и 3.

Наиболее распространенный инструмент для точного (до $0,01\,$ мм) измерения линейных размеров — микрометр (рис. 14,a). Он состоит из скобы $5\,$ с измерительной пятой, мик-

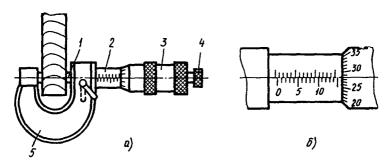


Рис. 14. Микрометр:

a — общий вид, б — пример измерения; I — микрометрический винт, 2 — стебель, 3 — барабан, 4 — трещотка, 5 — скоба

рометрического винта 1, барабана 3, трещотки 4 и стебля 2, имеющего шкалу с расстоянием 0,5 мм между двумя соседними штрихами, из которых один расположен вверху, а другой — внизу. Торцовая поверхность винта 1 служит подвижной измерительной пятой. Трещотка обеспечивает постоянство измерительного усилия.

Измеряемую деталь помещают между измерительными пятами и зажимают ими, вращая трещотку 4. Размер с погрешностью до 0,5 мм определяют по шкале на стебле, а сотые доли миллиметра отсчитывают на круговой шкале барабана. Указателем при этом является продольный штрих стебля. Положению шкал на рис. 14, б соответствует размер 15+0,28=15,28 мм.

Объем древесины определяют двумя способами: по трем ли-

нейным измерениям (длина, ширина и толщина) объекта или объе момером. Измерения первым способом проводят одним из рассмотренных выше мерительных инструментов линейных размеров (в зависимости от требуемой точности измерения).

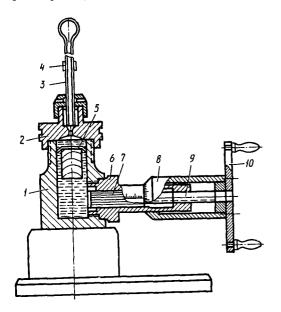


Рис. 15. Объемомер: I — корпус, 2 — крышка, 3 — трубка, 4 — указатель, 5 — скоба, 6 — горизонтальный цилиндр, 7 — поршень. 8 — обойма, 9 — микрометрический винт, 10 — рукоятка

Способ дает удовлетворительные результаты в том случае, когда объект измерения имеет прямоугольную форму.

Объемомером определяют объемы небольлюбой ших образцов формы. Принцип действия прибора основан измерении объема несмачивающей древесину жидкости (ртути). вытесненной погруженным в нее образцом. Объемомер (рис. состоит из цилиндрического корпуса 1, снабнавинчиваюшейся крышкой 2. B центре которой укреплена стеклянная трубка 3 с шарообразным расширением на конце. В нижней части корпуса закреплен горизон-

тальный цилиндр 6, внутри которого находится поршень 7, перемещаемый микрометрическим винтом 9 при вращении рукоятки 10. Корпус заполнен ртутью.

Объем образца измеряют следующим образом. Вращением рукоятки 10 против часовой стрелки поршень перемещают в крайнее правое положение. Уровень ртути в корпусе понижается, что позволяет открыть крышку и поместить образец, слегка втапливая его в ртуть. Образец фиксируют скобой 5. Затем плотно завертывают крышку и, вращая рукоятку по часовой стрелке, перемещают поршень влево, вытесняя ртуть в стеклянную трубку. Когда ртуть достигнет уровня примерно посередине трубки, вращение ручки прекращают. С помощью подвижного указателя 4 отмечают уровень ртути и снимают показание z_1 на линейной шкале горизонтального цилиндра и круговой шкале на скошенной части обоймы 8. Перемещая поршень вправо, опускают уровень ртути и вынимают образец. Легким постукиванием о

стенки корпуса стряхивают с них остатки ртути. После этого вновь завинчивают крышку и поднимают ртуть до уровня, отмеченного указателем 4, и снимают вторые показания z_2 . Объем об-

разца V с погрешностью до 0,001 см 3 определяют по выражению

$$V = (z_2 - z_1)/1000. (15)$$

Массу древесных образцов в заводских лабораториях измеряют техническими коромысловыми весами ВЛТ-200г и ВЛТ-1кг с пределами взвешивания 200 г и 1 кг соответственно, циферблатными весами ВНЦ с пределом взвешивания 10 кг. Все более широкое распространение в лабораторной практике благодаря большему удобству в работе, отсутствию разновесов и высокой скорости взвешивания находят квадрантные весы (рис. 16). Они имеют оптическое устройство и экран 1 со шкалой, по которой отсчитывают результаты взвешива-

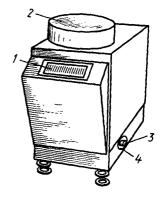


Рис. 16. Квадрантные весы:

I — экран оптического устройства, 2 — чашка, 3 — выключатель, 4 — ручка, управляющая нагружением весов

ния, специальный механизм нагружения со встроенными гирями, управляемый ручкой 4, выведенной на боковую поверхность корпуса весов.

Квадрантные весы типа ВЛКТ имеют, кроме того, механизм компетенции тары, который предназначен для установки механизма отсчета на нулевую отметку после размещения тары на чашке 2 весов. Значение измеряемой массы образца находят суммированием показаний на оптической шкале весов.

§ 10. ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА

В технике сушки древесины состояние газообразного сушильного агента чаще всего определяют по его температуре t и степени насыщения водяным паром ϕ . В некоторых случаях имеет значение скорость движения газообразного агента. Состояние жидкого агента сушки (при постоянном давлении) определяется только его температурой.

Для измерения температуры применяют приборы, называемые *термометрами*. Из выпускаемых промышленностью термометров в сушильной технике используют следующие:

термометры расширения, работающие на принципе теплового расширения жидкости или твердых тел;

манометрические термометры, принцип действия которых

основан на зависимости давления жидкости или газа от температуры (при постоянном объеме);

термометры сопротивления, работа которых основана на свойстве проводников и полупроводников изменять сопротивление в зависимости от температуры;

термоэлектрические термометры (термопары), принцип действия которых основан на возникновении термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в контуре, составленном из двух различных металлов со спаями, нагретыми до разной температуры.

Степень насыщения ϕ измеряют *психрометрическим методом*, основанным на измерении психрометром температуры t и темпе-

ратуры предела охлаждения $t_{\mathtt{M}}$ газа.

Применяют переносные и стационарные психрометры.

К переносным относятся психрометр Асмана, состоящий из двух одинаковых термометров и снабженный устройством для принудительной циркуляции воздуха, и психрометр Августа, также состоящий из двух термометров, но без принудительной циркуляции.

Стационарные психрометры монтируют внутри сушильной установки. Они подразделяются на дистанционные и недистанционные. Дистанционные психрометры монтируют из манометрических или электрических термометров (термометров сопротив-

ления и термопар).

Термометры расширения подразделяются на жидкостные и деформационные. Из жидкостных термометров наиболее широко используют ртутные стеклянные технические термо метры ТТ. Их применяют для психрометров Августа и недистанционных стационарных психрометров. Термометры ТТ выпускают на различный диапазон измеряемой температуры с прямой (рис. 17, a) или изогнутой под углом 90, 120 и 135° нижней частью (рис. 17, b, b) с термобаллоном на конце. Длина нижней части b110; 160 и 220 мм. Цена деления от 0,5 до 10°C. В сушилках наиболее употребительны термометры ТТ-2Б (пределы измерения 0...150°C, цена деления 1°). Допустимая погрешность измерения термометров b1...2°C.

Для точных измерений применяют лабораторные термометры ТЛ (цена деления от 0,1 до 2°), а для проверки и градуировки технических и лабораторных термометров — об-

разцовые термометры.

Деформационные термометры используют преимущественно не как показывающие приборы, а как датчики в системах регулирования. К ним относятся дилатометрические и биметаллические термометры.

Рассмотрим устройство дилатометрического термометра (рис. 18). Он состоит из трубки 1, закрытой с одного конца, кото-

рая помещена в измеряемую среду. Другой ее конец жестко крепится к объекту измерения. Трубка изготовляется из металла с большим коэффициентом линейного расширения (латуни, алюминия). Стержень 2 из материала с малым коэффициентом ли-

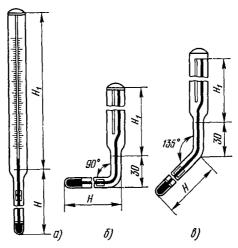


Рис. 17. Ртутные технические термометры с прямой (a) и изогнутой (b, a) нижней частью

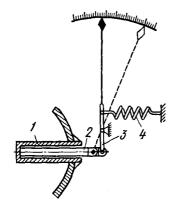


Рис. 18. Схема дилатометрического термометра: 1— трубка, 2— стержень, 3— рычаг, 4— пружина

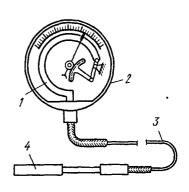


Рис. 19. Схема манометрического термометра: 1— трубчатая пружина, 2— манометр, 3— капиллярная трубка, 4 термобаллон

нейного расширения (кварц, фарфор и др.) прижимается пружиной 4 через рычаг 3 к дну трубки. При изменении температуры линейные деформации трубки и стержня будут неодинаковыми. Под действием суммарной деформации стержень 2 перемещается, поворачивая рычаг 3 и стрелку.

Манометрические термометры (рис. 19) состоят из термобаллона 4, манометра 2 с трубчатой пружиной 1 и капиллярной трубки 3. Они выпускаются различных модификаций с жидкостным газовым или смешанным заполнением. Чувствительным элементом является термобаллон, который помещают в измеряемую среду. При нагревании давление в термобаллоне увеличивается. По капиллярной трубке давление передается в манометрическую пружину 1 и деформирует ее, что, в свою очередь, вызывает перемещение стрелки относительно шкалы, градуированной в единицах температуры.

Манометрические термометры предназначены для дистанционного измерения, а некоторые — и регистрации (записи) температуры. Основная погрешность этих приборов от ± 1 до 1,6%.

Длина гибкого капилляра 1...60 м.

В сушильной технике рекомендуется применять одноканальные показывающие термометры ТПП4-IV и двухканальные самопишущие жидкостные термометры ТЖ2С-711 и ТЖ2С-712.

Достоинства манометрических термометров — возможность дистанционного измерения и записи показаний, простота конструкции, пожаровзрывобезопасность; недостатки — значительная термическая инерционность, большая погрешность измерений.

Термометры сопротивления. На их базе созданы точные, долговечные и компактные системы дистанционного контроля за состоянием сушильного агента.

В сушильной технике широкое распространение получили термометры сопротивления с чувствительными элементами из платиновой или медной проволоки. Чувствительный элемент изготовляют в виде бифилярной спирали, которая герметизируется металлическим чехлом (рис. 20).

Полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы) в 5...10 раз чувствительнее проволочных (проводниковых),

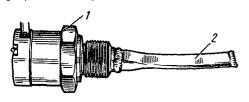


Рис. 20. Общий вид проволочного термометра сопротивления:

1 — корпус, 2 — металлический чехол

имеют малые габаритные размеры, позволяют использовать менее чувствительные вторичные приборы. Из-за недостаточной стабильности характеристик их применение в сушильной технике ограничено.

В сушилках рекомендуется применять мало-

инерционные медные и платиновые термометры сопротивления TCM-X, TCM-0879-01, TCH-0879-01.

В качестве вторичных показывающих приборов в схемах измерения температуры термометрами сопротивления применяют логометры и уравновешенные электронные мосты.

На рис. 21 показана принципиальная схема соединения логометра с термометром сопротивления. Термометр сопротивления 1 включен в одну диагональ моста логометра 3. Питание системы

осуществляется от источника постоянного тока 4. Для подрегулирования сопротивления служат уравнительные катушки 2. Перемена температуры датчика ведет к соответствующему изменению его сопротивления и нарушению равновесия мостовой схемы, что вызывает отклонение стрелки логометра, шкала которого градуирована в единицах температуры.

Недостаток измерительных схем с логометром — относительно большая погрешность измерений (до 2...2,5°C).

Для более точных измерений можно использовать автоматические уровновешенные электронные мосты: показывающие КВМ1-508 с вращающимся циферблатом (измеряют температуру в 12 точках); показывающие и регулирующие типа КСМ2, КСМ3 и КСМ4 с записью показаний на диаграммную ленту.

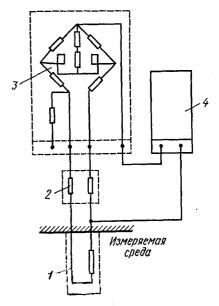


Рис. 21. Принципиальная схема измерения температуры термометром сопротивления и логометром:

1 — термометр сопротивления, 2 — уравнительные катушки, 3 — логометр, 4 — источник постоянного тока

Основная погрешность этих приборов не превышает 0,5% от верхнего предела измерений. Автоматические электронные уравновешенные мосты имеют сложное механическое и электронное устройство и требуют квалифицированного технического обслуживания.

Термоэлектрические термометры (термопары). Простейшая схема термопары пожазана на рис. 22, a. Два проводника из различных металлов имеют на концах спаи. В разрыв одного из проводников включен милливольтметр 2. Один спай помещается в среду, температура которой измеряется, а второй спай остается свободным. В зависимости от температуры t_1 и t_2 в спаях возникают ТЭДС e_1 и e_2 , направленные навстречу друг другу. В цепи термопары, таким образом, действует результирующая ТЭДС (e_1 — e_2), пропорциональная разности температур спаев (t_1 — t_2). При t_1 = t_2 результирующая ТЭДС равна нулю.

Для устранения влияния колебаний температуры свободного спая термопары его помещают в среду с постоянной (желательно

низкой) температурой или используют специальные электрические схемы с автоматической компенсацией.

При изготовлении термопар используют следующие пары металлов: платинородий — платина, хромель — алюмель, хромель — копель, медь — константан.

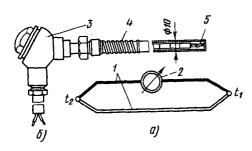
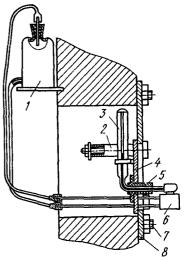


Рис. 22. Термопары:

a — схема термопары, δ — общий вид термопары ТХК-1479; I — проводники, 2 — милливольтметр, 3 — корпус, 4 — чехол, 5 — спай

Рис. 23. Установка стационарного психрометра в проеме стены сушильной камеры:

1— резервуар, 2— болты крепления съемной платы, 3— термометр, 4— плата, 5— втулка, 6— бачок, 7— анкерные болты, 8— плита



В сушильной технике применяют следующие термопары: платинородий-платиновые ТПП, хромель-алюмелевые ТХА — для измерения высокой температуры в топках и газоходах; хромелькопелевые ТХК (например, ТХК-1479, рис. 22, δ) — для контроля температуры в сушильных устройствах.

ТЭДС, развиваемую термопарой, измеряют щитовым милливольтметром МПЩр-53, электронным автоматическим показывающим потенциометром с вращающимся циферблатом ЭПВ-2-01, самопишущим потенциометром с трехпозиционным регулирующим устройством КСП2-005 и др. Шкалы этих приборов имеют градуировку в единицах температуры. Приборы снабжены устройствами, которые компенсируют погрешности от непостоянства температуры свободного спая.

Психрометры подразделяются на переносные и стационарные. Переносные психрометры общеизвестны и, кроме того, в сушильных установках не применяются. Рассмотрим конструкции стационарных психрометров.

Стационарные недистанционные психрометры монтируют из двух технических ртутных термометров с приспособлением для постоянного увлажнения чувствительного элемента смоченного термометра. Психрометр устанавливают внутри сушилки таким

образом, чтобы его показания можно было регистрировать из обслуживающего помещения. Конструкция стационарного психрометра, размещенного в проеме стены, показана на рис. 23. Угловые ртутные термометры 3 установлены в эбонитовых втулках 5 на съемной плате 4, которая четырьмя болтами 2 крепится к неподвижной плите 8. Плита закреплена с внутренней стороны стены на анкерных болтах 7. В увлажнительном бачке 6 поддерживается постоянный уровень воды, которой бачок пополняется из резервуара 1 с помощью двух гибких трубок. Конструкция психрометра позволяет при необходимости вынимать плату 4 вместе с термометрами и бачком без захода в сушилку. Недостаток этих психрометров — их хрупкость, ненадежность и, главное, невозможность централизованного дистанционного контроля.

Дистанционные электрические психрометры собирают чаще всего из термометров сопротивления. Датчики психрометра рационально монтировать в съемном устройстве, обеспечивающем их надежное крепление и питание водой смоченного термометра. Одно из таких устройств, разработанное ЦНИИМОДом, показано на рис. 24. Это устройство крепится в нише стены сушилки.

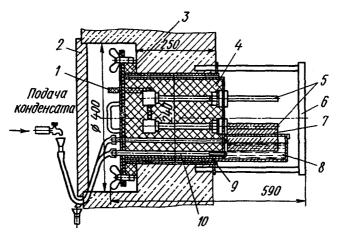


Рис. 24. Устройство для установки датчиков электрического психрометра:

1- кабель, 2- дверца, 3- прокладка, 4- втулка, 5- термометры сопротивления, 6- ограждение, 7- чехол смоченного термометра. 8- увлажнительная ванночка, 9- съемный стакан, 10- трубка

Термометры сопротивления 5 ввинчены в торец стакана 9, который вставлен в трубу и закреплен гайками-барашками. Вода для увлажнения подается из магистрали в ванночку 8. Излишек воды сливается в конденсационную магистраль. Устройство обеспечивает герметичность и теплоизоляцию датчиков.

Измерительные схемы дистанционных психрометров анало-

гичны рассмотренным выше схемам измерения температуры. Эти психрометры позволяют достаточно просто централизованно контролировать состояние сушильного агента на большом количестве объектов.

Находят некоторое применение психрометры с манометрическими термометрами. Наиболее целесообразно использовать в этом случае двухканальные жидкостные термометры.

При монтаже и эксплуатации психрометров любых типов не-

обходимо соблюдать следующие правила.

Термометры для комплектования психрометров подбирают после их проверки образцовым термометром. Показания термометров, устанавливаемых в одном приборе, при отсутствии увлажнения должны отличаться не более чем на 0.5°C.

Для увлажнения термометров следует применять дистиллированную воду или профильтрованный конденсат. Для узлажнительных чехлов целесообразно использовать чистую марлю. По мере загрубления марлевого чехла его заменяют новым. Уровень воды в увлажнительной ванночке должен быть не ниже 30...40 мм от чувствительной части термометра.

Психрометр устанавливают таким образом, чтобы чувствительные элементы термометров находились в потоке агента сущки, состояние которого должно соответствовать заданным пара-

метрам в сушильном устройстве.

Места ввода датчиков температуры в сушилку должны быть тщательно уплотнены, а сами датчики защищены от механических повреждений.

§ 11. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА

Скорость движения воздуха или газа определяют анемомет-

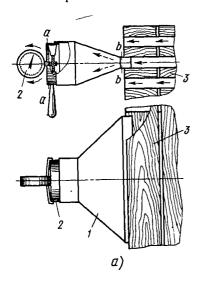
рами и микроманометрами.

Анемометр — прибор, состоящий из турбинки и счетчика ее оборотов. При вращении турбинки, помещенной в движущийся газовый поток, счетчик оборотов отмечает число оборотов. Скорость газа (м/с) определяют по числу оборотов турбинки в единицу времени (секунду) с помощью графиков, прилагаемых паспорту прибора, либо непосредственно по шкале прибора.

Различают анемометры крыльчатые и чашечные. Крыльчатые анемометры позволяют измерять скорость движения газа от 0,5

до 7...10 м/с, чашечные — от 2 до 25...30 м/с.

Для определения скорости движения сушильного агента штабеле используют прибор, показанный на рис. 25, а. Прибор крыльчатого анемометра 2 и диффузора 1. При ИЗ измерении скорости циркуляции диффузор вставляют в зазор между рядами досок штабеля 3. Высота щели диффузора в сечении $\hat{b}-b$ должна обязательно соответствовать толщине прокладок. Кроме того для упрощения расчета скорости движения воздуха целесообразно изготовлять диффузор с равными площадями в сечениях a-a и b-b. В этом случае скорость движения воздуха при входе в диффузор будет равна скорости потока в анемометре.



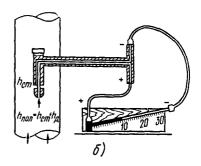


Рис. 25. Прибор для измерения скорости движения сушильного агента в штабеле (а) и схема измерения динамического напора пневмометрической трубкой и микроманометром (б):

1 — диффузор, 2 — анемометр, 3 — доски штабеля

Скорость движения воздуха может быть измерена микроманометром по величине динамического давления. Для этого применяют микрометры с наклонной трубкой (тягомеры) и пневмометрическую трубку Прандтля. Трубку устанавливают в потоке и подсоединяют к микроманометру по схеме, показанной на рис. 25, б. Скорость движения воздуха (м/с) вычисляют по формуле

$$\omega = \sqrt{2p_{\mathbf{A}}/\rho},\tag{16}$$

где $p_{\rm d}$ — динамическое давление, Па; ρ — плотность воздуха (или газа), кг/м³.

§ 12. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Для измерения давления пара в паропроводах, конденсата или просто воды в трубопроводах применяют деформационные манометры. Они просты по конструкции и в эксплуатации, дешевы, надежны, позволяют вести запись и дистанционную передачу показаний.

Принцип действия этих приборов основан на уравновешивании измеряемого давления силами деформации упругих элемен-

тов. Такими элементами могут быть одно- и многовитковые полые трубчатые пружины и мембраны. Наиболее широко используют манометры с одновитковой трубчатой пружиной (рис. 26). Основной элемент прибора — пружина 1 из стали или латуни, согнутая по дуге окружности и имеющая сечение в виде эллип-

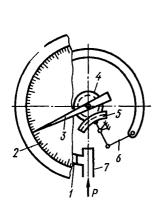


Рис. 26. Манометр с труб-чатой пружиной:

I— трубчатая пружина, 2— шкала, 3— показывающая стрелка, 4— шестерня, 5— зубчатое колесо, 6— тяга, 7— штуцер

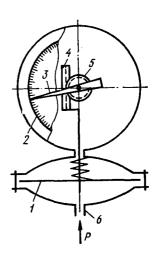


Рис. 27. Мембранный манометр:

1 — мембрана, 2 — шкала, 3 — стрелка, 4 — шток, 5 — шестеренка, 6 — штуцер

са. Один конец трубки закреплен в штуцере 7, через который подводится измеряемое давление, другой конец запаян и соединен тягой 6 с зубчатым колесом 5.

Давление вызывает деформацию трубки и перемещение ее свободного конца. В определенных пределах это перемещение прямо пропорционально величине измеряемого давления, поэтому шкала 2 манометра имеет одинаковые деления. Свободный конец пружины связан рычагом 6 с сектором зубчатого колеса 5, которое находится в зацеплении с шестерней 4, насаженной на одну ось со стрелкой 3. Такая конструкция обеспечивает большой угол поворота стрелки при относительно малом перемещении свободного конца пружины.

Манометром этого типа измеряют давление в пределах от 0,05 до 160 MПа.

Мембранный манометр (рис. 27) вместо трубчатой пружины имеет мембрану 1. Измеряемое давление, например пара, подаваемого через штуцер 6, деформирует мембрану. Ее прогиб че-

рез шток 4 и шестеренку 5 передается на показывающую стрелку 3. Измеряемое давление считывают на шкале 2. Мембранными манометрами измеряют давление до 2,5 МПа.

§ 13. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

В деревообработке наиболее распространенными являются весовой и электрический способы измерения влажности древесины.

Весовой способ (ГОСТ 16588—79) основан на взвешивании и высушивании проб (образцов), отбираемых из контролируемой партии древесных сортиментов. От доски или заготовки на расстоянии 300...500 мм от торца выпиливают поперечным срезом пробу (рис. 28) размером вдоль волокон около 10 мм. Эта проба

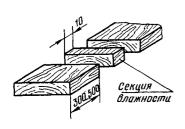


Рис. 28. Схема вырезки секции влажности из доски

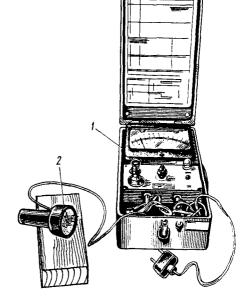


Рис. 29. Электровлагомер ЭВ-2К:

1 — электронное измерительное устройство, 2 — датчик

называется секцией влажности. Ее тщательно зачищают от заусениц, после чего немедленно взвешивают на технических весах с погрешностью до 0.1 г. Полученное значение начальной массы $m_{\rm H}$ регистрируют в специальном журнале.

Затем секцию помещают в сушильный шкаф и сушат при температуре (103±2)°С. Периодически ее вынимают из шкафа и взвешивают, отмечая каждый раз в журнале результаты взвешивания. Первое взвешивание проводят через 6 ч, а повторныечерез каждые 2 ч. Секцию выдерживают в сушильном шкафу до тех пор, пока ее масса не перестанет изменяться. Постоянную массу принимают равной ее массе в абсолютно сухом состоянии $m_{\rm суx}$. Влажность (в %) рассчитывают по отношению

$$W = [(m_{\rm H} - m_{\rm cyx})/m_{\rm cyx}] 100. \tag{17}$$

Для определения влажности одной доски или заготовки необходимо выпиливать из нее не менее двух секций. Число же контрольных досок зависит от величины контролируемой партии, а также требуемой точности и надежности контроля.

Электрический способ определения влажности основан на зависимости показателей электрических свойств древесины от ее влажности. Для измерения влажности в этом случае используют электровлагомеры. Широкое распространение получили кондуктометрические влагомеры, принцип действия которых основан на зависимости электрического сопротивления древесины от ее влажности. Особенность работы этих электровлагомеров состоит в том, что они достаточно надежно измеряют влажность в диапазоне 7...30%. Влажность выше 30% измеряется с большой погрешностью.

При сушке пиломатериалов используют электровлагомеры ЭВА-2М; ЭВ-2К. Электровлагомер ЭВ-2К (рис. 29) состоит из электронного измерительного устройства *1* и датчика *2*.

Датчик электровлагомера представляет собой трехигольчатый зонд, снабженный ручкой. При измерении влажности иглы датчика вводят в древесину на полную глубину в направлении вдоль волокон.

Показывающий прибор измерительного устройства имеет шкалу, отградуированную в процентах влажности для древесины сосны при температуре 20°С. Если измеряют влажность древесины других пород и при иной температуре, в показания прибора вводят поправки, значения которых даны в прилагаемых к электровлагомеру таблицах.

Электровлагомер имеет два диапазона измерения с пределами 7...22 и 22...60% влажности. Погрешность измерения в диапазоне влажности от 7 до 30% составляет \pm (2...3)% влажности, в диапазоне от 30 до 60% не нормируется. Практически же она составляет \pm (5...10)%. Прибор работает от промышленной сети переменного тока напряжением 220 В.

Для измерения влажности древесных стружек и древесностружечных плит применяют электровлагомеры ДИ-2М. Прибор комплектуется двумя датчиками (для определения влажности стружки и плит) и электронным измерительным блоком, имеющим автономное питание.

Датчик для измерения влажности стружки представляет собой разъемный стакан, в котором между двумя дисковыми элек-

тродами с помощью пресса уплотняется навеска материала. С помощью этих электродов измеряют электрическое сопротивление уплотненного материала — стружки.

Датчиком для измерения влажности древесностружечных плит служит четырехигольчатый зонд, укрепленный на ручке. Электровлагомер позволяет измерять влажность стружки от 5 до 25%, а влажность древесностружечных плит — от 6 до 22%. Погрешность измерения $\pm (1...2)\%$.

Контрольные вопросы. 1. Какие инструменты применяют при измерении линейных размеров с погрешностью 0,5...1,0; 0,1...0,05 и 0,01 мм? 2. Каковы правила измерения линейных размеров с помощью штангенциркуля и микрометра? 3. Как определяют объем образца древесины объемомером? 4. Какими приборами измеряют температуру воздуха и степень его насыщенности? 6. Каковы принципы работы деформационных, манометрических и электрических термометров? 7. Как устроены стационарные психрометры? 8. Какими приборами измеряют скорость движения воздуха в штабеле? 9. Каковы устройство и принцип действия деформационных манометров? 10. Каким образом определяют влажность древесины весовым способом и с помощью электровлагомеров?

ГЛАВА III

СПОСОБЫ И ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

§ 14. СПОСОБЫ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Сушка древесины — очень сложный процесс, характер которого определяется одновременным протеканием ряда физических явлений, главнейшими из которых являются:

передача теплоты материалу от агента сушки или источника тепловой энергии; это явление носит название теплообмена;

перемещение теплоты внутри материала, называемое теплопроводностью;

испарение влаги с поверхности материала в окружающую среду — влагоотдача;

перемещение влаги внутри материала — влагоперенос.

Роль перечисленных физических явлений применительно к конкретному способу сушки не одинакова. Относительная эффективность того или иного явления зависит от способа передачи теплоты древесине и других условий. Некоторые из этих явлений могут быть определяющими при одних способах сушки и не оказывать существенного влияния при других.

Классификация видов и способов сушки базируется на особенностях теплообмена материала со средой. По этому признаку различают четыре вида сушки: конвективную, кондуктивную, радиационную и диэлектрическую.

Конвективная сушка основана на передаче теплоты

материалу путем конвекции от газообразной или жидкой среды. Основными способами конвективной сушки являются:

газопаровая — сушка древесины нагретыми газами в специальных сушильных устройствах при атмосферном давлении;

атмосферная — сушка на открытых складах или под навесом без подогрева воздуха;

жидкостная — сушка в нагретых гидрофобных жидкостях и в солевых водных растворах;

ротационная — сушка древесины на вращающейся карусели в нагретой газовой среде с использованием центробежного эффекта;

вакуумная — газопаровая сушка при давлении ниже атмосферного.

Кондуктивная сушка основана на передаче теплоты древесине путем теплопроводности при контакте с нагретыми поверхностями.

При радиационной сушке теплота передается материалу путем облучения источниками лучистой тепловой энергии (в основном от источников инфракрасного излучения). Этот вид сушки древесины в настоящее время не применяется.

Диэлектрическая сушка— это сушка в электрическом поле высокой частоты; теплота материалу передается за счет диэлектрических потерь.

Древесные материалы сушат преимущественно газопаровым способом. Применительно к пиломатериалам, высушиваемым в специальных камерах, этот способ получил название камерной сушки.

Большое распространение имеет атмосферная сушка пиломатериалов. Ротационную, вакуумную и диэлектрическую сушку применяют сравнительно редко, в основном для сушки пиломатериалов. Кондуктивная сушка имеет ограниченное применение в технологии производства фанеры. Сушка в гидрофобных жидкостях получила распространение в технологии пропитки древесины.

Основное внимание в учебнике уделяется изучение газопаровой и в первую очередь камерной сушки пиломатериалов.

§ 15. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ В ДРЕВЕСИНЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ СУШКИ

При неравномерном распределении влаги внутри древесины происходит ее движение в направлении пониженной влажности. Итак, влага будет перемещаться внутри материала, если будет перепад влажности по объему материала.

Движение влаги будет наблюдаться, если температура распределена неравномерно по сечению материала. Это движение будет проходить в сторону пониженной температуры. Таким об-

разом, вторая причина движения влаги — перепад температуры по объему материала.

Если во внутренних слоях древесины имеется избыточное по сравнению с внешней средой давление, то под его воздействием влага в виде направленного потока пара движется в сторону более низкого давления. Следовательно, третья причина движения — перепад давления пара по объему древесины.

Скорость движения влаги под действием перепада влажности возрастает с повышением температуры и увеличением разности во влажности между наружными и внутренними слоями древесины.

Движение влаги под действием перепада температуры или давления ускоряется с увеличением разности температуры или давления (соответственно причинам движения) между внутренними и наружными слоями материала.

В деревообрабатывающей промышленности наибольшее применение имеет конвективная (газопаровая и атмосферная) сушка. Основной признак, характеризующий условия ее протекания,—температура среды. Принято разделять процессы сушки на низкотемпературные ($t < 100^{\circ}$ C) и высокотемпературные ($t > 100^{\circ}$ C), что обусловлено особенностями парообразования при разных уровнях температуры, а именно: испарение в первом и кипение во втором случаях.

Рассмотрим особенности низкотемпературного процесса сушки, который является основным способом сушки пиломатериалов.

Предположим, что образец древесины в виде пластины толщиной S с начальной влажностью $W_{\rm нач}$, превышающей $W_{\rm п.r.}$, помещен в нагретый воздух. Влага по толщине пластины распределена равномерно. Состояние воздуха характеризуется его температурой $t_{\rm c}$ и температурой смоченного термометра $t_{\rm m.}$

Процесс начинается с начального прогрева (рис. 30). Температура образца быстро повышается и достигает температуры смоченного термометра $t_{\rm m}$. В этот период влажность древесины

практически не изменяется.

После прогрева начинается собственно сушка. С поверхности пластины интенсивно испаряется влага, что понижает влажность поверхностных слоев до влажности предела гигроскопичности ($W_{n,r}$).

С этого момента между внутренними слоями древесины, где влага находится в полостях клеток, и поверхностью, где влага содержится только в клеточных стенках, появляется перепад влажности и, следовательно, движение влаги изнутри на поверхность. Вначале свободная влага подается к поверхности материала, влажность которой остается постоянной и соответствующей приблизительно пределу гигроскопичности. Скорость сушки в этот период постоянна и определяется интенсивностью испарения

влаги с поверхности пластины. Температура материала также постоянна и равна $t_{\rm M}$ (отрезок 1-2).

По мере удлинения пути движения свободной влаги скорость ее подвода к поверхности уменьшается. Наступает момент, начиная с которого эта скорость становится ниже возможной скоро-

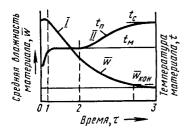


Рис. 30. Кривые изменения влажности и температуры древесины при низкотемпературном процессе (1— кривая сушки, 2— кривая температуры на поверхности пластины)

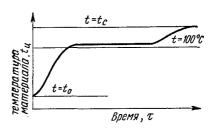


Рис. 31. Температурная кривая высокотемпературного процесса сушки

сти испарения. Вследствие этого влажность поверхности становится ниже $W_{\rm n.r.}$. По толщине пластины образуются две зоны: наружная с влажностью ниже предела гигроскопичности и внутренняя, имеющая влажность выше предела гигроскопичности.

По мере заглубления зоны с влажностью ниже предела гигроскопичности скорость сушки уменьшается, а температура возрастаем (отрезок 2-3). Этот период называется периодом падающей скорости сушки.

K концу процесса влажность сортимента стремится к равновесной влажности $W_{\rm p}$, а температура — к температуре среды $t_{\rm c}$. Практически же процесс сушки заканчивается значительно раньше, при достижении древесиной заданной конечной влажности $W_{\rm koh}$.

При камерной сушке пиломатериалов продолжительность периода постоянной скорости ничтожна и процесс практически полностью протекает в периоде падающей скорости сушки. При сушке тонких сортиментов (например, шпона) продолжительность периода постоянной скорости сушки весьма значительна по сравнению с общей продолжительностью процесса.

Характерная черта высокотем пературного процесса сушки — движение влаги под действием перепада давления между наружными и внутренними слоями древесины.

При высокотемпературном процессе температура высушиваемого материала выше точки кипения воды при заданном давлении (при атмосферном давлении — выше 100°С), а в древесине содержится свободная влага. При этом температура внутренних слоев быстро поднимается и затем держится постоянной на уровне несколько выше точки кипения (рис. 31). Постоянство температуры на указанном уровне свидетельствует о том, что во внутренних слоях древесины идет кипение свободной влаги при давлении, превышающем давление окружающей древесину среды.

Под действием возникающего перепада давления образовавшийся водяной пар удаляется из древесины. После выкипания всей свободной влаги температура материала начинает повышаться, стремясь к температуре среды. В этот период основной причиной движения влаги является перепад влажности по толщине пластины.

Скорость сушки при высокотемпературном процессе в 2...3 раза выше, чем при низкотемпературном. Рассмотренный механизм высокотемпературного процесса характерен при сушке сырых древесных сортиментов толщиной более 15...20 мм в среде перегретого пара, в гидрофобных жидкостях, в высококонцентрированных водных растворах солей при температуре, превышающей 100°С, а также в среде воздуха или газа при температуре более 120°С.

§ 16. НАПРЯЖЕНИЯ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ СУШКЕ. ВЛАГОТЕПЛООБРАБОТКА

Процесс сушки древесины сопровождается неравномерным распределением влаги по толщине сортимента. Это вызывает неравномерную усушку древесины и приводит к образованию в ней внутренних напряжений.

Рассмотрим, как возникают и развиваются внутренние напряжения в древесине при ее сушке. Пока влажность наружных слоев выше или равна влажности предела насыщения клеточных стенок (рис. 32, *a*, кривая 1), усушки нет и напряжения в материале отсутствуют.

После снижения влажности ниже $W_{\pi.H}$ (кривая 2) поверхностные слои стремятся к усушке. Однако этому будут препятствовать внутренние слои, влажность которых еще пока выше $W_{\pi.H}$. Начавшуюся усушку можно выявить, если из высушиваемого сортимента выпилить по всему поперечному сечению пластинку (секцию) и распилить на ряд слоев по толщине (рис. 32, δ). Обнаружим, что внутренние слои сохранили первоначальный размер по ширине сортимента l_0 , а поверхностные слоя усохли на величину J_{π} . Их размер теперь составляет l_{π} . Целая, неразрезанная пластина имеет фактический размер l_{Φ} , меньший l_0 и больший l_{π} . Так как размер поверхностных слоев стал меньше фактического, то эти слои испытывают растягивающие напряжения, а внутренние слои, размер которых стал больше фактического, испытывают напряжения сжатия.

Если бы древесина была упругим телом, то внутренние напряжения уменьшились бы по мере снижения перепада влажвлажности в ности и окончательно исчезли при выравнивании конце сушки. Однако в начальный период процесса

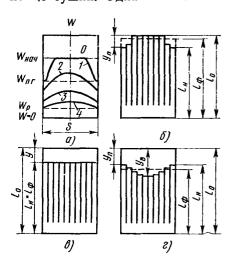


Рис. 32. Схема развития деформаций и напряжений при сушке древесины: a — кривые 1, 2, 3, 4 распределения влажности по толщине пластины в различные моменты процесса сушки; δ , θ , ε — виды слоев секции, выпиленной в моменты времени процесса, соответствующие кривым 2, 3 и 4 распределения влажности

нагретая древесина обладаповышенной податливостью к нагрузкам. В результате под действием напряжений в ней развиваются остаточные деформации: деформации удлинения в поверхностных слоях (под действием растягивающих напряжений) и деформации укорочения во внутренних (под действием сжимающих напряжений).

По мере снижения влажности древесина становится менее податливой и в большей мере проявляет свойства упругого тела. Поэтому возникшие в начале процесса остаточные деформации сохраняются в материале до конца сушки.

В результате этого в концу процесса (рис. 32, а, кривая 4) усадка на поверхнос-

ти \mathcal{Y}_{π} окажется меньше, чем усадка внутренних слоев $\mathcal{Y}_{\mathtt{B}}$ (рис. 32, г), или, другими словами, размер поверхностных слоев секции после ее раскроя будет больше, а внутренних — меньше фактического размера l_{Φ} . В древесине появятся сжимающие напряжения на поверхности и растягивающие напряжения во внутренних слоях материала. Таким образом, в процессе происходит смена напряжений. В этот момент, который наступает на некотором промежуточном этапе процесса (кривая 3), напряжения в древесине отсутствуют (рис. 32, 8).

Возникающие в древесине напряжения уравновешиваются в пределах данного образца. Чтобы их обнаружить, надо нарушить это равновесие, разделив образец или секцию на части. Каждая часть будет стремиться к новому равновесному состоянию путем деформаций. В секции, разрезанной на тонкие слои, деформации проявляются в виде удлинения либо укорочения. Для установления характера внутренних напряжений из пиломатериалов выпиливают секции в виде двузубой гребенки. Деформации в этом

случае будут проявляться изгибом зубцов этой гребенки.

Если внутренние напряжения в какой-либо точке сортимента достигнут предела прочности, то произойдет его разрушение, которое проявится в виде трещины в зоне действия растягивающих напряжений, т. е. на первой стадии сушки — на поверхности, и на конечной стадии — внутри сортимента.

Избежать напряжений в древесине при конвективной сушке невозможно. Однако при правильном проведении процесса возникающие напряжения не превышают предела прочности. Кроме того, внутренние напряжения могут быть уменьшены и даже лик-

видированы путем влаготеплообработки древесины.

Влаготеплообработка состоит в том, что древесину обрабатывают воздухом повышенной температуры с высокой степенью насыщения. Она обычно проводится при окончании процесса сушки или несколько раньше, в момент смены напряжений. Увлажнение поверхностных слоев при влаготеплообработке вызывает их разбухание и, как следствие этого, возникновение дополнительных сжимающих напряжений на поверхности. При повышенной податливости древесины (влажной и нагретой) в поверхностном слое развиваются остаточные деформации укорочения, которые компенсируют ранее появившиеся остаточные деформации удлинения. Тем самым устраняется причина напряжений, возникающих в древесине к концу сушки.

В пиломатериалах (брусках, досках) помимо напряжений, вызванных перепадом влажности, зарождаются дополнительные напряжения, причиной которых является неодинаковая усушка

древесины в различных направлениях.

Так, например, в досках тангенциальной распиловки пласть, более отдаленная от сердцевины и направление волокон которой приближается к тангенциальному, усыхает больше противоположной пласти. От этого появляется изгибающий момент и доска изменяет свою форму (коробится) при сушке в свободном, незафиксированном состоянии. Сушка таких досок в штабеле, когда их пласти находятся в зажатом (фиксированном) состоянии, приводит к образованию дополнительных напряжений, особенно опасных в зонах, более удаленных от сердцевины.

§ 17. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СУШКИ

Древесину необходимо сушить таким образом, чтобы были обеспечены минимальные сроки сушки и одновременно требуемое качество высушенного материала. Для этого в процессе сушки того или иного древесного материала по особому расписанию изменяют состояние сушильного агента (его температуру и степень насыщения) или, иными словами, ведут сушку по режиму. Следовательно, режимом сушки называется расписание состояния сушильного агента в процессе сушки.

При сушке пиломатериалов необходимо создать такие условия, при которых возникающие напряжения не превышали бы предела прочности. В начальной стадии процесса для этого требуется поддерживать малую величину перепада влажности по толщине ($W_{\text{п.н}}$ — $W_{\text{п.}}$), что достигается выдержкой в сушильном агенте с высокой степенью насыщения (ϕ). По мере высыхания древесины величину ϕ целесообразно понижать, чтобы довести материал до заданной конечной влажности. Температуру среды к концу сушки следует повышать. При снижении влажности повышение температуры не вызовет снижения прочности, но в то же время существенно ускорит процесс.

Таким образом, пиломатериалы рационально сущить режимами, которые характеризуются понижающей степенью насыщения

и повышающей температурой в ходе сушки.

Режимы сушки шпона и измельченной древесины имеют иную структуру. Технология изготовления фанеры и древесностружечных плит не предъявляет жестких требований в отношении целостности высушенных листов или частиц. Режимы сушки должны обеспечивать минимальную продолжительность процесса сохранении химических свойств и микроструктуры древесины. В этом случае рациональными будут высокотемпературные режимы, в которых температура в ходе сушки понижается. Это объясняется следующим. В начале сушки, когда материал сырой, повышенная температура среды (200...500°C) существенно интенсифицирует испарение влаги. Однако температура древесины, пока в ней содержится свободная влага, не может подняться выше температуры точки кипения воды (100°C) и в древесине не происходит никаких химических изменений. По мере высыхания, когда начинает удаляться связанная влага и температура материала стремится к температуре среды, последняя должна быть снижена (до 120...180°C) во избежание химического разложения или загорания древесины.

Конкретные режимы сушки для различных материалов будут рассмотрены в соответствующих главах учебника.

Контрольные вопросы. 1. Какими физическими явлениями характеризуется процесс сушки древесины? 2. Дайте классификацию способов сушки древесины. 3. Каковы основные причины движения воды в древесине? 4. Назовите особенности низкотемпературного процесса сушки. Выделите основные стадии этого процесса. 5. Дайте карактеристику высокотемпературного процесса сушки. Каковы условия, необходимые для протекания этого процесса? 6. Какова причина возникновения и развития в древесине внутренних напряжений при сушке? 7. Какова причина возникновения сжимающих напряжений на поверхности материала в конце сушки? 8. С какой целью проводится влаготеплообработка? 9. Что называется режимом сушки?

ГЛАВА IV

КЛАССИФИКАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ ОБОРУДОВАНИЯ. ТЕПЛОВОЕ И ЦИРКУЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 18. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Сушильные устройства, или сушилки, в соответствии со способами сушки делятся на конвективные, жидкостные, кондуктивные, диэлектрические и радиационные. Наибольшее распространение получили конвективные сушилки, которые классифицируются по ряду признаков.

По конструктивному исполнению число типов сушилок очень велико. В деревообрабатывающей промышленности

чаще всего применяют:

камерные сушилки, которые представляют собой помещения (камеры), куда высушиваемую древесину, в основном пиломатериалы, закатывают штабелями;

роликовые сушилки, в которых материал (шпон, плиты) перемещается через сушильное пространство роликовыми конвейерами;

барабанные сушилки, основным элементом которых является пустотелый барабан; при прохождении через него измельченная древесина перемешивается и высушивается;

пневматические сушилки, в которых сушка материала (измельченной древесины) проходит в потоке горячего воздуха или газа во взвешенном состоянии;

ленточные сушилки, в которых материал через сушильное пространство перемещается ленточным сетчатым конвейером. Эти сушилки применяют для сушки измельченной древесины или мелких сортиментов.

По виду сушильного агента сушилки делятся на три группы:

воздушные — агентом сушки является влажный воздух;

газовые — сушильным агентом служат топочные газы или их их смесь с влажным воздухом;

действующие на перегретом паре — сущильным агентом явля-ется перегретый водяной пар при атмосферном давлении.

По кратности циркуляции сушильного агента сушилки могут быть с одно- и многократной циркуляцией. В сушилках с однократной циркуляцией агент сушки после прохождения через высушиваемый материал полностью выбрасывается в атмосферу. В сушилках с многократной циркуляцией он выбрасывается лишь частично. Один и тот же воздух или газ многократно проходит через высушиваемый материал. По принципу действия различают сушилки периодического и непрерывного действия.

Сушилки периодического действия работают путем периодического чередования сушильных циклов. Каждый цикл складывается из полной загрузки материала в сушилку, собственно сушки и полной выгрузки материала из сушилки.

Для сушилок непрерывного действия характерен непрерывный процесс сушки. Материал порциями или непрерывно загружается в сушилку, проходит через нее, а затем выгружается из нее либо

непрерывно, либо порциями.

Для обеспечения нормальной работы сушильного устройства необходимо, чтобы состояние сушильного агента на входе в высушиваемый материал (штабель пиломатериалов, слой измельченной древесины, ряд листов шпона) было постоянным и соответствовало заданному режиму сушки. Проходя через высушиваемый материал, сушильный агент изменяет свое состояние; затем он может быть либо полностью удален из сушилки, либо вновь подан к материалу. В этом случае его состояние должно быть восстановлено до первоначального с помощью нагревательных и воздухообменных устройств.

Рассмотрим основные схемы процессов сушки в конвективных сушилках и соответствующие им графики изменения состояния

сушильного агента на Id-, $Id\alpha$ - и tp-диаграммах.

В воздушных сушилках с однократной циркуляцией (рис. 33, a) свежий атмосферный воздух в состоянии 0 нагревают в калорифере до состояния 1. Этот процесс изображается на Id-диаграмме отрезком 0-1 (d=const). Далее воздух проходит через высушиваемый материал, в результате испарения влаги его параметры изменяются до состояния 2; процесс проходит при постоянном теплосодержании и изображается отрезком прямой 1-2. Отработавший воздух полностью удаляется в атмосферу. Особенность этой схемы заключается в том, что параметры воздуха при входе в материал могут быть изменены только в пределах отрезка прямой 0-1, что ограничивает возможности широкого регулирования процесса.

Воздушная сушилка с многократной циркуляцией (рис. 33, δ) работает следующим образом. Воздух в состоянии 1 входит в материал. Испаряя влагу, он приобретает состояние 2. Отработавший воздух удаляется в атмосферу лишь частично, основная же его часть смешивается со свежим воздухом (0). Этот процесс изображается на Id-диаграмме линией 0—2. Полученная смесь, характеризуемая точкой 3, нагревается в калорифере до первоначального состояния 1, с которым воздух вступает в высушиваемый материал для повторного цикла. В отличие от предыдущей схемы состояние воздуха, поступающего в материал, можно изменять в очень широких пределах за счет изменения степени нагрева воздуха в калорифере и кратности воздухообмена.

В конденсационной сушилке (рис. 33, в) воздух последовательно проходит через калорифер, высушиваемый материал и конденсатор (теплообменный аппарат, который служит для охлаждения и конденсации водяных паров). Воздух в состоянии 1 соприкасается с высушиваемым материалом, проходит

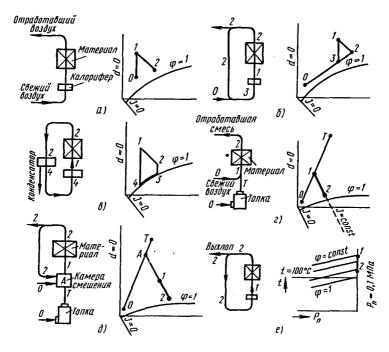


Рис. 33. Принципиальные схемы и графики процессов в конвективных сушилках:

a — воздушной с однократной циркуляцией, b — воздушной с многократной циркуляцией, b — конденсационной, b — газовой с однократной циркуляцией, b — газовой с многократной циркуляцией, b — действующей на перегретом водяном паре

через него, сохраняя теплосодержание постоянным, и имеет на выходе состояние 2. Затем в конденсаторе воздух охлаждается сначала при постоянном влагосодержании (отрезок 2-3), а после достижения температуры росы — при уменьшающемся влагосодержании, поскольку процесс сопровождается конденсацией. Он изображается линией, совпадающей с линией $\varphi=1$. Выходя из конденсатора в состоянии 4, воздух нагревается в калорифере до первоначального состояния 1. Кратность циркуляции в такой сушилке теоретически равна бесконечности, т. е. организованный воздухообмен с окружающей средой отсутствует.

Газовая сушилка с однократной циркуляцией (рис. 33, a) работает без калорифера. Источником тепловой энергии является топка, газ из которой подается непосредственно в сушилку. Выходя из топки в состоянии T, он смешивается с атмосферным воздухом, определяемым точкой θ (линия смешения θ —T на $Id\alpha$ -диаграмме совпадает с линией W=const). Полученная смесь проходит через материал, испаряет из него влагу (линия 1—2) и полностью в состоянии 2 выбрасывается в атмосферу. Возможность регулирования процесса в сушилках такого типа ограничена. Состояние газовоздушной смеси, поступающей в материал, ограничено точками, лежащими на линии смешения θ —T.

Газовая сушилка с многократной циркуляцией (рис. 33, ∂) по сравнению с предыдущей схемой имеет дополнительное устройство — камеру смешения, в которой смешиваются газ, атмосферный воздух и отработавшая смесь в состоянии, T, θ и θ соответственно. Этот процесс можно рассматривать как последовательное смешение топочного газа со свежим воздухом (отрезок θ —T) и полученной смеси в состоянии θ с отработавшим воздухом (отрезок θ — θ); образовавшаяся новая газовая смесь, характеризуемая точкой θ , поступает к материалу и после прохождения через него достигает состояния θ . В этих сушилках возможно более широкое регулирование состояния сушильного агента путем изменения кратности смеси газа и свежего воздуха, а также смеси с отработавшим газом.

В сушилках, работающих на перегретом паре (рис. 33, e), применяют только многократную циркуляцию сушильного агента. Перегретый пар, находящийся в сушилке, непрерывно циркулирует в ней, проходя последовательно через калорифер и высушиваемый материал. Пар, нагретый в калорифере до состояния I, входит в материал. Вследствие испарения влаги температура пара уменьшается, а степень насыщения возрастает. При выходе из штабеля (состояние 2) значительная часть пара вновь поступает в калорифер и нагревается до состояния I, а некоторая часть в количестве, точно равном массе испаренной влаги, выбрасывается в атмосферу. График процесса работы такой камеры изображается на tp-диаграмме отрезком прямой 1—2, лежащим на крайней правой вертикали p_{π} = const = = 0,1 МПа.

§ 19. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В каждой сушилке можно выделить четыре основные группы оборудования: ограждения, транспортные устройства, тепловое и циркуляционное оборудование.

Ограждениями называют устройства, которые отделяют су-

шильное пространство от окружающей среды. Они сооружаются или из обычных строительных материалов (кирпич, бетон, железобетон), или формируются из готовых деталей и металлических щитов, заполненных теплоизоляционным материалом.

Транспортные устройства — это машины и механизмы, предназначенные для формирования слоя или штабеля высушиваемого материала, загрузки его в сушилку и выгрузки из нее, а также

транспортировки.

Тепловое оборудование предназначено обеспечивать теплоснабжение сушилки. К этой группе оборудования относятся калориферы, теплообменники, конденсатоотводчики, паропроводы, топки, запорно-регулировочная и контрольно-измерительная аппаратура.

Циркуляционное оборудование служит для создания организованной циркуляции сушильного агента. Основными элементами этой группы являются вентиляторы, вентиляторные и эжек-

торные установки.

В сушилках тепловое и циркуляционное оборудование монтируется из стандартных элементов. В учебной литературе по сушке древесины эту группу оборудования принято изучать до рассмотрения конкретных конструкций сушилок. Ограждения и транспортное оборудование специфичны для каждого типа сушилок, поэтому их целесообразно рассматривать при описании конструкций сушилок определенного типа.

§ 20. ТЕПЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Калориферы. Калориферами называются теплообменные аппараты, которые передают теплоту от теплоносителя к сушильному агенту. Теплоносителем могут быть насыщенный водяной пар, топочные газы, горячая вода и некоторые органические жидкости, имеющие высокую температуру кипения.

В промышленных сушилках преимущественно используют паровые калориферы, теплоносителем в которых является насыщенный водяной пар. Иногда применяют водяные (теплоноситель—горячая вода) калориферы и электрические, в которых электрическая энергия эквивалентно преобразуется в тепловую, а теплоносителем служат проводники с высоким омическим сопротивлением.

Паровой калорифер состоит из замкнутой системы сообщающихся металлических паропроводов. Снаружи эту систему омывает циркулирующий сушильный агент, а изнутри — поступающий в нее насыщенный водяной пар под давлением до 0,6 МПа. Основную часть теплоты, содержащейся в паре, составляет скрытая теплота парообразования. Она должна быть использована в калорифере полностью. Поэтому весь пар, подаваемый в калорифер, должен сконденсироваться.

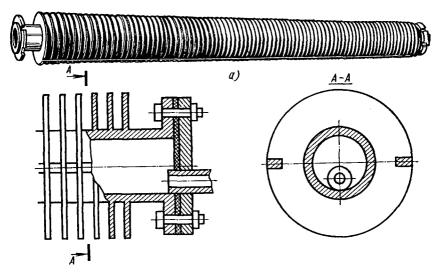
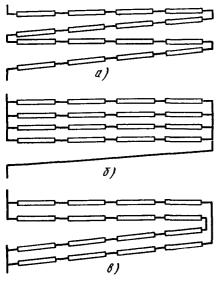


Рис. 34. Общий вид чугунной ребристой трубы (a) и схема подключения конденсатопровода (δ)

В сушилках используют сборные паровые калориферы, которые собирают внутри сушилки из стандартных труб, и пластинчатые калориферы заводского изготовления.

Часто для монтажа сборных калориферов используют чугунные ребристые трубы с фланцевыми соединениями (рис. 34, а) длиной 1; 1,5; 2 м и с поверхностью нагрева соответственно 2, 3



и 4 м² на одну трубу. Иногда калориферы монтируют из гладких паропроводных труб. Схема монтажа калорифера определяется конструктивным оформлением сушильного устройства. Однако во всех случаях трубы собирают в секции, которые имеют самостоятельное питание паром.

Внутри секции трубы соединяют последовательно, параллельно или последовательнопараллельно. Последовательноное соединение (рис. 35, а) обеспечивает равномерный на-

Рис. 35. Схемы соединения сборных калориферов:

a — последовательное, δ — параллельное, s — последовательно-параллельное

грев сушильного агента по длине калорифера, а параллельное (рис. 35, δ) — более компактный монтаж. Рационально комбинированное соединение, имеющее достоинства последовательного и параллельного соединений (рис. 35, δ).

Отдельные трубы соединяют фланцами с помощью болтов на прокладках из паронита. Трубу, отводящую конденсат, присоединяют к ребристой трубе фланцем с эксцентрическим отверстием (см. рис. 34, δ), что обеспечивает беспрепятственный сток конденсата из линий калорифера. Трубы калорифера и паропроводов прокладывают с уклоном 0,005...0,01, а конденсатные трубы — 0,01 в направлении движения пара или конденсата. Секции труб монтируют в сушилках на специальных подвесках.

Недостаток сборных калориферов из чугунных ребристых труб — большое количество фланцевых соединений, герметичность которых нарушается. Это снижает надежность работы калорифера.

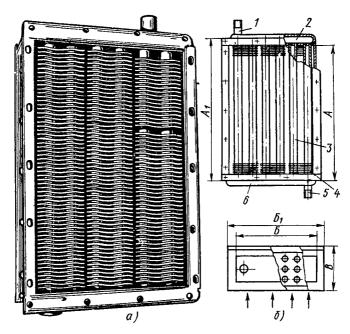


Рис. 36. Общий вид (a) и схема устройства (b) пластинчатого калорифера:

1, 5- патрубки, 2, 6- распределительные коробки, 3- нагревательные трубки, 4- пластины

Пластинчатые калориферы (рис. 36) имеют следующее устройство. Пар подается через верхний патрубок 1 в распределительную коробку 2 и трубки 3, нагревая эти трубки и насаженные на них пластины 4. Конденсат собирается в нижней рас-

пределительной коробке 6 и удаляется из калорифера через патрубок 5. Нагреваемый воздух движется параллельно плоскости ребер в направлении, указанном стрелками.

В сушилках используют как стандартные калориферы (воздухонагреватели), так и калориферы, выпускаемые предприятиями

Госстроя СССР по Техническим условиям.

Калориферы подразделяются на водяные ВНВ и паровые ВНП, по числу трубок — на одно-, двух-, трех- и четырехрядные.

Размер калорифера характеризуется его номером.

Достоинство пластинчатых калориферов — их компактность при большой поверхности нагрева и повышенная по сравнению со сборными калориферами интенсивность теплоотдачи, недостаток — засоряемость каналов мусором и пылью, а также разрушение оребрения вследствие коррозии. По данным Гипродрева, срок службы пластинчатых калориферов в лесосушильных камерах не превышает три года.

Все большее применение находят калориферы из биметаллических труб с алюминиевым накатным оребрением. Алюминий и его сплавы имеют удовлетворительную коррозионную стойкость в среде сушильного агента. Стальная труба, защищенная снаружи алюминиевой ребристой оболочкой, характеризуется высокой поверхностью нагрева. Коэффициент теплопередачи калорифера из биметаллических ребристых труб почти в два раза выше, чем для пластинчатого калорифера, а срок его службы в сушильных камерах не менее шести лет.

Количество теплоты, передаваемой паровым калорифером сушильному агенту в единицу времени (ч, с), т. е. тепловая мощность калорифера Q, зависит от поверхности нагрева его труб F, температуры теплоносителя (пара или воды) $t_{\rm T}$, средней температуры нагреваемого агента сушки $t_{\rm C}$ и коэффициента теплопередачи калорифера K, т. е.

$$Q = FK(t_{\rm r} - t_{\rm c}). \tag{18}$$

Коэффициент теплопередачи K зависит от конструкции калорифера и скорости движения через него сушильного агента.

Конденсатоотводчики. Назначение конденсатоотводчиков — пропускать образовавшийся в калориферах конденсат, не выпуская пара. Их устанавливают за калориферами на каждую самостоятельно работающую секцию. Если же на один конденсатоотводчик приходится несколько раздельно управляемых секций калориферов, то в конце каждой секции монтируют обратный клапан — устройство, которое обеспечивает одностороннее движение пара или конденсата. Тем самым одна секция отделяется от остальных и исключается возможность проникания в нее пара или конденсата со стороны выходного конца калорифера. При отсутствии обратного клапана неработающая линия калорифера (после закрытия входного парового вентиля) быстро заполнится

сначала паром, а затем конденсатом. Очередной пуск пара из-за его резкого столкновения с конденсатом вызовет в системе гидравлические удары, которые могут нарушить плотность соединения труб.

Конденсатоотводчики можно разделить на три типа: гидро-

статические, термостатические и термодинамические.

Гидростатические конденсатоотводчики с открытым поплавком (называемые иногда конденсационными

горшками) в настоящее время не применяются из-за их малой надежности.

Термостатическ и е конденсато отвод ч ики работают удовлетворительно в условиях стабильного давления пара в калориферах. Применяют термостатические конденсатоотводчики с сильфоном и шаровым клапаном (рис. 37). Внутри корпуса 2 находится сильфон 4 с закрепленным на его конце золотником 5, в нижней части корпуса расположено седло 6. При поступ-

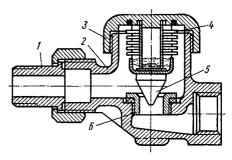


Рис. 37. Термостатический конденсатоотводчик с сильфоном и шаровым клапаном:

1 — входной патрубок, 2 — корпус, 3 — крышка, 4 — сильфон, 5 — золотник, 6 — седло

лении пара через входной патрубок 1 сильфон расширяется и закрывает выходное отверстие седла 6. Если поступает конденсат, имеющий более низкую температуру, сильфон сжимается и открывает выходное отверстие, давая возможность его беспрепятственному выходу.

В наибольшей мере условиям работы сушильных камер соответствуют термодинамические конденсатоотводчики. Нижняя плоскость тарелки 4 (рис. 38, a) должна быть тщательно подогнана к верхней плоскости седла 2. Она может перемещаться по вертикали вверх и вниз на величину a. При поступлении в полость корпуса конденсата тарелка приподнимается, открывая ему проход через кольцевую камеру седла на выход через отверстия d и d_1 . Если поступает пар, скорость которого в сотни раз выше по сравнению со скоростью конденсата, то под тарелкой образуется вакуум и она прикроет отверстие d. Таким образом, конденсат протекает через устройство свободно, и пар проходит в ничтожно малом количестве.

Неисправный конденсатоотводчик является причиной перерасхода пара и ухудшает экономические показатели сушилки. Поэтому конденсатоотводчики монтируют, соблюдая определенные правила. Конденсатоотводчик 6 (рис. 38, б) устанавливают обычно на горизонтальном участке трубы, расположенном ниже уров-

ня калориферов, и подсоединяют к калориферу и конденсатоотводной магистрали с обводной линией 8 и контрольной трубкой 7.

Работу конденсатоотводчика проверяют, отключая его от конденсатоотводной магистрали и сливая конденсат через контрольную трубку. При нормальной работе из нее должен выходить

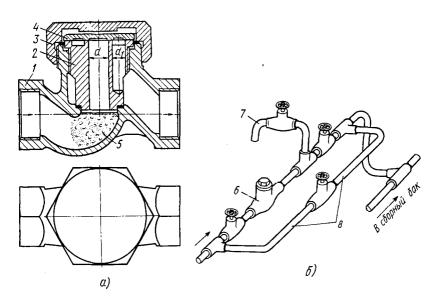


Рис. 38. Схема устройства (a) и монтажа (b) термодинамического конденсатоотводчика:

1 — корпус, 2 — седло, 3 — крышка, 4 — тарелка, 5 — фильтр, 6 — конденсатоотводчик, 7 — контрольная трубка, 8 — магистраль

конденсат при небольшом количестве пара. Непрерывный выброс пара или конденсата, а также смеси конденсата с большим количеством пара свидетельствуют о неисправности устройства. Такой конденсатоотводчик ремонтируют или заменяют исправным.

Роль простейшего конденсатоотводчика может играть слегка открытый вентиль. Поэтому при ремонте или замене конденсатоотводчика, установленного по схеме рис. 38, 6, допустима временная работа системы с приоткрытым вентилем на обводной линии.

Увлажнительные трубы. Для повышения степени насыщения сушильного агента в сушилках прокладывают увлажнительные трубы, с помощью которых в определенный период процесса сушки подают насыщенный водяной пар. Увлажнительные трубы монтируют из водогазопроводных труб диаметром 50...65 мм. В стенке трубы с шагом 300 мм высверливают отверстия диаметром 5 мм. Регулируют подачу пара вентилем.

Паропроводы и конденсатопроводы. Их изготовляют из стальных водогазопроводных труб. Магистральные паропроводы мон-

тируют из электросварных стальных труб, а при давлении в ма-

гистрали более 1,2 МПа — из паропроводных труб.

Трубы диаметром до 70 мм соединяют с помощью соединительных муфт, отводов, тройников, крестовин. Трубы большего диаметра соединяют на фланцах или сваривают.

Запорно-регулировочные и контрольно-измерительные устрой-

ства. К этим устройствам относятся:

вентили для регулирования подачи пара в калориферы, включения или отключения калориферов, конденсатоотводчиков, увлажнительных труб и других устройств;

редукционные клапаны для регулирования давления пара перед калориферами;

манометры для измерения давления в паро- и конденсатопроводах;

парометры для измерения расхода пара;

обратные клапаны.

Топки. Топочные газы, используемые в качестве агента сушки, получают в результате сжигания древесных отходов, природного газа или мазута в специальных устройствах, называемых топками. Основное требование, предъявляемое к топкам, — получение в них чистого, бездымного топочного газа. Содержание в газе несгоревших частиц топлива недопустимо, так как их присутствие загрязняет поверхность высушиваемого материала, а иногда приводит к его загоранию.

Для сжигания древесных отходов применяют полугазовые топки (рис. 39, a). Топливо (кусковые отходы древесины и щепа) поступает через загрузочный люк 2 на наклонную и горизонтальную часть пода. В зоне 1 происходит частичное сгорание топлива с получением полугаза. Дожигание топлива происходит в зоне 3 после прохождения полугаза через решетку, сложенную из шамотного кирпича. Полугаз сгорает в избытке подогретого свежего воздуха, подаваемого по каналам, расположенным в толще стенок топки.

Далее топочные газы проходят через перевальные стенки 7, меняя направление и скорость движения. Это способствует осаждению золы и несгоревших частиц топлива. Затем газы поступают в распределительный боров 6, идущий к сушилкам. За топкой в начале борова монтируют шибер, регулирующий подачу газа. В период растопки этот шибер закрывают, а топочные газы подают в дымовую трубу 5. Для обеспечения нормальной работы топки необходимо создавать разрежение в задней ее части не менее 50 Па, а температуру газов в зоне 4 поддерживать на уровне 700...800°C.

В качестве топлива используют также природный газ и мазут. Схема одной из топок, предназначенной для сжигания газа или мазута (конструкция ЦНИИФ), приведена на рис. 39, δ . Топка состоит из металлического корпуса δ с внутренней футеровкой δ

из шамотного кирпича. Внутри корпуса расположена камера сжигания 10, выполненная в виде металлического кожуха 14 с футеровкой 13 из шамотного кирпича. На передней стенке камеры размещены газовые горелки или форсунки 12. Задняя стенка сде-

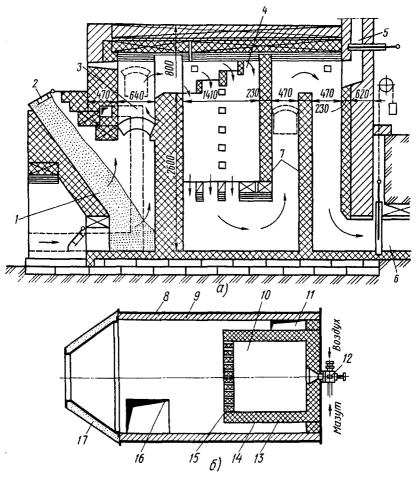


Рис. 39. Схематический разрез топок:

a — работающей на древесном топливе (проект Гипродрева), b — работающей на газе или мазуте (проект ЦНИИФ); I — зона частичного сгорания топлива, 2 — загрузочный люк, 3 — зона дохигания топлива, 4 — осадочная зона, b — дымовая труба с шибером, b — распределительный боров, b — перевальные стенки, b — корпус топки, b — футеровка, b — камера сжигания, b — отверстие для подачи свежего воздуха, b — газовые горелии или форсунки, b — футеровка камеры сжигания, b — камеры сжигания, b — отверстие для подачи отработавшего газа, b — патрубок

лана в виде решетки 15 из шамотного кирпича, выполняющей роль катализатора при дожигании горючей смеси.

Пространство топки за камерой сжигания служит смесительной камерой, в которую кроме топочных газов подается отрабо-

тавший газ через отверстие 16 и дополнительно свежий воздух через отверстие 11. Смесительная камера заканчивается теплоизолированным коническим патрубком 17, к которому присоединяется всасывающая труба вентилятора, подающего газовую смесь к сушилке.

§ 21. ВЕНТИЛЯТОРЫ. ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ И ЭЖЕКЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

Вентиляторами называются машины, служащие для перемещения больших масс воздуха или газа при давлении, близком к атмосферному. В сушилках вентиляторы применяют для создания циркуляции сушильного агента внутри сушильного пространства и по материалу. Вентиляторы делятся на два типа: радиальные (центробежные) и осевые.

Перемещение воздуха радиальным (центробежным) вентилятором осуществляется за счет центробежного эффекта. Вентилятор (рис. 40) состоит из улиткообразного кожу-

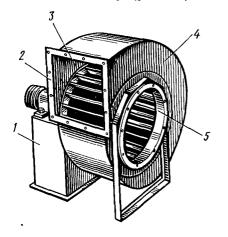


Рис. 40. Радиальный (центробежный) вентилятор: 1— станина, 2— выхлопной патрубок, 3— ротор, 4— кожух вентилятора, 5— вса-

сывающий патрубок

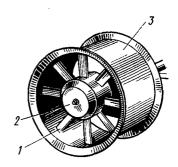


Рис. 41. Осевой вентилятор: 1- лопасти, 2- ротор, 3- кожух

ха 4, укрепленного на станине 1. Внутри кожуха в направлении разворота его спирали вращается ротор 3 с радиальными лопатками. При работе вентилятора воздух через всасывающий патрубок 5 попадает в середину ротора, нагнетается в результате его вращения в пространство между ротором и кожухом и выбрасывается через выхлопной патрубок 2. Со стороны кожуха, противоположной всасывающему патрубку, располагается привод вентилятора. При вращении ротора вентилятор сообщает воздушному потоку избыточное давление. Разность между давлениями воздушного потока перед и за ротором вентилятора называется давлением

вентилятора (выражается в Па).

Промышленностью изготовляются вентиляторы низкого (до 1000 Па), среднего (1000...3000 Па) и высокого (3000...12 000 Па) давления (ГОСТ 5976—73). По направлению вращения ротора различают вентиляторы правого и левого вращения. В вентиляторах правого вращения, если смотреть на них со стороны привода, спираль кожуха развернута по часовой стрелке, левого вращения— против часовой стрелки.

Радиальные (центробежные) вентиляторы имеют различную конструкцию и разные размеры. Вентиляторы одной конструкции (или одного типа), геометрически подобные, но разных размеров, образуют серию. Размеры вентилятора определяются его номером, выражающим диаметр ротора в дециметрах. Так, вентилятор с диаметром ротора 1000 мм обозначается № 10.

В сушилках используют вентиляторы низкого и среднего давления. В сушилках для шпона и измельченной древесины газовоздушная смесь с более высокой температурой (более 200°С) перемещается специальными центробежными вентиляторами типа Д и ДН, называемыми дымососами.

Осевые вентиляторы общего назначения (ГОСТ 11442—74) работают по принципу воздушного винта. Вентилятор (рис. 41) состоит из ротора 2, вращающегося в кожухе 3, имеющем вид цилиндрического патрубка. Ротор составлен из лопастей определенного профиля, насаженных на ступицу под углом к плоскости его вращения. Воздух перемещается в направлении оси вращения ротора. Осевые вентиляторы, так же как и радиальные, различаются по типам, сериям и номерам. Они могут быть правого и левого вращения. При направлении движения воздуха к наблюдателю у правого вентилятора ротор вращается по часовой стрелке, у левого — против часовой стрелки.

В сушильной технике наиболее распространены вентиляторы: типа МЦ, имеющие 4 лопасти (развиваемое давление 400 Па); типа У, имеющие 6 (У-6) или 12 (У-12) лопастей (развиваемое давление до 800 Па); типа В, имеющие 16 лопастей (развиваемое давление до 1500 Па).

Вентиляторы УК-2М, В-2, 3-130 и 06-300, выпуск которых начат отечественной промышленностью, имеют улучшенные аэродинамические характеристики. Они изготовляются из некорродируемых металлов.

Рассмотренные осевые вентиляторы имеют несимметричный профиль лопастей. Они работают нормально только в том случае, когда лопасти захватывают воздух вогнутой (в вентиляторах

У — плоской) стороной. При обратном направлении вращения резко снижаются производительность вентилятора и его КПД.

В сушилках очень часто требуется изменять направление воздушного потока на обратное, т. е. реверсировать воздушный поток. Вентиляторы У и В могут быть сделаны реверсивными, т. е. работающими одинаково при любом направлении вращения, путем поворота половины лопастей (через одну) на 180°.

Вентиляторной установкой называется осевой или радиальный вентилятор с приводом и системой подключенных к нему воздуховодов. Форма и размеры воздуховодов определяются конструкцией конкретного сушильного устройства. Они могут состоять из труб всевозможных сечений. Роль воздуховодов выполняют каналы, сформированные элементами ограждения сушилок, экранами, высушиваемым материалом.

Работающий вентилятор передает воздушному потоку определенное количество энергии. Разность количества энергии в движущемся потоке и в неподвижном воздухе, отнесенная к единице его объема, называется полным давлением воздушного потока $P_{\rm II}$ (Па). Очень часто работа вентилятора характеризуется полным напором воздушного потока $h_{\rm II}$, который выражается в мм вод. ст. Связь между давлением и напором устанавливается из выражения $P = 0.001 \cdot h \rho_{\rm Bog}$, где $\rho_{\rm Bog}$ —плотность воды, равная 1000 кг/м³. Таким образом, имеем

$$P = hg. (19)$$

Полный напор равен сумме статического $h_{\rm cr}$ и динамического $h_{\rm g}$ напоров. Величина динамического напора зависит от скорости движения воздуха ω и его плотности ρ . Она определяется из выражения (16).

Статический напор связан с сопротивлениями Δh , возникающими при движении потока воздуха в воздуховодах в результате трения воздуха о стенки, завихрений на поворотах и выступах.

Система воздуховодов вентиляторной установки может быть замкнутой и незамкнутой (работающей на выхлоп). Незамкнутая система состоит из всасывающего и нагнетательного воздуховодов, подключенных к соответствующим патрубкам вентилятора. В такой системе напор вентилятора равен сумме сопротивлений $\Sigma\Delta h$ на участках воздуховода плюс динамический напор в выхлопном отверстии:

$$H_{\rm B} = \Sigma \Delta h + h_{\rm A}. \tag{20}$$

Для замкнутой системы воздуховодов напор вентилятора определяется только сопротивлением системы:

$$H_{\rm p} = \Sigma \Delta h.$$
 (21)

Вентилятор в вентиляторной установке должен создать давление $P_{\rm B}$, необходимое для преодоления сопротивлений системы

воздуховодов, и обеспечить перемещение требуемого количества воздуха или газа. Объем воздуха или газа, перемещаемого вентилятором в единицу времени, называется производительностью вентилятора $V_{\rm B}$ (м³/c).

Полезная мощность вентилятора равна произведению его давления на производительность. Потребляемая вентилятором мощность $N_{\rm B}$ всегда больше полезной мощности на величину аэродинамических потерь в самом вентиляторе. Отношение полезной мощности к потребляемой называется коэффициентом полезного действия вентилятора $\eta_{\rm B}$.

Величина потребляемой мощности определяется по выражению

$$N_{\rm B} = V_{\rm B} P_{\rm B} / (\eta_{\rm B} \eta_{\rm B}), \tag{22}$$

где η_{π} — КПД передачи, зависящий от характера привода.

Для осуществления циркуляции в некоторых сушилках используют эжекторные установки, принцип действия которых основан на эффекте эжекции. Предположим, что в открытую трубу (рис. 42, а) вставлена труба меньшего диаметра с конической насадкой, из которой с достаточно большой скоростью выходит струя воздуха. При резком увеличении скорости в зоне выхода статический напор воздушного потока уменьшается (в результа-

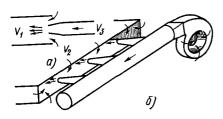


Рис. 42. Схема воздушного эжектора (a) и эжекторной установки (b)

те увеличения динамического напора). Во входном отверстии основной трубы образуется разрежение, вследствие чего воздух из окружающего пространства будет засасываться в трубу и смешиваться со струей, выброшенной из насадки.

 \hat{T} аким образом, количество циркулирующего в трубе воздуха будет больше эжектирующего V_3 на количество подсасы-

ваемого воздуха V_2 . Отношение $V_1/V_3=m$ называется кратностью эжекции — основной показатель работы эжекторной установки. Его величина находится в пределах от 3 до 6. Для работы эжектора требуется непрерывная подача воздуха в насадку, что достигается установкой вентилятора.

Обычно эжекторная установка содержит несколько насадок, вставленных в воздуховод прямоугольного сечения (рис. 42, б). Преимуществом сушилок, оборудованных эжекторной установкой, является то, что через вентилятор проходит 20...30% общего количества циркулирующего воздуха. Однако эжекторные установки имеют более низкий коэффициент полезного действия по сравнению с вентиляторными установками и, следовательно, отличаются повышенным расходом электроэнергии.

Электродвигатели. Для привода вентиляторов в вентиляторных и эжекторных установках применяют асинхронные электродвигатели переменного трехфазного тока 50 Гц единой серии с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели устанавливают в помещениях, смежных с сушилками, где бывают повышенная температура и высокая степень насыщения. Иногда туда попадают пары кислот, которые выделяются из древесины при ее сушке и разрушающе действуют на металлы. С учетом таких условий эксплуатации целесообразно применять электродвигатели, которые защищены от пыли, сырости и агрессивных сред. Если температура воздуха в месте установки электродвигателя постоянно держится около 40...50°С, следует организовать внешний обдув для его охлаждения.

Смазки. Для смазывания подшипников вентиляторных валов в сушилках используют следующие консистентные смазки.

Смазки пресс-солидол Ж и солидол Ж (ГОСТ 1033—79) влагоустойчивы, но обладают низкой температурой каплепадения (75°С). Их применяют в условиях умеренно высокой температуры (60...75°С) и повышенной степени насыщения среды.

Смазка УТ (ГОСС 1957—73) имеет более высокую температуру каплепадения (130 и 150°С), но разлагается в воде. Рекомендуется применять в средах с высокой температурой и малой сте-

пенью насыщения.

Наиболее эффективна смазка ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267—74). Она обладает высокой температурой каплепадения (до 175°С), весьма влагоустойчива. Ее целесообразно применять в сушилках, работающих в режиме с высокой температурой и степенью насыщения, в том числе действующих на перегретом паре.

Контрольные вопросы. 1. Дайте классификацию сушилок по конструктивному исполнению; по виду сушильного агента; по кратности циркуляции; по принципу действия. 2. Как изменяется состояние воздуха в сушилках с однократной циркуляцией? с многократной циркуляцией? в конденсационных сушилках? Дайте схемы процессов на Іd-днаграмме. 3. Как изменяется состояние топочного газа в газовых сушилках с однократной и многократной циркуляцией? 4. Назовите основные группы оборудования сушилок и дайте им краткую характеристику. 5. Что называется калорифером? Какие калориферы используют, в сушилках? 6. Для чего предназначены и как устроены конденсатоотводчики? 7. Какие основные требования предъявляются к топкам? 8. Каково назначение и как устроены радиальные центробежные и осевые вентиляторы? 9. Что называется вентиляторной установкой? 10. Что такое полное давление, развиваемое вентилятором? 11. Каков принцип действия эжекторной установки?

ГЛАВА V

СУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ ДЛЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

§ 22. КЛАССИФИКАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР. ОГРАЖДЕНИЯ. УКЛАДКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ШТАБЕЛЯ

Для сушки пиломатериалов применяют в основном конвективные сушилки, называемые сушильными камерами. Камеры представляют собой постройки различных размеров, внутри которых находятся высушиваемые штабеля пиломатериалов или заготовок, загружаемые через специальные двери. Внутри камеры, а иногда частично снаружи, располагают узлы теплового и циркуляционного оборудования. Камеры бывают как периодического, так и непрерывного действия, но только с многократной циркуляцией агента сушки. Они подразделяются, кроме того, по виду сушильного агента и характеру ограждений.

По виду сушильного агента различают камеры воздушные, газовые и действующие на перегретом паре. Последние очень часто называют высокотемпературными камерами. Имеются камеры, в которых сушильным агентом могут быть влажный воздух и чистый перегретый пар. Такие камеры называют паро-

воздушными.

По характеру ограждений камеры делят на стационарные и сборные. Стационарные камеры — это постройки, элементы ограждений которых формируются на месте из обычных строительных материалов. Сборные камеры изготовляют на специальных заводах и монтируют на месте строительства из готовых панелей и секций. Элементами ограждений сушильных камер являются полы, стены, перекрытия и загрузочно-разгрузочные двери. Ограждения камер должны иметь малую теплопроводность, быть долговечными и герметичными.

Полы камер обычно настилают в четыре слоя: нижний слой — балластный толщиной 200 ... 250 мм, затем подготовительный из щебня толщиной 60 мм, на нем слой бетона толщиной 120 мм, верхний слой — цементный (толщиной 20 мм). Полу камер придается уклон 0,01 ... 0,005 в направлении к канавкам, идущим вдоль камеры и имеющим слив в канализацию или сточный колодец.

В большинстве камер прокладывают рельсовый путь для закатки и выкатки штабелей. Рельсы укладывают на шпалах заподлицо с поверхностью пола.

Стены и перекрытия стационарных камер формируют из обычных строительных материалов. С тены выкладывают из керамического кирпича на цементном растворе марки M-50 с полным заполнением швов. Иногда для устройства стен применяют железобетон.

Наружные стены делают в 2,5 кирпича (630 ... 640 мм), внутренние стены, выходящие в отапливаемые помещения,— в 2 кирпича (510 мм), промежуточные, между камерами,— в 1,5 кирпича (380 мм).

Стены штукатурят, но только с внутренней стороны камеры. Снаружи сушильные камеры оштукатуривать не допускается.

Потолочные перекрытия камер выполняют из железобетонных плит толщиной 70 ... 100 мм, поверх которых наносят влагонепроницаемый слой из битумной мастики и наклечвают слой толя. Мастику готовят из нефтяного битума на уайтспирите (соотношение 55:45 по массе). Перекрытие обычно утепляют слоем шлака толщиной 250 ... 350 мм либо используют для этой цели пенобетон, пеностекло или другие изоляционные материалы.

В воздушных и газовых камерах для повышения герметичности ограждения изнутри покрывают краской БТ-577, эмалями XB-1100 или эмалями на основе пентафталевых и эпоксидных смол. Нарушать целостность защитной пленки не допускается.

В высокотемпературных или паровоздушных камерах надежной герметизации и повышенной долговечности достигают путем облицовывания внутренних поверхностей ограждений листовым нержавеющим материалом (алюминием или нержавеющей сталью) с соединением швов сваркой.

Ограждения сборных камер изготовляют в виде панелей и секций, которые имеют каркас из профильной стали (уголки, швеллеры), облицованный листовым металлом (с внутренней стороны обязательно нержавеющим) и заполненный минеральным теплоизоляционным материалом.

Элементы ограждений соединяют болтами либо непосредственно друг с другом, либо с рамой металлического каркаса. Все стыки тщательно заделывают гидроизоляционным материалом.

Загрузочно-разгрузочные двери должны быть герметичными в притворах, иметь надежные и простые запоры и обладать стабильностью формы.

Предъявляемым требованиям в наибольшей степени отвечают металлические двери с каркасом из профильного металла (алюминия или стали), покрытым нержавеющим металлом и заполненным внутри минеральным теплоизоляционным материалом.

Наиболее широкое применение имеют створные двери. Дверное полотно 2 (рис. 43, a) на массивных петлях 1 крепится к металлической дверной коробке 3. С внутренней стороны полотно по периметру окантовано уголком 7 (рис. 43, 6), который при закрывании двери нажимает на уплотнительную прокладку 5, выполненную из термостойкой резины или асбестового жгута. Прокладка заложена в канавку, образованную уголком 6. Герметизация двери в притворе осуществляется винтовыми прижимами 4. Достаточно герметичный притвор обеспечива-

ет полоса термостойкой резины, проложенная по периметру

дверной коробки (рис. 43, 8).

Двери одностворчатой конструкции более рациональны по сравнению с двухстворчатыми, так как у них отсутствует средний вертикальный створ, в результате герметизация притвора проще и надежнее.

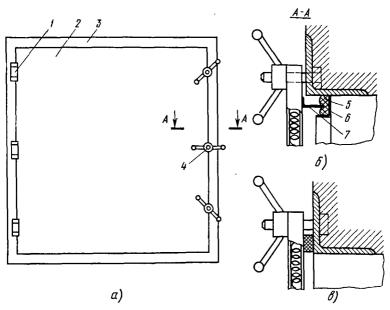


Рис. 43. Схема устройства створной двери (a) и варианты герметизации притвора $(\tilde{b}, \, \theta)$:

1— петля, 2— дверное полотно, 3— дверная коробка, 4— винтовые прижимы, 5— уплотнительная прокладка, 6— уголок, 7— уголок дверного полотна

В некоторых типах сушильных камер применяют сдвижные щитовые, подъемно-щитовые и подъемно-шторные двери.

Сдвижные щитовые двери (рис. 44, а) представляют собой щит 3, полностью перекрывающий дверной проем камеры; этот щит с помощью подъемно-передвижной каретки 4 навешивается на металлическую коробку 1, снабженную уплотнительной прокладкой. Для прижима дверного щита используют различные устройства (рычажно-поворотные, винтовые, клиновые прижимы). Подъемно-передвижная каретка движется по монорельсу 2. Некоторые конструкции камер имеют каретку, снабженную электромеханическими приводами подъема дверного полотна и перемещения каретки по монорельсу.

Подъемно-щитовые двери (рис. 44, δ) имеют дверное полотно 3, которое может перемещаться в вертикально расположенных направляющих δ с помощью небольшой тросовой лебедки δ .

При открывании двери полотно перемещают вверх по направляющим и фиксируют в верхнем положении стопорным устройством.

Подъемно-шторные двери имеют дверное полотно, состоящее из набора щитков, которые шарнирно связаны друг с другом. Применяются они сравнительно редко.

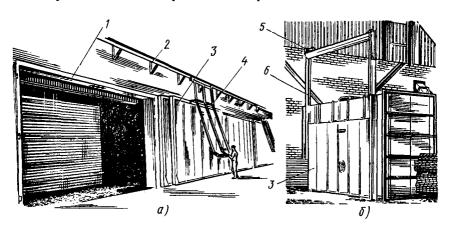


Рис. 44. Сдвижная щитовая дверь с кареткой (a) и подъемно-щитовая дверь (δ):

1 — дверная коробка, 2 — монорельс, 3 — дверное полотно, 4 — подъемно-передвижная каретка, 5 — тросовая лебедка, 6 — направляющие

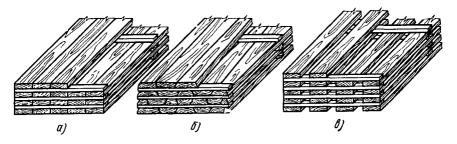


Рис. 45. Методы укладки пиломатериалов в штабеля обрезных без шпаций (a), необрезных без шпаций (b) и обрезных со шпациями (b)

Пиломатериалы перед сушкой укладывают в штабеля, которые формируют из горизонтальных рядов досок, уложенных на прокладки. При укладке пиломатериалов в штабель должно быть обеспечено их равномерное омывание сушильным агентом.

В зависимости от характера циркуляции агента сушки через штабель применяют два метода укладки: сплошными рядами без промежутков между досками (рис. 45, a, δ) и с промежутками — шпациями — между досками ряда (рис. 45, δ).

Первый метод укладки, называемый укладкой без шпаций, используют в камерах, которые имеют горизонтальную циркуляцию сушильного агента в направлении поперек штабеля. Он наиболее рационален, так как повышается вместимость штабеля, упрощается и облегчается механизация укладочных работ.

наиболее рационален, так как повышается вместимость штабеля, упрощается и облегчается механизация укладочных работ. Если сушильный агент проходит через штабель в вертикальном или продольно-горизонтальном направлениях (например, в камерах устаревших конструкций), материал укладывают со

шпациями.

Размеры штабеля зависят от длины высушиваемого материала и размеров сушильной камеры. Наиболее широко применяют штабеля шириной 1,8 ... 2,4, высотой 2,5 ... 3,0 и длиной 6 ... 7 м. Штабеля таких размеров принято называть нормальными. Заготовки и короткие пиломатериалы укладывают в укороченные (2,5 ... 4,5 м) штабеля. В последние годы получили распространение штабеля с повышенной высотой — 5 м.

§ 23. КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

По характеру циркуляции агента сушки камеры этого принципа действия подразделяют на две группы: с естественной и принудительной циркуляцией. Камеры с естественной циркуляцией по своим технико-экономическим показателям существенно уступают камерам с принудительной циркуляцией, эксплуатируются в небольшом количестве на деревообрабатывающих предприятиях и в настоящем издании учебника не рассматриваются.

Камеры с принудительной циркуляцией, в свою очередь, делятся на камеры с поперечно-вертикальной, поперечно-горизон-

тальной циркуляцией и аэродинамическим подогревом.

Первоначально рассмотрим воздушные и паровоздушные камеры, которые наиболее широко распространены в деревообрабатывающей промышленности.

Камеры с поперечно-вертикальной циркуляцией, осуществляемой эжекторной установкой (эжекционные камеры). Эжекторная установка приводится в действие осевыми или центробежными вентиляторами. Сушильный агент проходит через штабель в поперечном направлении, поэтому штабель укладывают без шпаций. Внутри камеры агент сушки движется по замкнутой траектории, лежащей в вертикальной плоскости.

Схема камеры с осевыми вентиляторами приведена на рис. 46. Изогнутый экран 9, проходящий вдоль камеры, делит ее по высоте на две части: нижнюю, образующую сушильное пространство, и верхнюю — эжекционный воздуховод 8.

Два нагнетательных канала 7 треугольного сечения снабжены системой насадок 6 круглого (как показано на схеме) или прямоугольного сечения. Каналы заканчиваются круглыми пат-

рубками, в которые устанавливают высоконапорные осевые вентиляторы 4 с электродвигателями 2, расположенными в коридоре управления. Сборные калориферы 5 из чугунных ребристых труб размещены на продольных боковых стенах камеры. Для ввода пара непосредственно в камеру смонтированы увлаж-

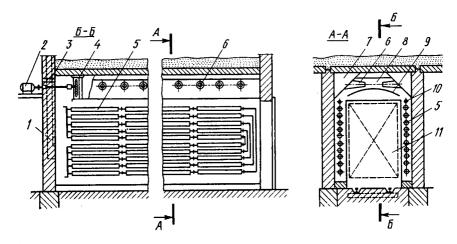


Рис. 46. Разрезы эжекционной камеры ЦНИИМОД-Гипродрев: 1- вытяжная труба, 2- электродвигатель, 3- приточный канал, 4- вентилятор, 5- калориферы, 6- насадки, 7- нагнетательный канал, 8- эжекционный воздуховод, 9- экран, 10- увлажнительная труба, 11- штабель

нительные трубы 10. Свежий воздух в камеру подают через приточный канал 3, а отработавший удаляют через вытяжную трубу 1.

Камера работает следующим образом. В воздуховод 8 из насадок выбрасывается эжектирующий воздух (со скоростью движения не менее 25 м/с) и подсасывается (за счет разрежения, см. § 21) циркулирующий воздух, вышедший из штабеля. В канал 7 воздух подается вентилятором 4 в основном из сушильного пространства и в небольшом количестве из приточного канала 3. Полученная в канале 7 смесь выходит из насадок и смешивается с циркулирующим в камере воздухом. Образовавшаяся новая смесь проходит через калорифер 5, нагревается и затем поступает в штабель 11.

Из двух каналов, показанных на схеме, работает только один. Путем поочередного включения вентиляторов правого и левого каналов можно изменить направление движения сушильного агента в штабеле, т. е. реверсировать циркуляцию. При работе вентилятора, подающего воздух в левый канал, циркуляция осуществляется по часовой стрелке и, наоборот, против часовой стрелки при подаче воздуха в правый канал.

Рассмотренное конструктивное решение имеют камеры

ЦНИИМОД-39 и ЦНИИМОД-Гипродрев. Эти камеры строят длиной 7 или 14 м, они рассчитаны на один — четыре нормальных штабеля. Их эжекторная установка оснащена вентилятором типа В № 8 с электродвигателем мощностью 7 ... 10 кВт. Скорость циркуляции воздуха в штабеле 0,5 ... 0,6 м/с, что недостаточно для равномерного просыхания материала.

Более рациональна конструкция эжекционной камеры ВНИИДмаш-Гипродревпром (рис. 47), в которой устанавливают в коридоре управления один центробежный вентилятор с

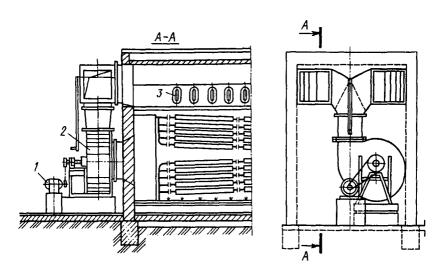


Рис. 47. Разрезы камеры ВНИИДмаш—Гипродревпром: 1—электродвигатель, 2—вентилятор, 3— щелевидная насадка

разветвленным на две части нагнетательным воздуховодом. В тройнике этого воздуховода монтируют перекидную заслонку, с помощью которой воздух направляется в правый или левый каналы.

Камера оборудуется вентилятором 2 с электродвигателем 1 мощностью 28 кВт, напорными каналами повышенного сечения с удлиненными щелевидными насадками 3. Скорость циркуляции сушильного агента в штабеле этих камер достигает 1,5 м/с.

Достоинство эжекционных камер — простота их монтажа и обслуживания, основной недостаток — большой расход электроэнергии на привод вентилятора при интенсивной циркуляции сушильного агента и равномерности сушки. Эжекционные камеры строят в стационарном исполнении. В качестве сушильного агента используют только нагретый влажный воздух.

Камеры с поперечно-вертикальной циркуляцией, осуществляемой непосредственно вентиляторами. Осевые вентиляторы располагают, как правило, в верхней части камеры, образующей вентиляторное помещение.

Камеры этого типа имеют бесспорное преимущество перед эжекционными. В них создается интенсивная циркуляция, обеспечивающая равномерное просыхание материала. При одинаковой скорости движения сущильного агента камеры потребляют электроэнергии в 2 ... 3 раза меньше по сравнению с эжекционными.

Камера ВК-4 (рис. 48) рассчитана на четыре нормальных штабеля. Горизонтальный экран 7 делит пространство камеры

на две части: сушильную зону, где находятся высушиваемые штабеля 8 пиломатериалов, и вентиляторное помещение, расположены пластинча- 2 тые калориферы 4 и съемные вентиляторно-приводные блоки, установленные в люках перекрытия. Вентиляторы 6 этих блоков снабжены цепным приводом и электродвигателями 5. По длине камеры установлено шесть таких блоков. Камера дополнительно оборудована сборными калориферами из труб 9, верти-ЧУГУННЫХ **установленных** кально штабелями между

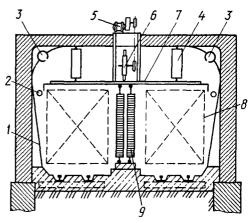


Рис. 48. Камера ВК-4: 1 — наклонные экраны, 2 — увлажнительные трубы, 3 — приточно-вытяжные каналы, 4 — пластинчатые калориферы, 5 — электродвигатели, 6 — вентиляторы, 7 — экраны, 8 — штабель, 9 — сборные калориферы

В околоштабельных каналах смонтированы наклонные экраны 1, выравнивающие скорость движения сушильного агента по высоте штабеля. Камера оснащена увлажнительными трубами 2 и системой приточно-вытяжных (вентиляционных) каналов 3.

Сушильный агент движется поперек камеры, проходя последовательно через трубы калорифера и штабель. При циркуляции по часовой стрелке в левой части вентиляторного помещения создается разрежение, а в правой — повышенное давление. В этом случае левый распределительный вентиляционный канал служит для притока свежего, а правый — для удаления отработавшего воздуха. Назначение каналов на обратное меняется при реверсировании потока. Сборная паровоздушная камера УЛ-1 (рис. 49) вместимостью в один нормальный штабель монтируется на заранее подготовленном фундаменте из пяти основных узлов: передней панели 3 с дверью, двух боковых панелей 9, задней панели 5 и верхней секции 4. Внутри этой секции смонтированы три осевых реверсивных вентилятора, калориферы 10 из биметаллических труб и увлажнительные трубы 12. При работе на

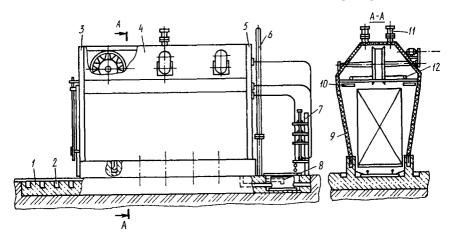


Рис. 49. Общий вид камеры УЛ-1:

1— фундамент, 2— откидные рельсы, 3— передняя панель с дверью, 4— верхняя секция, 5— задняя панель, 6— вытяжная труба, 7— щит управлення, 8— гидравлический затвор, 9— боковая панель, 10— калорифер, 11— вентиляционный канал, 12— увлажнительная труба

нагретом воздухе приток свежего и удаление отработавшего воздуха осуществляется через вентиляционные каналы 11. При работе на перегретом паре вентиляционные каналы закрыты, а вода, испаренная из древесины, удаляется в виде пара через гидравлический затвор 8.

Камера УЛ-2, вмещающая два нормальных штабеля, имеет удвоенную длину и собирается из передней, задней, четырех боковых панелей и двух верхних секций. В отличие от камеры

УЛ-1 она оборудована пластинчатыми калориферами.

К камерам этого типа относятся одноштабельные паровоздушные камеры СПВ-62. Они имеют такую же схему циркуляции, как в камерах УЛ-1 и УЛ-2, собираются из четырех однотипных стыкующихся по длине секций, каждая из которых оборудована одним осевым вентилятором и калориферами из биметаллических труб.

Кроме рассмотренных эксплуатируются сборные камеры с поперечно-вертикальной циркуляцией зарубежных фирм «Валмет» (Финляндия), «Флект» (Швеция), «Хильдебранд» (ФРГ).

Камера «Хильдебранд» (рис. 50) собрана из отдельных элементов. Каркас и щиты ограждений выполнены из профильного и листового алюминия. В вентиляторном помещении размещены десять осевых нереверсивных вентиляторов 5, за которыми установлены направляющие аппараты 6 и диффузоры 7, выравнивающие поток сушильного агента и обеспечивающие его равномер.

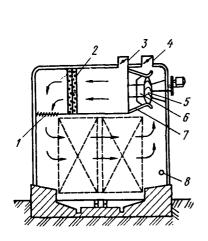


Рис. 50. Сборная камера фирмы «Хильдебранд»:

1— распределительная решетка, 2— калорифер, 3— вытяжной канал, 4— приточный канал, 5— вентилятор, 6— направляющий аппарат, 7— диффузор, 8— увлажнительная труба

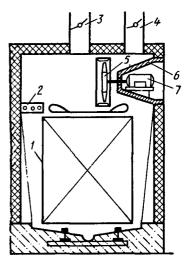


Рис. 51. Сборная камера фирмы «Флект»:

1 — штабель, 2 — калорифер, 3 — вытяжной канал, 4 — приточный канал, 5 — осевой вентилятор, 6 — кожух конусообразный, 7 — электродвигатель

ное прохождение по всей площади калориферов. За калориферами 2 в пространстве между экраном и боковой стенкой установлена распределительная решетка 1 (для выравнивания потока циркулирующего агента сушки). Вентиляция в камере обеспечивается приточным 4 и вытяжным 3 каналами, снабженными заслонками. В камере проложены два рельсовых пути. Она вмещает шесть штабелей длиной по 6 ... 6,5 м.

Камеры фирмы «Хильдебранд» оборудуются дверями различных конструкций: створными, сдвижными и подъемно-щитовыми. Сборные сушилки «Флект» (рис. 51) имеют рациональную конструкцию вентиляторного узла. Вентилятор с приводом монтируют в специальном конусообразном теплоизолированном кожухе 6. При этом осевой нереверсивный вентилятор 5 насажен непосредственно на вал электродвигателя 7, расположенного вне сушильного пространства камеры.

Камеры с поперечно-горизонтальной циркуляцией. Агент сушки в этих камерах проходит через штабель в поперечном направлении (штабель уложен без шпаций). Внутри камеры его движение проходит по замкнутой траектории, которая лежит в горизонтальной плоскости.

Камера СПЛК-1 разработана на один нормальный штабель, а камера СПЛК-2 (рис. 52)— на два штабеля. В притор-

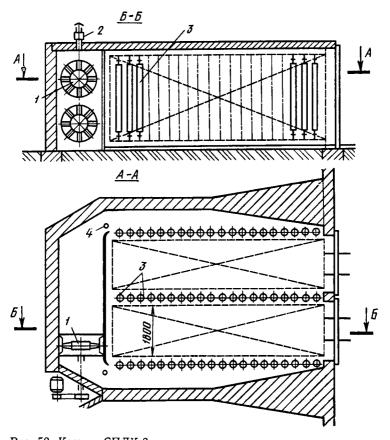


Рис. 52. Камера СПЛК-2: I — вентилятор, 2 — вентиляционные трубы, 3 — калориферы, 4 — увлажнительная труба

цовом вентиляторном помещении размещены один над другим два осевых реверсивных вентилятора 1. На перекрытии перед и за вентиляторами установлены две вентиляционные трубы 2, работающие поочередно (при реверсировании) на приток и вытяжку воздуха. Вдоль боковых стен и между штабелями смонтированы калориферы 3 из вертикально расположенных ребристых труб. Камера оборудована увлажнительными трубами 4.

При работе вентиляторов сушильный агент поступает в око-

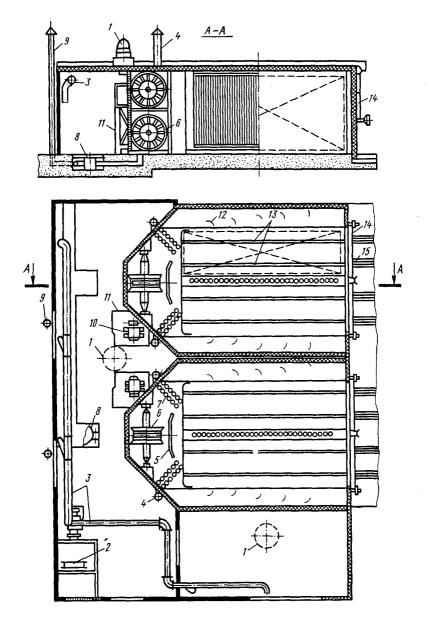


Рис. 53. Сушильный блок СПМ-2К:

— установки вытяжной вентиляции, 2— отопительно-вентиляционный агрегат, 3— воздуховоды, 4— приточно-вытяжные трубы, 5— увлажнительная труба, 6— вентиляторы, 7— биметаллические калориферы, 8— гидравлический затвор, 9— выхлопная труба, 10— электродвигатели, 11— опорная рама, 12— направляющие лопатки, 13— рельсовые пути, 14— двери, 15— съемные рельсы

лоштабельный канал, проходит последовательно через калориферы и штабеля и по второму околоштабельному каналу во-

вращается в вентиляторы.

На базе камеры СПЛК-2 разработана сборно-металлическая универсальная сушилка СПМ-2К (рис. 53), представляющая собой отдельное здание с двумя сушильными камерами и отапливаемыми коридором управления и лабораторией.

Циркуляция сушильного агента в камере осуществляется двумя осевыми реверсивными вентиляторами 6, приводимыми во вращение электродвигателями 10 через клиноременную передачу. Равномерное распределение потока по длине штабеля обеспечивают направляющие лопатки 12. В камере установлены биметаллические калориферы 7 и увлажнительные трубы 5. Штабеля закатывают по рельсовым путям 13, продолжением которых являются съемные отрезки рельсов 15. Рельсы 15 во время открывания или закрывания створных дверей 14 убирают.

При работе на влажном воздухе газообмен осуществляется через приточно-вытяжные трубы 4. При работе на перегретом паре эти трубы перекрываются герметичными задвижками, а излишек циркулирующего пара удаляется из камеры через

гидравлический затвор 8 и выхлопную трубу 9.

Коридор управления и лабораторию отапливают с помощью отопительно-вентиляционного агрегата 2. Нагретый в нем воздух распределяется воздуховодами 3 равномерно по всему объему помещения. Излишки воздуха удаляют в атмосферу установками 1 вытяжной вентиляции.

Очень часто по требованию технологии производства сушильные камеры должны располагаться в отапливаемом производственном здании. Этому требованию отвечает камера СПМ-1К, входящая в состав блока СПМ-2К как самостоятельная единица, укомплектованная необходимыми приборами и системой автоматики.

Камеры с аэродинамическим подогревом. Камеры оборудуют мощными роторными вентиляторами с низким аэродинамическим коэффициентом полезного действия. Нагревается сушильный агент в самом вентиляторе, так как при вращении его ротора значительная доля механической энергии эквивалентно преобразуется в тепловую. Тот же вентилятор одновременно осуществляет циркуляцию сушильного агента в камере.

На этом принципе работает камера УРАЛ-72 (рис. 54). В приторцовой части камеры расположен вентилятор 3 роторного типа (диаметр колеса 1000 мм), приводимый во вращение электродвигателем, вынесенным за пределы камеры. Перед всасывающим патрубком вентилятора установлен неподвижный экран, в котором имеются отверстия с жалюзийной заслонкой 4

и поворотные экраны 1. В камеру закатывается один нормальный штабель. В его торцовой части расположен второй неподвижный экран 5. Вентилятор засасывает сущильный агент через жалюзийную заслонку и подает его в циркуляционный

канал, образованный левым поворотным экраном, штабелем и стеной ка-

меры,

Далее сушильный агент проходит через штабель и опять подается к вентилятору. Правый поворотный экран 1 в этом случае открывает канал, образованный экраном 5 и экраном с жалюзийной заслонкой. Для реверсирования циркуляции левый поворотный экран открывают, а правый закрывают. При этом циркуляция будет осуществляться против часовой стрелки.

Температуру в камере регулируют изменением частоты вращения вентилятора и степенью открытия заслонки, от которой зависит потребляемая мощ-

ность.

Камера может работать на влажном воздухе и перегретом паре. Для газообмена с окружающей средой имеются приточно-вытяжные каналы 2. Недостатки камеры УРАЛ-72 — большой расход электроэнергии, невозможность проведения начального прогрева и влаготеплообработки из-за отсутствия системы увлажнения.

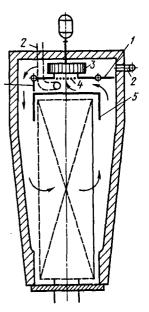


Рис. 54. Камера с аэродинамическим подогревом УРАЛ-72:

 $1,\ 5$ — экраны, 2 — вентиляционный канал, 3 — вентилятор, 4 — жалюзийная заслонка

Газовые камеры периодического действия имеют эжекционную циркуляцию. Из них наиболее распространена камера ЦНИИМОД-53 (рис. 55). По циркуляционной схеме эта камера аналогична эжекционной камере с осевыми вентиляторами. Однако сушильный агент нагревается в ней не паровыми калориферами, а непосредственным впуском топочных газов в сушильное пространство камеры. Топочные газы получают в топках при сжигании кусковых древесных отходов. Обычно одна топка обслуживает блок из четырех камер.

Топочные газы поступают по борову 1, из которого они засасываются вентилятором высокого давления в канал 2, расположенный в торцовой стене. В этот же канал подается свежий воздух через отверстие 3 и отработавший сушильный агент через отверстия 7 и 8. Полученная в канале газовоздушная смесь (при температуре около 150°C) вентилятором нагнетается в канал 5 и выбрасывается из насадок 6 в эжекционный

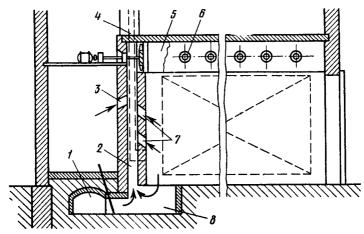


Рис. 55. Газовая камера периодического действия ЦНИИМОД-53: 1— боров, 2— вертикальный канал, 3— отверстия для притока свежего воздуха, 4— вытяжная труба, 5— нагнетательный канал, 6— насадка, 7, 8— отверстия для притока отработавшего газа

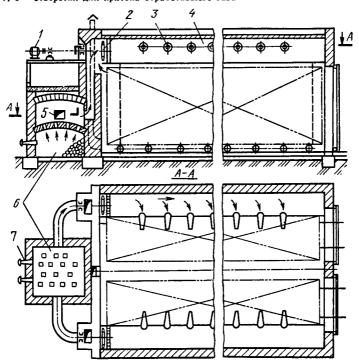


Рис. 56. Газовая камера периодического действия с индивидуальной топкой на природном газе:

1 — электродвигатель, 2 — вентилятор, 3 — насадка, 4 — нагнетательный канал, 5 — газоход, 6 — топка, 7 — горелка

воздуховод, куда дополнительно (за счет эжекции) подсасывается отработавший сушильный агент и где образуется рабочая смесь, поступающая в штабель.

В камере имеются два вентилятора и соответственно два канала 5. Одновременно работает лишь один канал. Второй перекрыт задвижкой. Реверсирование циркуляции осуществляется переключением газового потока из одного канала в другой. Излишняя отработавшая газовоздушная смесь удаляется в атмосферу через вытяжную трубу 4.

На рис. 56 показана сушильная камера (проект ВНИИД-маш), работающая на природном газе. Газ сжигается в индивидуальной (для каждой камеры) топке 6, имеющей горелки 7 инжекционного действия. Отходящие от топки газоходы 5 подключены к вертикальным каналам, расположенным в торцовой стене камеры. Эти камеры оборудованы осевыми вентиляторами. Газовые камеры периодического действия последних конструкций снабжены увлажнительными устройствами.

Достоинство газовых камер по сравнению с воздушными и паровоздушными — меньшая себестоимость сушки и пониженные капитальные затраты на строительство (примерно на 30 ... 35%), так как отпадает необходимость в котельных, паровых магистралях, калориферах. Недостаток газовых камер — сложность регулирования режима сушки при обслуживании блока камер одной топкой и отсутствие увлажнительных устройств (в камерах старых конструкций).

Технические характеристики камер периодического действия приведены в табл. 3.

Таблица 3. Технические характеристики сушильных камер периодического действия

Показатели	СПВ-62	УЛ-1	ул-2	СПЛК-2	CIIM-2K	BK-4	Эжекцион- ная Гипродрев- прома
Габаритные размеры шта- беля, м: длина ширина высота Число штабелей в камере Вместимость в условном материале, м³ Производительность в ус- ловном материале, м³/год, на режимах:	6,5 1,8 2,6 1 13,3	6,5 1,8 3,0 1 15,4	6,5 1,8 2,6 2 26,6	6,5 1,8 2,6 2 26,6	6,5 1,8 3,0 2 30,8	6.5 1.8 2.6 4 53,2	6,5 1,8 2,6 2 26,6
высокотемпературном форсированном нормальном	2900 —	3300 1950 1500	5700 3400 2600	3400 2600	3900 3000	 6800 5200	2600 2100

§ 24. КАМЕРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Камеры непрерывного действия представляют собой сооружения в виде длинного туннеля, вмешающего несколько штабелей. Штабеля пиломатериалов загружают с одного конца камеры, называемого сырым, и выгружают с противоположного, который называется сухим. Применяют два типа камер непрерывного действия: противоточные и с позонной поперечной циркуляцией сушильного агента.

Наиболее распространены противоточные камеры (рис. 57, а). Помещение камеры разделено горизонтальным экраном 7 на сушильное пространство, где размещены высушиваемые штабеля 8, и циркуляционный канал 6, в котором смонтированы осевой нереверсивный вентилятор 2 и батарея

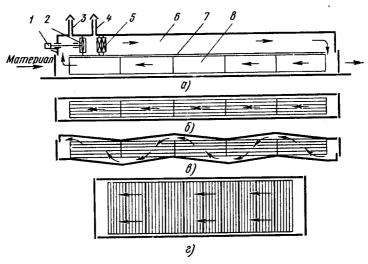


Рис. 57. Противоточная сушильная камера непрерывного действия:

a — продольный разрез, δ , s, e — варианты устройства камеры; I — электродвигатель, 2 — вентилятор, 3 — приточный канал, 4 — вытяжной канал, 5 — калорифер, 6 — циркуляционный канал, 7 — горизонтальный экран, 8 — штабель

пластинчатых калориферов 5. Вентилятор приводится в движение электродвигателем 1, расположенным за пределами помещения камеры. На перекрытии камеры перед и за вентилятором устанавливают приточный 3 и вытяжной 4 каналы.

Штабель сырых пиломатериалов, загруженный в камеру со стороны сырого (загрузочного) конца, находится в среде с повышенной степенью насыщения и относительно низкой температурой. В процессе сушки штабель периодически перемещают на новые места в направлении сухого (разгрузочного) конца

камеры, где он попадает каждый раз в среду с более высокой температурой и низкой степенью насыщения. На древесину последнего штабеля, предназначенного к выкатке, воздействует воздух с максимальной температурой и минимальной степенью насыщения. Тем самым в камере обеспечивается соблюдение рационального режима сушки (см. § 17). Так как штабеля перемещаются навстречу движению сушильного агента, то камеры и получили название противоточных.

Рассмотренный принцип работы характерен для всех противоточных камер. Однако по способу транспортировки в них штабелей и характеру движения воздуха различают три вари-

анта камер:

камеры с продольной транспортировкой штабелей и прямолинейной циркуляцией, в которых штабель занимает все поперечное сечение сушильного пространства, а пиломатериалы укладывают со шпациями (рис. 57, 6);

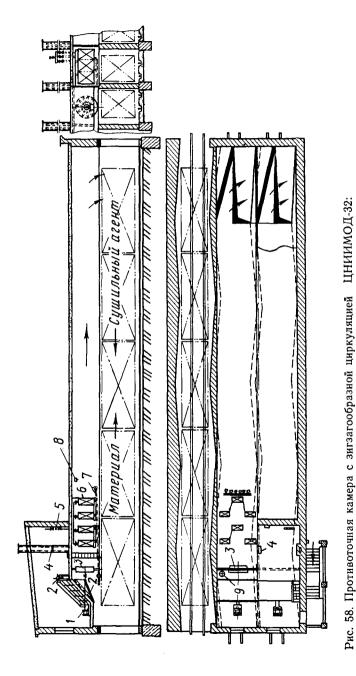
камеры с продольной транспортировкой штабелей и зигзагообразной циркуляцией (рис. 57, в); пиломатериалы укладывают в штабель без шпаций; зигзагообразные стены (или система экранов, примыкающих к прямым стенам) обеспечивают поперечную реверсивную циркуляцию воздуха по материалу; движение воздуха на схеме показано стрелками;

камеры с поперечной транспортировкой штабелей и прямолинейной циркуляцией (рис. 57, г); штабель, как и в первом варианте, занимает всю площадь поперечного сечения сушильного пространства, но движение воздуха относительно штабеля поперечное, поэтому пиломатериалы укладывают в штабеля без шпаций.

Камеры с продольной транспортировкой штабелей и прямолинейной циркуляцией ЦНИИМОД-24, ЦНИИМОД-34 и НС-4 построены в стационарном исполнении в небольшом количестве, в связи с нерациональной схемой циркуляции (требующей укладки пиломатериалов со шпациями) широкого применения не получили и к новому строительству не рекомендуются.

Камеры с зигзагообразной циркуляцией ЦНИИМОД-32 (рис. 58) строят в стационарном исполнении. Для обеспечения качественной сушки пиломатериалов в этих камерах необходимо тщательно формировать штабель, строго соблюдая требуемые габаритные размеры для предотвращения утечек воздуха между выступами боковых стен и боковой поверхностью штабеля, а также между потолком и верхом штабеля. При длине камеры 44 м она вмещает шесть нормальных штабелей.

Наиболее распространенными являются камеры ЦНИИ-МОД-49 (рис. 59) с поперечной транспортировкой штабелей. Эти камеры изготовляют в стационарном исполнении. Они имеют относительно короткий (24 м), но широкий (≈7 м) туннель, вмещающий 11 нормальных штабелей. Циркуляция



1—электродвигатель, 2—щит для регулирования скорости циркуляции воздуха с лебедкой, 3—вентилятор, 4—вытяжная труба, 5—парораспределительный коллектор, 6—калорифер, 7—увлажнительная труба, 8—датчики дистанционного психрометра, 9—конденсатоотводчик

воздуха осуществляется тремя осевыми вентиляторами 2. Для привода вентиляторов применены четырехскоростные электродвигатели 1, что дает возможность создавать в зависимости от характеристик высушиваемого материала различную скорость циркуляции сушильного агента. Воздух в камере нагре-

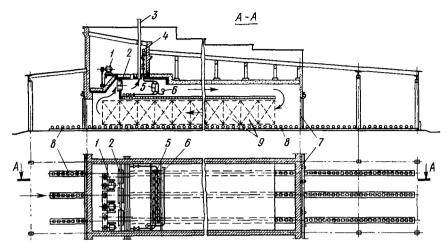


Рис. 59. Камера ЦНИИМОД-49:

1 — электродвигатель, 2 — вентилятор, 3 — вытяжная труба, 4 — паропровод, 5 — калорифер, 6 — увлажнительная труба, 7 — дверь, 8 — роликовая шина, 9 — штабеля

вается батареей пластинчатых калориферов. Штабеля 9, уложенные на швеллерные подштабельные балки, перемещаются по трем роликовым конвейерам, имеющим уклон 1:100 в направлении сухого конца камеры.

К сборным противоточным камерам с поперечной транспортировкой штабелей относятся камера СП-5КМ и камера фин-

ской фирмы «Валмет».

Камера СП-5КМ (рис. 60) по принципу работы и планировке аналогична камере ЦНИИМОД-49. Она предназначена для сушки пиломатериалов при пониженной (40 ... 55°С) температуре. Циркуляция сушильного агента осуществляется тремя осевыми вентиляторами 5, расположенными вместе с электродвигателями в циркуляционном канале 6. Воздух засасывается вентиляторами из сырого конца камеры, нагревается в калорифе 4, поступает в сушильное пространство и проходит последовательно через все штабеля со скоростью до 4 м/с.

Для вентиляции камеры, т. е. притока свежего и выброса отработанного воздуха, используется теплообменник, назваемый рекуператором. Отработавший воздух вспомогательным осевым вентилятором рекуператора 7 отсасывается из камеры через трубу 8, омывает теплообменные трубки рекуператора, подо-

гревая при этом свежий воздух, и затем выбрасывается в атмосферу. Свежий воздух за счет разрежения в циркуляционном канале 6 поступает через отверстие в корпусе рекуператора, проходит через теплообменные трубки и попадает в камеру через приточную трубу.

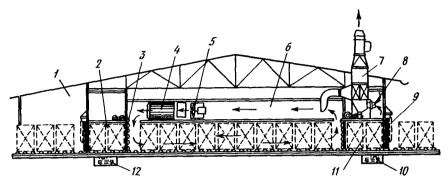


Рис. 60. Камера СП-5КМ:

1 — навес, 2 — отсек выдержки материала, 3 — шторная дверь, 4 — калорифер, 5 — вентилятор с приводом, 6 — циркуляционный канал, 7 — рекуператор, 8 — вытяжная труба, 9 — щитовая сдвижная дверь, 10 — механизм загрузки, 11 — отсек начального прогрева, 12 — механизм выгрузки

Целесообразность установки рекуператора обосновывается тем, что для камер, работающих при пониженной температуре, необходим интенсивный воздухообмен с атмосферой; подогрев в этом случае свежего воздуха отработавшим экономит 15 ... 20% тепловой энергии. В камерах, которые работают при повышенной температуре, экономия теплоты незначительна, поэтому рекуператоры в них не ставят.

В сыром и сухом концах камера имеет отсеки 11 и 2 для для начального прогрева и выдержки сухой древесины, которые отделены от сушильного пространства шторными подъемными дверями 3, наличие которых позволяет загружать и выгружать штабеля без нарушения установившегося режима сушки.

Камера «Валмет» имеет сходную конструкцию с камерой СП-5КМ, однако в отличие от последней не имеет отсеков для

начального прогрева и выдержки сухой древесины.

Крупные предприятия, строящиеся в районах Сибири и Дальнего Востока, оснащаются камерами СМ-4К и «Валмет-3», рассчитанными на крупногабаритные штабеля шириной 2 и высотой 5 м. Сушилка СМ-4К (рис. 61) представляет четырех-камерный блок, монтируемый внутри специального помещения. Рекуператор 4 расположен перед вентиляторным агрегатом 5. Подача свежего воздуха в рекуператор осуществляется за счет разрежения, создаваемого циркуляционными вентиляторами,

а удаление отработавшего воздуха — принудительной вентиляцией через трубы 3. В этой камере предусмотрена возможность изменения количества циркулирующего воздуха; для этого вентиляторные агрегаты снабжены двухскоростными электродвигателями и жалюзийными заслонками.

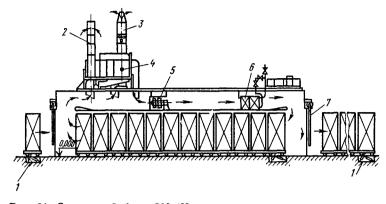


Рис. 61. Сушильный блок СМ-4К:

1 — упор для остановки штабелей, 2 — приточные трубы, 3 — вытяжные трубы, 4 — рекуператор, 5 — вентиляторный агрегат, 6 — пластинчатые калориферы, 7 — дверь с кареткой

Для камер СМ-4К и «Валмет-3» допускается формировать штабеля на прокладках толщиной 32 мм (а не 25 мм, как в

других камерах), что несколько снижает их аэродинамическое сопротивление.

 $C\Pi$ -5KM, камерах «Валмет» и СМ-4К для более плавного регулирования температуры теплоснабжение делают не паровым, а пароводяным. Через калориферы камеры циркулирует вода, которая нагревается паром в теплообменнике 10 (рис. 62), обслуживающем несколько камер. Вода из калорифера 3 подается насосом 2 в холодную магистраль 11, а затем в теплооб-

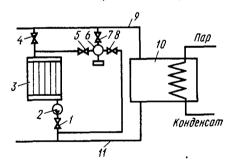


Рис. 62. Схема пароводяной системы теплоснабжения калориферов:

1, 4, 5, 7, 8— вентили, 2— насос, 3— калорифер, 6— автоматический клапан, 9— горячая магистраль, 10— теплообменник, 11— холодная магистраль

менник 10, нагревается в нем и поступает в горячую магистраль 9; из нее вода направляется в калориферы, а затем обратно в холодную магистраль.

Предусмотрено ручное и автоматическое регулирование температуры. При ручном регулировании вентили 8, 7, 5 закрыты.

Вода из горячей магистрали проходит в калорифер через вентиль 4, степенью открытия которого и регулируют температуру. При автоматическом регулировании температуры вентиль 4 закрыт, а вентили 5, 7 и 8 открыты. В калорифер подается смесь нагретой и охлажденной воды. Пропорция смеси, а следовательно, и температура регулируются автоматическим клапаном 6. Вентиль 1 служит для стабилизации давления в калорифере.

В камерах с позонной поперечной циркуляцией предусматривается позонное регулирование состояния воздуха, т. е. автономное поддержание в сыром конце камеры пониженной температуры и повышенной степени насыщения по сравнению с сухим концом. Многозонная камера фирмы «Флект» (Швеция) с продольной транспортировкой штабелей и вертикально-поперечной циркуляцией сушильного агента показана на рис. 63. Вентиляторы 3 с электродвигателем 2 и калориферы 4 размещаются в рециркуляционном канале. Два-три вентилятора обслужи-

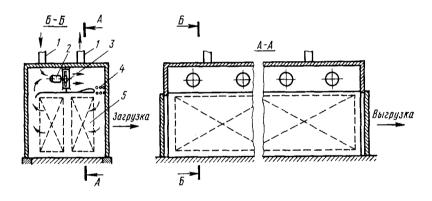


Рис. 63. Камера с позонной циркуляцией фирмы «Флект»: 1 — приточно-вытяжные каналы, 2 — электродвигатель, 3 — вентилятор, 4 — калориферы, 5 — штабель

вают определенную зону по длине камеры, в которой путем регулирования подачи пара в калориферы и кратности воздухообмена автоматически поддерживается заданное состояние сушильного агента. Таких зон в камере «Флект» шесть. В камерах этого типа имеются оптимальные условия просыхания пиломатериалов с их прогревом после загрузки в камеру, кондиционированием и охлаждением перед выгрузкой из камеры. Опыт эксплуатации этих камер показывает возможность бездефектной сушки пиломатериалов даже твердых лиственных пород (ясеня, дуба) толщиной 40 ... 50 мм.

Во всех камерах непрерывного действия одновременно можно сушить лишь однородные по характеристике пиломатериалы.

На рис. 64 приведена конструктивная схема газовой камеры непрерывного действия системы И. В. Кречетова, в которой используется противоточная зигзагообразная циркуляция (по

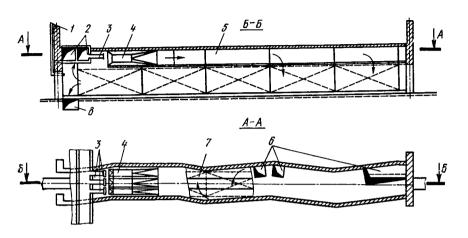


Рис. 64. Противоточная газовая камера непрерывного действия:

1 — вытяжная труба, 2 — газораспределительные каналы, 3 — насадки, 4 — диффузор, 5 — циркуляционный канал, 6 — отверстия для прохода газа в сушильное пространство, 7 — штабель, 8 — отводной канал

типу камеры ЦНИИМОД-32). Циркуляция сушильного агента осуществляется эжекционной установкой, расположенной в циркуляционном канале 5 со стороны сырого конца камеры.

Сушильный блок состоит из пяти — десяти камер с общей полугазовой топкой, работающей на древесных отходах, и общим центробежным вентилятором на пять камер (на десять камер — два вентилятора). Топочные газы из топки попадают в камеру, где смешиваются со свежим воздухом и отработавшим сушильным агентом. Полученная смесь, имеющая температуру 150 ... 200°С, подается вентилятором в газораспределительный канал 2 (топка, камера смешения и вентилятор эжекционный на схеме не показаны), проходящий через все камеры. Из канала 2 эта смесь через насадки 3 выбрасывается в рециркуляционно-смесительный диффузор 4, где к ней подмешивается агент сушки, поступивший из сырого конца суотработавший шильного пространства камеры. Образовавшаяся рабочая газовоздушная смесь температурой 90 ... 105°C проходит по каналу 5, попадает через отверстия 6 в горизонтальном экране в сухой конец камеры и зигзагами движется через все штабеля 7.

Таблица 4. Технические характеристики сушильных камер и блоков непрерывного действия

Показатели В ТОО ИИИ НП Показатели В ТОО ИИИН НП В ТОО ИИИН НП В ТОО ИИИИН НП В ТОО ИИИИИН НП В ТОО ИИИИИИН НП В ТОО ИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИИ							
меры штабеля, м: длина	Показатели		цниимод-49	сп-5км	«Валмет-1,2»	CM-4K	«Валмет-3»
мягком — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	меры штабеля, м: длина ширина высота Число штабелей в камере Вместимость в условном материале, м³ Производительность камеры в условном материале, м³/год, на режимах: нормальном мягком Число камер в блоке Производительность блока в условном материале на мягких ре-	1,8 2,6 7 93	1,8 2,6 11 146	10 149 	1,8 2,8 10 149	2,0 5,0 12 308	308 17100 5

В сыром конце большая часть газа (около 85%) идет на рециркуляцию, а остальная часть по каналу 8 поступает в камеру смешения. Излишки отработавшего сушильного агента удаляются через вытяжную трубу 1.

Краткие технические характеристики камер непрерывного

действия приведены в табл. 4.

§ 25. ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА СУШИЛЬНЫХ КАМЕР

При многообразии камер периодического и непрерывного действия встает вопрос о правильном выборе того или иного типа камеры для конкретного предприятия. Однозначные рекомендации, однако, не могут быть даны по причине большого разнообразия продукции деревообрабатывающих предприятий и различных требований, предъявляемых к ней. В этой связи могут быть даны лишь принципы выбора типа камеры.

Рассмотрим вкратце вопрос о том, как классифицируются высушиваемые пиломатериалы и каково их назначение. Все высушиваемые пиломатериалы подразделяют по качественным признакам. Всего установлено четыре категории качества сушки.

I, II и III категории качества предусматривают сушку пиломатериалов до средней эксплуатационной влажности (7 ... 12%) готовых изделий, при этом они должны обеспечивать:

I категория — возможность механической обработки и сборки деталей по ГОСТ 6449.1—82 для высокоточных составных частей изделий (соединения механики клавишных инструментов, точное машиностроение и приборостроение, деревянные строительные клееные несущие конструкции, производство моделей, лыж);

II категория — механическую обработку и сборку деталей по ГОСТ 6449.1—82 для ответственных составных частей изделий (мебельное производство, футляры для радио- и телеаппаратуры, корпуса клавишных инструментов, столярно-строительные изделия, деревянные строительные ограждающие конструкции, пассажирское вагоно- и автостроение и т. п.);

III категория — механическую обработку и сборку деталей по ГОСТ 6449.1—82 для менее ответственных составных частей изделий (фрезерованные, столярно-строительные изделия, товарное вагоностроение, сельхозмашиностроение, рядовая тара

и т. п.).

Нулевая категория обеспечивает сушку пиломатериалов и заготовок, в том числе экспортных, до транспортной влажности (18 ... 25%).

Все деревообрабатывающие предприятия в соответствии с данной классификацией могут быть условно разбиты на две группы:

предприятия (лесозаводы, лесокомбинаты), у которых готовой продукцией являются товарные пиломатериалы; их сушка ведется в соответствии с нулевой категорией качества;

предприятия по производству изделий из древесины (в том числе мебельные), которые потребляют пиломатериалы различных пород и разнообразных размеров, высушиваемые по I, II и III категориям качества.

Сушка пиломатериалов по I и II категориям качества предусматривает снятие остаточных деформаций путем влаготеплообработки. Поэтому на предприятиях второй группы, на которых сушка ведется по этим категориям, целесообразно применять воздушные и паровоздушные камеры периодического действия.

На предприятиях небольшой производственной мощности как первой группы, так и второй, выпускающих изделия, не требующие точной механической обработки (III категория ка-

чества), можно применять камеры периодического действия, в том числе газовые.

На предприятиях первой группы, как правило, целесообразно

использовать камеры непрерывного действия.

В результате испытаний сушильных камер, проведенных ЦНИИМОДом, ВНИИДревом и МЛТИ, принято считать перспективными следующие камеры.

Для сушки товарных пиломатериалов до транспортной

влажности:

на предприятиях большой производственной мощности — противоточные камеры непрерывного действия с поперечной транспортировкой штабелей (ЦНИИМОД-49, СП-5КМ, «Валмет», СМ-4К);

на предприятиях средней производственной мощности — противоточные камеры непрерывного действия с зигзагообраз-

ной циркуляцией (ЦНИИМОД-32).

Для сушки пиломатериалов до эксплуатационной влажности:

на предприятиях, имеющих пароснабжение,— камеры периодического действия с реверсивной циркуляцией, осуществляемой непосредственно осевыми вентиляторами (ВК-4, СПЛК-2, СПЛК-1, СПВ-62М, УЛ-1, УЛ-2, СПМ-2К, СПМ-1К);

на мелких предприятиях, не имеющих пароснабжения, — камеры с аэродинамическим подогревом (УРАЛ-72); при необходимости влаготеплообработки эти камеры следует снабжать небольшими парогенераторами низкого давления.

В отдельных случаях возможны отступления от приведенных рекомендаций. В частности, можно применять камеры непрерывного действия для сушки до эксплуатационной влажности пиломатериалов, имеющих однородные характеристики и не требующих влаготеплообработки.

Контрольные вопросы. 1. Что представляет собой сушильная камера? 2. Что является ограждениями сушильных камер? Дайте характеристику этим ограждениям. 3. Какие типы дверей используют в сушильных камерах? 4. В каких случаях штабель укладывают без шпаций и со шпациями? 5. Каковы устройство и принцип действия эжекционной сушильной камеры? 6. Каковы устройство и принцип действия камер с поперечно-вертикальной циркуляцией, с поперечно-горизонтальной циркуляцией? 7. В чем особенность конструкции и каков принцип действия камеры с аэродинамическим подогревом? 8. Расскажите об устройстве и принципе работы газовой камеры периодического действия. 9. Каков принцип работы противоточных камер? 10. В чем особенность камер с позонной циркуляцией? 11. Какие камеры могут быть рекомендованы для сушки пиломатериалов до транспортной и эксплуатационной влажности?

ГЛАВА VI

ТРАНСПОРТ В ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ ЦЕХАХ

Понятие транспорт означает совокупность транспортных операций, транспортных средств и системы организации транс-

портных работ в сушильном цехе.

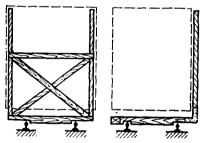
К основным транспортным операциям относятся: подвоз пиломатериалов, подлежащих сушке, на место формирования штабелей; формирование сушильных штабелей; закатка штабелей в камеру и выкатка из них; подача штабелей на склад сухих пиломатериалов и их размещение на складе; расформирование сушильных штабелей; подача сухих пиломатериалов в цех последующей обработки или на склад готовой продукции.

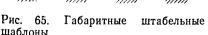
§ 26. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ФОРМИРОВАНИЯ ШТАБЕЛЕЙ

В технике камерной сушки пиломатериалов применяют штабеля двух типов: пакетный, формируемый из нескольких (2...4) сушильных пакетов, и цельный, собираемый целиком на месте его формирования.

Штабель или пакет пиломатериалов необходимо выкладывать правильной геометрической формы— в виде параллелепипеда. Боковые и торцовые поверхности должны быть строго вертикальны.

В один штабель: укладывают доски только одной породы и одной толщины. По влажности загружаемые пиломатериалы следует сортировать на сырые и воздушно-сухие, не смешивая их в одном штабеле. Необрезные доски укладывают комлями в разные стороны.





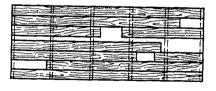


Рис. 66. Укладка пиломатериалов в горизонтальном ряду штабеля

Основание штабеля должно быть строго горизонтальным и достаточно жестким. Для укладки штабеля требуемой ширины и высоты следует пользоваться габаритными штабельными шаблонами (рис. 65). Недогрузка штабеля по высоте недопустима, так как за счет больших утечек сушильного агента через пространство над штабелем резко снижается скорость цир-

4--56

куляции в самом штабеле. Это приводит к увеличению сроков сушки и в некоторой степени к неравномерному просыханию материала. Разные по длине доски укладывают вразбежку, причем самые длинные— по краям. Такая укладка предохраняет концы досок от коробления. Стыкуемые доски (длина которых меньше половины длины штабеля) располагают не менее чем на двух прокладках, при этом внешние торцы выравнивают по торцам штабеля (рис. 66).

Если горизонтальный ряд штабеля формируют из разных по ширине досок, то узкие укладывают в середину, а широкие— по краям. Если по ширине штабеля не уменьшается целое число досок, в середине ряда оставляют зазор. Заготовки следует класть торцами впритык и на место стыка укладывать прокладки. Допускается вместо прокладок применять те же заготовки, но при условии, что их толщина не превышает 32, а ширина — 70 мм.

Прокладки, используемые для формирования штабелей, подразделяются на межрядовые, которые разделяют горизонтальные ряды пиломатериалов штабеля или пакета, и межпакетные, служащие для разделения пакетов при формировании пакетного штабеля.

Для межрядовых прокладок используют строганые высушенные рейки толщиной 25, шириной 40 ... 50 мм. Межпакетные прокладки изготовляют из строганых сухих брусьев с поперечным сечением 75×75 или 100×100 мм². Отклонение от принятых размеров допускается не более: по толщине ± 1 , по ширине ± 2 мм.

Прокладки при формировании штабеля необходимо укладывать строго вертикально, одну над другой. Крайние прокладки должны быть расположены заподлицо с торцами штабеля, что уменьшает опасность растрескивания торцов. Для того чтобы избежать коробления и провисания досок, необходимо укладывать определенное количество прокладок по длине штабеля, которое зависит от породы древесины, толщины и длины укладываемых пиломатериалов (табл. 5).

Таблица 5. Число прокладок в горизонтальном ряду пиломатериалов по длине штабеля

Толщяна пяломатерналов, мм	1	Хвойные по	роды	Лиственные породы			
	Длина пакета или штабеля, м						
	2,5	4,04,5	6,56,8	2,5	4,04,5	6,56,8	
1619 2225 3240 50 и более	5 5 4 3	8 7 5	12 10 7 6	7 6 5 4	10 9 7 5	14 12 9	

Прокладки хранят в контейнерах, где их укладывают параллельно. Контейнеры устанавливают в местах, защищенных от атмосферных осадков.

Перед укладкой прокладки осматривают и при необходимости штангенциркулем проверяют поперечные размеры. Прокладки, которые имеют отклонения от принятых размеров, а также деформированные и поломанные, применять не разрешается.

Основанием штабеля наиболее часто служат специальные рельсовые вагонетки, собраные из треков. Трек представляет собой двухколесную тележку (рис. 67, а), установленную на один рельс. Его колеса 1, имеющие реборды, закреплены между двумя швеллерами, составляющими раму 2. Применяют треки длиной 1,8 м и укороченные (1,4 м).

Штабель для камер с продольной транспортировкой формируют на трех парах треков, причем одна пара— из укороченных треков (рис. 67, б). Два парных трека связывают поперечными

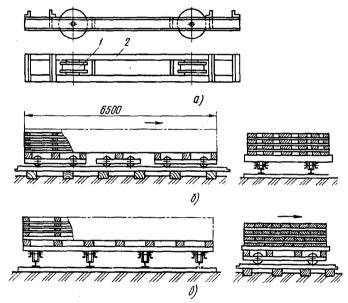


Рис. 67. Укладка штабелей на трековые тележки и устройство трека:

a — общий вид трека, δ — укладка штабеля на трековую вагонетку при продольной транспортировке, a — то же, при поперечной транспортировке; l — колесо трека, 2 — рама

подштабельными брусьями, образующими основание штабеля. Для камер с поперечной транспортировкой штабель укладывают на вагонетку, собранную из четырех — шести треков (рис. 67, в), которые связывают длинными, соответствующими длине материала балками. На балки дополнительно кладут короткие

продольные (вдоль пути) бруски, формирующие основание штабеля.

Вместо треков можно применять узкоколейные вагонетки минимальной высоты, с тем чтобы лучше использовать сушильное пространство камеры. Обычно высота трековой вагонетки (расстояние от головки рельса до низа штабеля) не превышает 260 м. Ширина рельсовых путей в сушильных цехах 1000 мм.

В камерах с поперечной транспортировкой ЦНИИМОД-49, СП-5КМ, «Валмет» штабель перемещается по роликовым шинам (см. рис. 59, а), которые в количестве 4—5 шт. по ширине укрепляют на полу вдоль всей камеры и выводят через двери на открытые площадки загрузочного и разгрузочного фронтов сушильного блока. Основанием штабеля в этом случае служат отрезки металлических балок, имеющих специальный профиль (см. рис. 59, б), или отрезки швеллеров, уложенных на шины корытом вниз.

§ 27. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ШТАБЕЛЕЙ

Формирование целым штабелем осуществляют либо путем ручной укладки, либо на вертикальных подъемниках.

При ручной укладке пиломатериалов в нормальный штабель наиболее трудоемко формировать его верхнюю часть, когда доски приходится поднимать на высоту до 3 м.

Один из простейших приемов, облегчающих труд рабочих, укладка верхней половины штабеля с эстакады (рис. 68), имею-

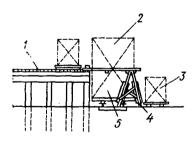


Рис. 68. Укладка штабеля с эстакады:

1 — эстакада, 2 — верхняя часть штабеля, 3 — плотный пакет пиломатериалов, 4 — приставные козлы с трапом, 5 — нижняя часть штабеля

щей высоту около 1,5 м над уровнем земли. Вдоль эстакады прокладывают рельсовый путь длиной на один или два штабеля. Первоначально с земли на трековых вагонетках выкладывают нижнюю часть штабеля 5 до высоты 1,6...1,8 м, а затем с эстакады 1— верхнюю часть 2. Плотные пакеты 3 пиломатериалов подают на эстакаду автопогрузчиками, электроталями и другими грузоподъемными устройствами.

Для облегчения укладки верхней части штабеля иногда используют штабелеры (рис. 69).

Основное устройство для форми-

рования целого штабеля— вертикальный подъемник или погрузочный лифт. Вертикальный подъемник (рис. 70) устанавливают в котловане (глубиной около 3 м). Он представляет собой платформу 3, укрепленную на четырех подъемных винтах 2 с

упорными подшипниками. Винты получают вращение от валов 4 и редуктора от электродвигателя 5 (в некоторых конструктивных вариантах используется цепная передача). Платформа может перемещаться вверх и вниз.

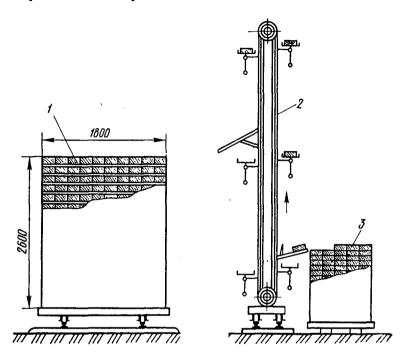


Рис. 69. Укладка штабеля с помощью штабелера: I — штабель, 2 — штабелер, 3 — плотный пакет пиломатериалов

Штабель на вертикальном подъемнике формируют следующим образом. К подъемнику подвозят плотный пакет пиломатериалов. Платформа находится в исходном верхнем положении. По рельсам, которыми оборудована платформа, закатывают заранее подготовленные вагонетки.

Двое рабочих берут доски из плотного пакета и укладывают их на вагонетки, формируя один за другим ряды штабеля. По мере роста высоты штабеля платформу постепенно опускают, а фронт работ поддерживают на наиболее удобном уровне. После окончания укладки платформу поднимают до уровня пола и штабель скатывают с нее на примыкающий к котловану рельсовый путь. Подъемник можно использовать и для разборки штабелей. В этом случае ход работы обратен описанному выше.

При формировании штабеля на подъемнике горизонтальное перемещение и раскладка досок производятся вручную. Эти операции тяжелы и трудоемки. Однако при правильной организации процесса (см. § 28) труд рабочих существенно облегчается, а производительность труда по сравнению с ручной укладкой повышается в 2 . . . 3 раза.

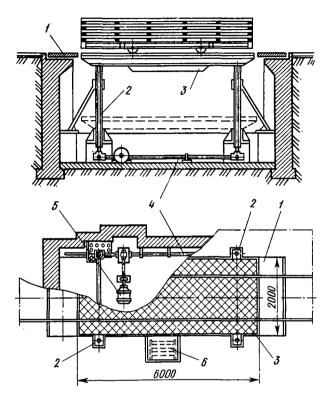


Рис. 70. Вертикальный подъемник: 1— настил, 2— подъемные винты, 3— платформа, 4— валь привода, 5— электродвигатель, 6— люк лаза в котлован

Пакетный способ формирования штабелей основан на следующем. Предварительно формируют часть штабеля — сушильный пакет. Пиломатериалы в сушильные пакеты укладывают вручную или на пакетоформирующих машинах. Собственно штабель формируют путем установки пакетов один на другой с помощью обычных подъемно-транспортных механизмов (электроталей, автопогрузчиков, кранов).

Формирование штабеля из двух пакетов с помощью автопогрузчика с вилочными захватами показано на рис. 71.

Пакетный способ формирования штабелей более производителен и экономичен по сравнению со способом укладки целым штабелем. При пакетном способе даже ручная укладка облегчается и ускоряется. Подготовка сушильных пакетов при ручной

укладке может одновременно проводиться в нескольких местах сушильного цеха из различных пиломатериалов. Формировать сушильный пакет можно на сортировочной площадке лесопильного цеха.

Механизирова н н о е формирование пакетов осуществляется на пакетоформирующих машинах ПФМ-10 (рис. 72), на когорых собирают пакеты со шпациями и без шпаций. Плотный пакет сырых пиломатериалов цепным конвейером 1 подает-

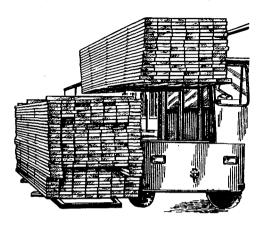


Рис. 71. Формирование штабелей из двух пакетов автопогрузчиком

ся на роликовый конвейер 2. Кронштейнами наклонного подъемника 3 пакет снимается с роликового конвейера. При наклоне подъемника и подъеме пакета доски с него ряд за рядом соскальзывают на приемный конвейер 4, а затем попадают на наклонный конвейер 5 с упорами.

По наклонному конвейеру 5 доски подаются на цепи горизонтального конвейера 6, при движении по которому они выравниваются по правому торцу роликовым торцеравнителем 7. Далее доски через механизм поштучной подачи 8 поступают на второй горизонтальный конвейер 9 с разновысокой цепью, попадая в его высокие и низкие ячейки. Доски, находящиеся в нижних ячейках, выравниваются по левому торцу вторым торцеравнителем 10. Конвейер 9 направляет доски на цепи щитонаборного конвейера 11. Когда перемещаемый конвейером щит достигнет требуемой ширины, вводится в действие механизм перемещения каретки 12. С помощью каретки 12 и цепей на поднимающихся рычагах собранный щит укладывается на прокладки формируемого пакета.

При возвращении каретки с рычагами в исходное положение включается привод кассетного механизма 13, который выдает на только что уложенный щит прокладки. После этого кронштейны 15 вертикального подъемника опускаются на высоту одного ряда пакета. Полностью сформированный пакет поступает на роликовый конвейер 16 и удаляется из машины. Про-

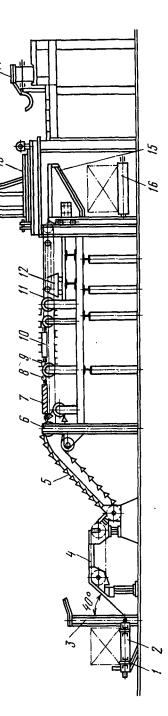


Рис. 72. Пакетоформирующая машина ПФМ-10:

1 — цепной конвейер, 2, 16 — роликовые конвейеры, 3 — наклонный подъемник, 4 — приемный конвейер, 5 — наклонный конвейер, 6 — ворязонтальный конвейер, 7 — правый торцеравнитель, 8 — механизм поштучной подачи досок, 9 — горизонтальный конвейер с разновысокой цепью, 10 — мерай торцеравнитель, 11 — щитонаборный конвейер, 12 — каретка, 13 — механизм выдачи прокладок, 14 — конвейер подачи прокладок, 15 — кронштейн вертикального полъемника

кладки к кассетному механизму подаются по конвейеру 14. Пропускная способность машины 30 досок в минуту, длина формируемых пакетов 4,3; 5,8; 6,8 м, ширина от 1,2 до 1,9 м, высота до 1,5 м.

Транспортировка сушильных штабелей с одного рельсового пути на другой, загрузка и разгрузка камер в сушильных цехах осуществляются с помощью траверсной тележки (рис. 73), ко-

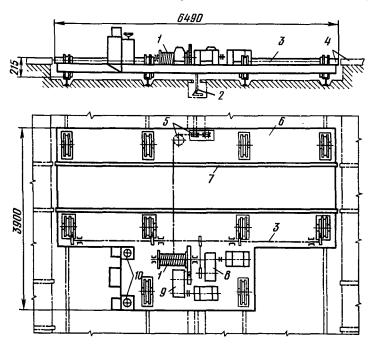


Рис. 73. Траверсная тележка ЭТ2-6,5: I — лебедка, 2 — кабель электропитания, 3 — вал механизма передвижения, 4, 7 — рельсы, 5 — блоки, 6 — платформа, 8 — привод механизма передвижения, 9 — привод лебедки, 10 — пульты управления лебедкой и механизмом передвижения

торая движется вдоль фронта сушильных камер по трех- или четырехниточному рельсовому пути, уложенному в углублении, называемом траверсной траншеей. Штабель на траверсную тележку закатывается по рельсовому пути, находящемуся на ее платформе. Уровень рельсов этого пути должен соответствовать уровню рельсов камерных или складских путей.

Электрифицированные траверсные тележки ЭТ2-6,5 оборудованы механизмом передвижения и грузовой тросовой лебедкой с блоками для перемещения штабелей. Грузоподъемность тележки 15 т, скорость движения 0,36 м/с, скорость тягового троса 0,13 м/с, суммарная мощность установленных электродвига-

телей (механизма перемещения и лебедки) 8,5 кВт. На предприятиях эксплуатируются и другие электрифицированные тележки (ЭТ-4,5; ЭТ-20; ЭТ-20-П), которые отличаются от рассмотренной конструктивным оформлением и размерами. Некоторую особенность конструкции имеет тележка ЭТ-20-П, которая снабжена портальным подъемником для формирования штабеля из сушильных пакетов. Подъемник смонтирован на платформе тележки.

§ 28. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ В СУШИЛЬНОМ ЦЕХЕ. ПЛАНИРОВКА ЦЕХА

Сушильный цех представляет собой блок из нескольких (до 15 и более) камер. В цехе, оборудованном камерами периодического действия, вдоль их переднего фронта (со стороны загрузочных дверей) и в смежных помещениях расположены транспортные устройства, места для формирования и хранения штабелей и служебно-бытовые помещения. Вдоль заднего фронта камер обычно расположен коридор управления, в котором установлены привод вентиляторов и контрольно-регулирующие устройства.

В цехе, имеющем камеры непрерывного действия, которые снабжены дверями с сырого и сухого концов, оба фронта заняты транспортными механизмами. Коридор управления в таком цехе обычно расположен вдоль сырого загрузочного фронта камер в чердачной части здания. К камерам примыкают служебно-бытовые помещения.

Характер планировки сушильного цеха определяется не только принципом действия камер, но и принятой системой погрузочно-транспортных работ. В сушильных цехах в основном применяют две системы: целого штабеля и единого пакета.

Рассмотрим особенности погрузочно-транспортной системы целого штабеля. В сушильном цехе, оснащенном камерами периодического действия, планировка которого дана на рис. 74, а, штабель пиломатериалов формируют на подъемнике 3. Затем его закатывают в камеру 2 и выкатывают из нее с помощью траверсной тележки 4. Ею же подают штабель на склад сухих пиломатериалов 6 и со склада по мере надобности в деревообрабатывающий цех, где перед станком первичной обработки установлен второй подъемник 8. При таком варианте все транспортные операции выполняются лебедкой 9 (рис. 74, 6) траверсной тележки с использованием комплекта блоков 10.

В цехах с камерами непрерывного действия применяют аналогичную систему транспорта, однако в этом случае требуется

две траверсных тележки (рис. 75).

Плотный пакет 6 сырых пиломатериалов по продольному конвейеру и роликовому конвейеру 7 подается на кронштейны

наклонного подъемника. При наклоне платформы и подъеме пакета доски поштучно попадают на горизонтальный конвейер 8 и перемещаются им к вертикальному подъемнику 9, на котором двое рабочих укладывают штабель. Сформированный штабель 10 с помощью траверсной тележки поступает в камеру 1,

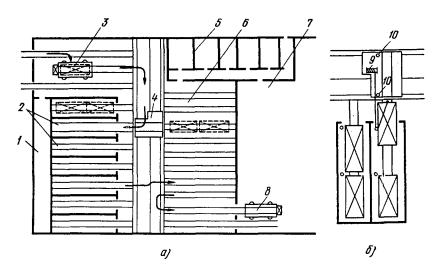


Рис. 74. Планировка сушильного цеха, оснащенного камерами периодического действия:

a — планировка цеха, δ — схема загрузки штабеля в камеру с помощью траверсной тележки; l — коридор управления, 2 — камеры, 3 — подъемник для формирования штабелей, 4 — траверсная тележка, 5 — служебно-бытовые помещения, δ — склад сухих пиломатерналов, 7 — деревообрабатывающий цех, δ — подъемник для разборки штабелей, 9 — лебедка, 10 — блоки (стрелками показано направление движения пиломатериалов в цехе)

а штабель высушенных пиломатериалов 4 из камеры второй траверсной тележкой (со стороны сухого конца камеры) транспортируется на подъемник 3. Подъемник для разборки штабелей оборудован приспособлением для сдвигания ряда досок на наклонный участок конвейера 5. Цепным поперечным конвейером 5 доски подают на место формирования плотного пакета сухих пиломатериалов. Прокладки, освободившиеся при расформировании штабеля, конвейером 2 перемещаются к подъемнику 9, на котором собирается штабель.

При системе единого пакета штабель формируют из сушильных пакетов. Пакеты на прокладках в этом случае целесообразно укладывать на сортировочной площадке лесопильного цеха приемного склада пиломатериалов (при их поставке другим предприятием). Сушильные пакеты до их поступления в деревообрабатывающий цех не разбираются. Первоначально они могут поступать на склад атмосферной сушки,

а затем для сушки на площадку сборки штабелей сушильного цеха. Сборка штабеля из пакетов осуществляется электроталями, кран-балками или автопогрузчиками. В камерах периодического и непрерывного действия с продольной транспортировкой штабель перемещается на трековых вагонетках с помощью ле-

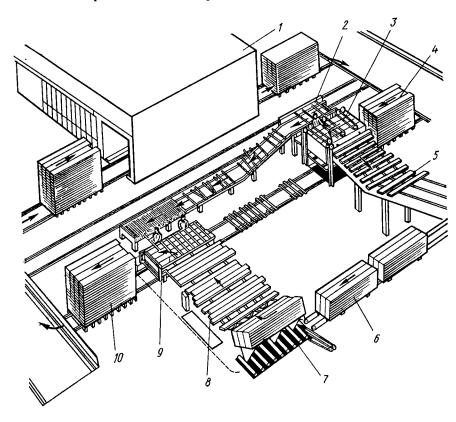


Рис .75. Схема организации погрузочно-транспортных работ в сушильном цехе с камерами непрерывного действия:

1 — блок камер, 2 — конвейер подачи прокладок, 3 — подъемник для разборки штабелей, 4 — штабель сухих пиломатериалов, 5, 8 — конвейеры, 6 — плотный пакет пиломатериалов, 7 — роликовый конвейер, 9 — подъемник для формирования штабелей, 10 — штабель сырых пиломатериалов

бедки траверсной тележки либо стационарной лебедки. Вариант планировки цеха, оснащенного камерами непрерывного действия с продольной транспортировкой штабелей, приведен на рис. 76.

В камерах непрерывного действия с поперечной транспортировкой очень часто штабель из пакетов формируется автопогрузчиком либо электроталью непосредственно перед загрузоч-

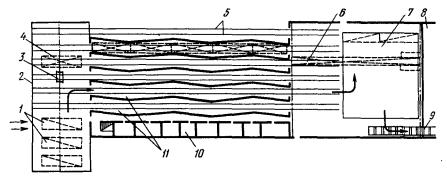


Рис. 76. Планировка сушильного цеха с камерами непрерывного действия при системе единого пакета:

1— сушильные пакеты, 2— навес, 3— электроталь, 4— штабель, 5— рельсовый путь для возврата вагонеток, 6— мостовой кран, 7— склад сухих пиломатериалов, 8— деревообрабатывающий цех, 9— роликовый конвейер, 10— служебно-бытовые помещения, 11— камеры

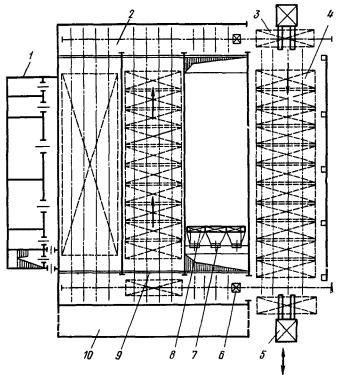


Рис. 77. Планировка сушильного цеха с камерами ЦНИИМОД-49:

1— служебно-бытовые помещения, 2— помещение, примыкающее к фронту сухого конца блока камер, 3— пакет высущенных пиломатериалов, 4— остывочное помещение, 5— автопогрузчик, 6— электрогаль, 7— вентилятор, 8— калорифер, 9— дверь, 10— склад сухих пиломатериалов

ным фронтом камер на роликовых шинах (см. § 24). Штабель в камере перемещается с помощью специальных механизмов загрузки и выгрузки или автопогрузчика (камера фирмы «Валмет»). На рис. 77 показан вариант планировки цеха с камерами ЦНИИМОД-49.

Организация транспортных работ в сушильном цехе, оснащенном камерами СП-5КМ и пакетоформирующими машинами, показана на рис. 78. Плотные пакеты сырого материала автопо-

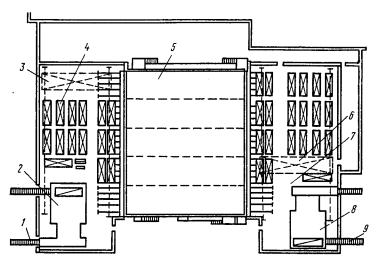


Рис. 78. Планировка сушильного цеха с камерами СП-5ҚМ: 1, 9— роликовые конвейеры, 2, 8— пакетоформирующие машины, 3, 6— мостовые краны, 4— площадка накопления сырых пиломатериалов, 5— блок сушилок, 7— остывочное помещение

грузчиком или автолесовозом подаются на приемный конвейер I пакетоформирующей машины 2. Сформированные сушильные пакеты снимают мостовым краном 3 и переносят на площадку накопления 4 или непосредственно на роликовые конвейеры блока сушилок 5, где формируется собственно сушильный штабель (из двух пакетов).

Высушенный штабель разбирают на сушильные пакеты с помощью крана 6 и выдерживают в остывочном помещении 7. Затем пакеты краном подают на вторую пакетоформирующую машину 8, где формируется плотный пакет сухих пиломатериалов, который по роликовому конвейеру 9 удаляют из цеха.

На деревообрабатывающих предприятиях в зависимости от местных условий возможны другие планировки сушильного цеха и варианты организации транспортных работ.

Контрольные вопросы. 1. Из каких элеметов формируется штабель? 2. В чем сущность пакетного способа формирования штабелей? 3. Каковы

устройство и принцип действия пакетоформирующей машины? 4. Для чего предназначена траверсная тележка? 5. В чем особенности погрузочно-транспортной системы целого штабеля? 6. Каковы особенности системы единого пакета?

ГЛАВА VII

ТЕХНОЛОГИЯ КАМЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

§ 29. ПОДГОТОВКА КАМЕРЫ К СУШКЕ. ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ КАМЕРНОЙ СУШКИ

Перед началом сушки помещение камеры и элементы теплового и циркуляционного оборудования очищают от мусора, пыли. Путем пробного пуска пара в калориферы проверяют плотность их соединений и правильность работы конденсатоотводчика. Проверяют запорные и регулирующие вентили. Если обнаружено, что труба на расстоянии более одного метра от закрытого вентиля нагревается, значит, он неисправен и подлежит ремонту.

Действие увлажнительной трубы проверяют пуском в нее пара, который должен равномерно выходить из всех отверстий. Если часть отверстий не действует, их прочищают проволокой.

Работу вентиляторной установки проверяют путем пробного пуска вентиляторов. Выясняют, нет ли биения валов, стуков в подшипниках, вибрации ротора. Если эти явления обнаружены, принимают меры по их устранению. Лопасти вентиляторов следует очищать от налипших частиц, пыли и сажи (в газовых сушилках). В подшипники вентиляторных валов обязательно подают смазку.

В газовых сушильных камерах периодически осматривают топку, газоходы и шиберы, особое внимание уделяя их герметичности.

Периодически следует проверять состояние рельсов камерных путей (ширину колеи, состояние стыков, соответствие уровня рельсов этих путей уровню рельсов траверсной тележки, наличие прогибов) и осматривать треки, при необходимости смазывать их подшипники.

Перед загрузкой материалом камеру прогревают во избежание конденсации влаги на ограждениях и оборудовании. Пар в калориферы следует пускать постепенно (в период пуска камеры продувочный вентиль конденсатоотводчика временно открывают). Если при этом слышны резкие металлические звуки, необходимо прикрыть вентиль и через некоторое время осторожно его приоткрывать.

Одновременно с подготовкой камеры пиломатериалы укладывают в штабеля в соответствии с требованиями, изложенными в § 26. В целом камерная сушка пиломатериалов складывается из ряда технологических и контрольных операций, которые выполняют в определенной последовательности.

К технологическим операциям процесса сушки относятся: начальный прогрев древесины, собственно сушка по определенному режиму, конечная (иногда дополнительная промежуточная)

влагообработка и кондиционирование.

Начальный прогрев древесины проводится после загрузки камеры материалом с целью быстрого прогрева древесины. Для этого древесину определенное время выдерживают в воздухе повышенной температуры и высокой степени насыщения или в чистом насыщенном паре.

Собственно сушка следует за начальным прогревом. В камере устанавливают и поддерживают заданные режимом сушки параметры агента обработки. Сушку заканчивают при достижении материалом заданной конечной влажности. После сушки древесину подвергают конечной влаготеплообработке в среде повышенной температуры и влажности. Цель этой операции— устранить остаточные деформации и напряжения в материале. В некоторых случаях при сушке пиломатериалов крупных сечений в середине процесса проводят промежуточную влаготеплообработку.

Иногда после конечной влаготеплообработки проводят кондиционирование для выравнивания влажности древесины по объему отдельных досок и штабеля в целом.

В камерах периодического действия технологические операции выполняют последовательно в том порядке, как это рассмотрено выше. В камерах непрерывного действия операции начального прогрева и сушки протекают одновременно.

Конечную и промежуточную влаготеплообработки в камерах непрерывного действия проводить нельзя, что обусловлено их

конструктивными особенностями.

В процессе сушки выполняют контрольные операции. В течение всего процесса непрерывно или периодически (через 1...2 ч) ведут контроль за температурой и степенью насыщения сушильного агента. По данным контроля регулируют параметры среды в камере. Один — три раза в сутки контролируют влажность высушиваемых пиломатериалов. По результатам этого контроля изменяют параметры сушильного агента, приводя их в соответствие с режимными.

Перед конечной влаготеплообработкой, в конце ее, а иногда в середине процесса сушки проводят контроль за внутренними

напряжениями и остаточными деформациями.

Основными руководствами по проведению сушки являются «Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины» (ЦНИИМОД, Архангельск, 1985), ГОСТ 19773—84 и 18867—84. «Руководящие технические материалы по

технологии камерной сушки древесины» (РТМ) определяют правила укладки пиломатериалов в штабеля, требования к качеству сушки, режимы начального прогрева, сушки, влаготеплообработок и кондиционирования, методы контроля за проведением процесса, методику расчета продолжительности и производительности сушильных камер, дают рекомендации по дистанционному контролю и автоматическому регулированию параметров сушильного агента в камерах, планированию, учету и организации работы лесосушильных цехов и участков.

§ 30. РЕЖИМЫ КАМЕРНОЙ СУШКИ. РЕЖИМЫ НАЧАЛЬНОГО ПРОГРЕВА И ВЛАГОТЕПЛООБРАБОТОК

Режимы сушки пиломатериалов и заготовок регламентируют параметры сушильного агента в камерах различных типов в зависимости от породы и размеров материала, а также требований, предъявляемых к качеству высушенной древесины. Описанные ниже режимы обеспечивают бездефектную сушку пиломатериалов. Основными параметрами сушильного агента, характеризующими режим сушки, являются его температура t, степень насыщения ϕ и психрометрическая разность $\Delta t = t - t_{\rm M}$, где $t_{\rm M}$ — температура смоченного термометра психрометра.

По температурному уровню режимы делятся на четыре категории: мягкие М, нормальные Н, форсированные Ф и высокотемпературные. Первые три категории режимов (М, Н, Ф) относятся к режимам низкотемпературного процесса. В качестве сушильного агента этой группы режимов используют влажный воздух или газовоздушную смесь температурой не выше 100°С. Более высокая температура допускается лишь в отдельных случаях на последней стадии процесса. Высокотемпературные режимы, или режимы высокотемпературного процесса, предусматривают сушку пиломатериалов перегретым паром атмосферного давления при температуре выше 100°С.

Категорию режима выбирают в зависимости от назначения высушиваемого материала. При этом следует учитывать характер воздействия температуры на свойства древесины. При сушке мягкими режимами полностью сохраняются естественные физико-механические свойства древесины, в том числе прочность, цвет и состояние в ней смолы. Эти режимы рекомендуются для сушки до транспортной влажности экспортных пиломатериалов и в отдельных случаях пиломатериалов внутрисоюзного потреб-

ления высших сортов.

Нормальные режимы обеспечивают практически полное сохранение прочности показателей древесины с возможным незначительным изменением ее цвета. Они рекомендуются для сушки пиломатериалов внутрисоюзного потребления до любой конечной влажности. При сушке форсированными режимами

сохраняется прочность древесины на изгиб, растяжение и сжатие, но на 15... 20% снижается прочность на скалывание и раскалывание с возможным потемнением древесины. Сушка высокотемпературными режимами еще в большей степени снижает прочность древесины на скалывание и раскалывание (до 35%) со значительным потемнением древесины. Форсированные и высокотемпературные режимы могут быть рекомендованы для сушки до эксплуатационной влажности пиломатериалов, предназначенных для изделий и узлов, работающих с большим запасом прочности.

Режимы сушки в воздушных, паровоздушных и газовых камерах периодического действия. В воздушных камерах применяют режимы низкотемпературного процесса. Для паровоздушных камер можно использовать режимы всех категорий, а в камерах, действующих на перегретом паре, — только высокотемпературные.

Конкретный режим сушки низкотемпературного процесса содержит три ступени, или три уровня, состояния воздуха при входе его в штабель. В процессе сушки переход с одной ступени на другую осуществляют при определенной переходной

влажности древесины.

Трехступенчатая структура режимов учитывает особенности развития внутренних напряжений в древесине при ее сушке. В начальной стадии процесса, когда растягивающие напряжения на поверхности сортимента возрастают (см. § 16, 17), необходимо поддерживать высокую степень насыщения φ (первая ступень режима). После того как эти напряжения, достигнув максимума, начинают уменьшаться, степень насыщения φ можно несколько понизить, а температуру t повысить (вторая ступень режима). В конечной стадии процесса, когда действуют противоположные напряжения, допускается резко снизить φ и повысить t (третья ступень режима). На этой стадии интенсификация процесса будет способствовать не росту, а уменьшению внутренних напряжений.

Режимы сушки низкотемпературного процесса разбиты на две группы: одна — для пиломатериалов хвойных пород, дру-

гая — лиственных пород.

Режимы сушки первой группы (ГОСТ 19773—84) приведены в табл. 6 (для пиломатериалов из древесины мягких хвойных пород) и табл. 7 (для пиломатериалов из древесины лиственницы). Для этих режимов установлены следующие значения переходной влажности: для мягких — 35 и 20%, а для нормальных и форсированных режимов — 35 и 25%.

Режимы, регламентируемые табл. 6 и 7, предназначены для сушильных камер, обеспечивающих скорость циркуляции воздуха от 1 до 2,5 м/с. При скорости в штабеле ниже 1 м/с психрометрическая разность на первой и второй ступенях процесса

Таблица 6. Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины сосны, ели, пихты и кедра в камерах периодического действия

Номер	режима	1	2	3	4	5	6	7	8
Влаж-				Толц	цина пил	оматери	алов, м	м	
ность древе- сины	Параметры режима	до 22	св. 22 до 25	св 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 75	св. 75 до 100
				Мя	гкие	режи	мы		
>35	t, °C Δt, °C φ	57 6 0,73	57 5 0,77	57 4 0,81	55 4 0,81	55 4 0,81	55 4 0,81	52 3 0,84	52 2 0,90
3520	<i>t,</i> °C Δ <i>t,</i> °C φ	61 10 0,59	61 9 0,62	61 8 0,66	58 7 0,69	58 7 0,69	58 7 0,69	55 6 0,72	55 5 0,76
<20	<i>t,</i> °C Δ <i>t,</i> °C φ	77 26 0,27	77 25 0,29	77 24 0,31	75 24 0,30	75 24 0,30	75 24 0,30	70 21 0,33	70 20 0,35
			F	Торма	альнь	ae pe	жимь	ai.	
>35	t, °C Δt, °C φ	83 9 0,68	79 7 0,73	79 6 0,77	75 5 0,80	73 5 0,80	71 4 0,83	64 3 0,86	55 2 0,90
3 525	<i>t,</i> °C Δ <i>t,</i> °C φ	88 14 0,55	84 12 0,59	84 11 0,62	80 10 0,64	77 9 0,66	75 8 0,70	68 7 0,71	58 5 0,77
· <25	<i>t</i> , °C Δ <i>t</i> , °C φ	110 36 0,24	105 33 0,26	105 32 0,27	100 30 0,29	96 28 0,31	94 27 0,32	85 24 0,33	75 22 0,34
			Фо	рсир	ован	ные р	ежи	мы	
>35	t, °C Δt, ° C φ	94 11 0,65	92 10 0,67	92 8 0,73	90 7 0,75	87 6 0,78	83 5 0,80	73 4 0,84	<u>-</u>
3 525	t, °C Δt, °C Φ	99 16 0,54	97 15 0,55	97 13 0,60	95 12 0,62	92 11 0,64	88 10 0,66	78 9 0,6 6	
<25	t, °C Δt, °C Φ	125 42 0,21	123 41 0,22	123 39 0,24	120 37 0,25	115 36 0,25	110 32 0,29	98 29 0,30	

Таблица 7. Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины лиственницы

Номер и	индекс	Л1	Л2	лз	Л4	Л5	Л6	Л7
_			Т	олщина	пилома	гериалог	з, мм	
Влажность древеси- ны, %	Параметры режима	До 22	св. 22 до 25	св. 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 75
			ŀ	Іорма	альнь	те ре	жимы	
>35	t, °C	70	70	70	65	60	60	60
	Δt, °C	9	8	6	5	4	3	2
	Φ	0,64	0,68	0,76	0,78	0,81	0,86	0,89
3525	t, °C	75	75	75	70	65	65	65
	Δt, °C	15	15	15	10	9	7	5
	Φ	0,49	0,49	0,49	0,61	0,63	0,71	0,78
<25	t, °C	80	80	80	75	70	70	70
	Δt, °C	26	25	25	20	19	18	15
	φ	0,28	0,29	0 ,2 9	0,37	0,37	0,39	0,4 7
			Форс	иров	анны	е рех	кимы	
>35	t, °C	90	90	82	75	75	72	70
	Δt, °C	9	7	4	4	3	2	2
	Φ	0,69	0,75	0,84	0,84	0,87	0,91	0,91
3525	t, °C	98	96	87	80	80	78	76
	Δt, °C	12	11	8	8	6	5	4
	φ	0,63	0,65	0,72	0,70	0,77	0,80	0,84
<25	t, °C	112	110	108	100	100	95	90
	Δt, °C	32	30	29	28	2 6	20	18
	φ	0,30	0,32	0,32	0,32	0,35	0,44	0,47

увеличивается по сравнению с табличной на 1°C, а при скорости выше 2,5 м/с — уменьшается на 1°C. Так как в этих таблицах указывается толщина пиломатериалов, специальные таблицы для выбора режимов не нужны.

Режимы сушки пиломатериалов из древесины лиственных пород (вторая группа) приведены в табл. 8. Таблица содержит 30 режимов, обозначенных по уровню температуры порядковыми номерами от 2 до 10 и по уровню степени насыщения — буквенными индексами от Б до Д. Для всех режимов установлены одинаковые значения переходной влажности — 30 и 20%.

В целях сокращения сроков сушки стандартом допускается повышение переходной влажности до 35 и 25% при начальной

Таблица 8. Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины лиственных пород

				Номе	р режима	и пара	метры (t, °(C; At, °C;	ф) суш	Номер режима и параметры (t, °C; Δt , °C; ϕ) сушильного агента	ента		
Индекс	Влажность		2			3			*			2	
режима	древеси- ны, %	**	<i>‡</i> ∀	6 -	<i>t</i>	Δ4	₽	*	Δt	Ð-	ţ	Δt	Ð
	>30	83	4	0,84	75	4	0,84	69	4	0,83	63	က	98'0
В	3020	87	∞	0,72	80	œ	0,70	73	7	0,72	29	9	0,75
	<20	108	53	0,32	100	59	0,32	91	25	0,34	83	23	0,34
								;	,				
	>30	83	9	0,77	75	വ	0,80	69	က	0,79	83	4	0,82
В	3020	87	10	99'0	80	6	99'0	73	œ	69'0	29	7	0,71
	<20	108	31	0;00	100	53	0,30	91	56	0,33	83	24	0,32
	>30	83	œ	0,71	75	7	0,73	69	9	92'0	63	ഹ	0,78
ы	3020	87	12	09'0	80	11	0,61	73	10	0,63	29	6	0,64
	<20	108	33	0,27	100	31	0,27	91	28	0;30	83	22	0;30
	>30	83	10	0,65	75	6	99'0	I	I	I	ı	1	1
Ħ	3020	87	14	0,55	80	13	0,55	1	l	1	ł	l	1
	<20	108	35	0,24	100	33	0,25	1	ľ	1	1	I	I

					Номер р	ежима	Номер режима и параметры (t, °C; Δt, °C; ф) сушильного агента	этры (t,	°C; ∆t,	, C; æ	сушиль	HOFO af	гента			
Индекс	Влажность		9			7	3		∞			6			01	
жима	древеси- ны, %	**	ν 	₽	**	Δt	₽	**	\\\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\	&	*	Δ\$	9	**	∇	₽
	>30	57	က	0,85	52	က	0,84	47	73	98'0	43	2	68'0	38	87	0,88
В	3020	61	9	0,74	22	ស	92,0	20	ស	0,75	45	4	0,79	41	4	0,77
	<20	77	22	0,34	70	21	0,35	62	18	98'0	57	17	0,36	52	16	0,36
	>30	57	4	0,81	52	4	08'0	47	e .	0,84	42	8	0,83	38	8	0,82
В	3020	19	7	0,70	22	7	89'0	20	9	0,70	45	ည	0,74	41	ស	0,72
	<20	11	23	0,32	70	22	0,31	62	19	0,33	57	18	0,34	22	17	0;30
	>30	57	5	92,0	52	rs.	0,75	47	4	0,79	42	4	72,0	38	4	0,76
L	3020	19	6	0,62	55	∞	0,64	20	2	99'0	45	9	69'0	41	9	0,67
	<20	77	25	0,29	70	23	0,29	62	20	0,31	57	19	0,31	52	18	0,30
	>30	57	9	0,73	I	I	Ī	١	1	1	ı		1	1	1	1
ц	3020	61	10	0,59	1	1	1	i	1	l	1	I	1	1	1	i

влажности древесины более 60%, если контрольные сушки показывают, что при этом не наблюдается растрескивание материала.

Режим сушки пиломатериалов лиственных пород выбирают в зависимости от назначения материала, его породы и толщи-

ны по рекомендациям, данным в табл. 9.

Таблица 9. Выбор режимов низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов лиственных пород

		l		Толи	цина пил	оматери	(алов, м	(M	
Порода	Катего- рия ре- жима	до 22	св. 22 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 70	св. 70 до 75	св. 75 до 100
Береза, ольха	М Н Ф	6-Д 3-Д 2-Д	6-Γ 4-Γ 3-Γ	6-B 4-B 3-B	6-B 5-B 4-B	7-В 6-Б	8-В 7-Б	8-B —	9-Б
Осина, ли- па, тополь	H Φ	3-Γ 2-Γ	3-Б 2-Б	4-Б 3-Б	5-B 4-B	6-B	7-B —	8-B	9-B
Бук, клен	Н Ф	3-B 2-Γ	4-B 3-B	5-B 4-B	5-Б —	6-Б	7-Б	8-Б	_
Дуб, ильм	Н Ф	5-Γ 3-Γ	6-B 4-B	6-Б 5-В	7-Б	8-Б	9-B —	10-Б	_
Opex	Н	5-B	5-Б	6-Γ	6-Б	7-B	8-B	9-B	
Граб, ясень	Н	6-B	6-Б	7-Б	8-Б	8-B	9-B	10-B	_

В камерах со слабой циркуляцией следует применять режим

рекомендуемого номера, но следующего индекса.

Слабой считают естественную и принудительную циркуляцию со скоростью в штабеле, равной или менее 0,5 м/с при продолжительности сушки свыше 1000 ч; 0,75 м/с при продолжительности сушки от 200 до 1000 ч; 1 м/с при продолжительности сушки до 200 ч.

При применении мягких и нормальных режимов особых требований к оборудованию камер не предъявляется, однако для форсированных режимов камеры должны иметь повышенную тепловую мощность и скорость циркуляции сушильного агента не менее 1.5 м/с.

В табл. 10 приведены высокотемпературные режимы. Их всего семь (обозначены римскими цифрами). Режимы высокотемпературного процесса двухступенчатые (переходная влажность 20%), что связано с малой длительностью сушки (по сравне-

нию с низкотемпературным процессом).

Таблица 10. Высокотемпературные режимы сушки пиломатериалов

	Π	ервая ступен (W>20%)	ь	F	Вторая ступе (₩<20%)	Нь
Номер режима		Па	раметры суши	льного аген	га	
	t, °C	Δt, °C	φ	t, °C	Δt, °C	Φ
I II III IV V VI VI	130 120 115 112 110 108 106	30 20 15 12 10 8 6	0,35 0,50 0,58 0,65 0,69 0,75 0,81	130 130 125 120 118 115 112	30 30 25 20 18 15	0,35 0,35 0,42 0,50 0,53 0,58 0,65

При сушке очень сырого материала допускается переходную влажность повышать до 25%, если при этом сохраняется его целостность.

В режимах предусмотрено поддержание температуры смоченного термометра $t_{\rm M}$, равной $100^{\circ}{\rm C}$. Стандартом допускается снижать $t_{\rm M}$ до $96^{\circ}{\rm C}$ (при недостаточно полной герметичности камеры). Однако в этом случае необходимо понижать температуру сушильного агента с сохранением заданной режимом психрометрической разности.

Скорость циркуляции сушильного агента в штабеле должна быть не менее 2 м/с.

Выбор высокотемпературных режимов сушки пиломатериалов определяется их породой и толщиной (табл. 11).

Таблица 11. Выбор высокотемпературных режимов сушки

		Толщина	а пиломатер	иалов, мм	
Порода	до 22	св. 22 до 30	св. 30 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60
Сосна, ель, пихта, кедр Береза, осина Лиственница	I II IV	II III V	III IV VI	V VI VII	VI —

В камерах периодического действия пиломатериалы сушат главным образом до эксплуатационной влажности. Основной категорией режимов являются нормальные. Если условия эксплуатации изделий и конструкций из древесины допускают ее применение с пониженной прочностью, то целесообразно использовать форсированные или высокотемпературные режимы. При этом существенно сокращаются сроки сушки материала и со-

ответственно повышается производительность сушильных ка-

мер.

При сушке товарных пиломатериалов до транспортной влажности следует применять нормальные или мягкие (если недопустимо изменение цвета древесины) режимы. Форсированные и высокотемпературные режимы в этом случае непригодны, так как конкретное назначение высушиваемых пиломатериалов заранее не известно.

В газовых камерах периодического действия с индивидуальными топками можно использовать нормальные и форсированные режимы (табл. 6, 7, 8, 9). Если камеры имеют увлажнительные устройства, то в них можно сушить любые пиломатериалы. При отсутствии системы увлажнения допускается сушить древесину хвойных и мягких лиственных пород с невысокими требованиями к качеству.

Для газовых камер, имеющих одну топку на блок, рекомендуются специальные режимы, приведенные в табл. 12. Их осо-

Таблица 12. Режимы сушки пиломатериалов хвойных пород в газовых камерах периодического действия

Влаж-		Номер							та (<i>t</i> , °C атериала		°C; φ)
ность древеси-		до	25		CE	. 25	до 50		СВ	. 50 д	o 60	
ны, %	номер режи- ма	t	t _m	φ	номер режи- ма	t	t _M	φ	номер режи- ма	t	t _m	φ
			Н	Сорма	льны	ер	ежи	мы				
>30 3020 <20	1-Гз	76 80 100	67 67 67	0,66 0,55 0,25	2-Гз	74 77 96	67 67 67	0,73 0,64 0,29	3-Гз	72 75 92	67 67 67	0,80 0,70 0,34
			Фο	рсир	овані	ые	рея	кимы				
>30 3020 <20	4-Гз	86 90 120	75 75 75	0,63 0,54 0,20	5-Гз	83 86 115	75 75 75	0,71 0,63 0,23	6-Гз	81 84 110	75 75 75	0,78 0,68 0,26

Примечание. Для сушки березовых, ольховых и осиновых пиломатериалов режим выбирают по ближайшей большей номинальной группе толщин.

бенностью является однозначность (в пределах одной категории режима) температуры смоченного термометра $t_{\rm M}$. Режимы предназначены для сушки пиломатериалов хвойных пород (сосна, ель, пихта). Допускается сушить древесину мягких лиственных пород (береза, ольха, осина).

Режимы сушки в камерах непрерывного действия. В противоточных камерах состояние сушильного агента изменяется в процессе сушки не путем ступенчатого повышения температуры

Таблица 13. Режимы сушки пиломатериалов из древесины сосны, пихты, кедра в противоточных камерах непрерывного действия

-	_						
Номер и индекс режима	Конечная влаж- ность дре- весины, %	Толщина пиломатери- алов, мм	агент	яние сушил а в разгруз онце камер	монро	хрометрич ность Δt зочном в начально	тьная пси- пеская раз- в загру- конце при й влажно- ревесины
			t₁, °C	Δ <i>t</i> ₁ , °C	φ1	более 50%	до 50%
		Мягк	ие ре	жимы			
1-M	1822	До 22	55	15	0.40	4	6
2-M	1822	Св. 22 до 25	55	14	0,44	4	
3-M	1822	» 25 » 32	55	12	0.50	3	5 5 4
4-M	1822	> 32 > 40	55	iī	0.53	3	4
5-M	1822	* 40 * 50	55	10	0,57	3	$\overline{4}$
6-M	1822	> 50 > 60	55	9	0,60	2	3
7-M	1822	» 60 » 75	55	8	0,64	$\overline{2}$	3 6 5 5 4
8-M	1012	До 22	58	19	0,31	4	6
9-M	1012	Св. 22 до 25	58	17	0,36	4	. 5
10-M	1012	» 25 » 32	58	15	0,42	3	5
11-M	1012	» 32 » 40	58	13	0,48	3	4
12-M	1012	» 40 » 50	58	12	0,51	3	4
13-M	1012	> 50 > 60	58	11	0,54	2	3
14-M	1012	» 60 » 75	58	10	0,58	2	2
		Нормал	ьные	режим	ы		
1-H	1822	До 22	94	25	0,35	7	9
2-H	1822	Св. 22 до 25	92	23	0,38	6	9
3-H	1822	> 25 > 32	89	20	0.43	5	8
4-H	1822	» 32 » 40	87	18	0,46	5	8
5-H	1822	> 40 > 50	85	16	0,50	5	8 7
6-H	1822	> 50 > 60	83	14	0,54	4	7
7-H	1822	» 60 » 75	80	11	0,61	4	6
8-H	1012	До 22	102	33	0,25	7	9
9-H	1012	Св. 22 до 25	100	31	0,28	6	9
10-H	1012	> 25 > 32	97	28	0,31	5 5	8
11-H	1012	» 32 » 40	94	25	0,35		8
12-H	1012	> 40 > 50	91	22	0,39	5	8
13-H	1012	> 50 > 60	87	18	0,46	4	7
14-H	1012	» 60 » 75	84	15	0,51	4	6
		Форсиров	анны	е режи	мы		
1-Ф	1012	По 22	112	35	0.26	7	10
2-Ф	1012	Св. 22 до 25	110	33	0.28	6	10
3-Ф	1012	> 25 > 32	107	30	0.31		
4-Ф	1012	» 32 » 40	104	27	0,34	5 5	9 8 8 7
5-Ф	1012	> 40 > 50	101	24	0,38	5	8
6-Ф	1012	> 50 > 60	98	21	0,43	4	7
7-Ф	1012	» 60 » 75	95	18	0,48	4	7
					•		

Примечание. При сушке еловых пиломатериалов применяют режимы, регламентируемые табл. 10 для предшествующей группы толщин, а для пиломатериалов из древесины мягких лиственных пород— по ближайшей большей группе толщин.

и снижения степени насыщенности по всему объему камеры, а путем перемещения штабелей от загрузочного конца камеры, где поддерживается высокая степень насыщенности, к разгрузочному концу, где степень насыщенности значительно ниже. Поэтому режимы сушки в них пиломатериалов характеризуются постоянным во времени состоянием сушильного агента при входе его в штабеля и при выходе из штабелей, т. е. в разгрузочном и загрузочном концах камеры.

Противоточные камеры предназначены в основном для массовой сушки пиломатериалов хвойных пород. В табл. 13 даны режимы сушки пиломатериалов из древесины сосны, ели, кедра и пихты, а в табл. 14—из древесины лиственницы. Наиболее целесообразна сушка в этих камерах товарных пиломатериалов до транспортной (18 ... 22%) влажности. Допускается также

Таблица 14. Режимы сушки пиломатериалов из древесины лиственницы в противоточных камерах непрерывного действия до конечной влажности 18 ... 22 %

Номер и	Толщина		ние сушильного узочном конце		Максималь- ная психро- метрическая
индекс режима	пиломатери- алов, мм	t₁, °C	Δt₁, °C	Φ1	разность Δt ₂ в загрузоч- ном конце камеры
		Мягкие	режимы		
Л1-М Л2-М Л3-М Л4-М Л5-М Л6-М Л7-М	Ho 22 CB. 22 Ho 25	55 55 55 55 55 55 55	15 14 13 12 10 8 7	0,40 0,46 0,47 0,48 0,58 0,65 0,69	1 1 1 1 1 1
	H	Іормальн	ые режим н	ы	
Л1-Н Л2-Н Л3-Н Л4-Н Л5-Н Л6-Н Л7-Н	До 22 Св. 22 до 25 » 25 » 32 » 32 » 40 » 40 » 50 » 50 » 60 » 60 » 75	85 85 85 85 85 85	23 20 17 15 13 11	0,41 0,43 0,46 0,51 0,56 0,62 0,68	1 1 1 1 1 1
	Φ ο	рсирован	ные режи:	мы	
Л1-Ф Л2-Ф Л3-Ф Л4-Ф Л5-Ф Л6-Ф Л7-Ф	До 22 Св. 22 до 25 > 25 > 32 > 32 > 40 > 40 > 50 > 50 > 60 > 60 > 75	105 105 105 105 105 105 105	20 18 16 14 12 11	0,46 0,50 0,55 0,60 0,64 0,67 0,69	1 1 1 1 1 1

сушить древесину мягких хвойных пород до эксплуатационной (10 ... 12%) влажности.

Состояние воздуха в разгрузочном конце регламентируется температурой t_1 , психрометрической разностью Δt_1 и дополнительно степенью насыщенности ϕ_1 . Температура смоченного термометра $t_{\rm M}$ по длине камеры практически не меняется. Поэтому в загрузочном конце регламентируется только один параметр воздуха. Обычно в этом случае задают психрометрическую разность, что и сделано в таблицах.

Конкретный режим обозначается номером, характеризующим группу толщин, прописной буквой (М, Н, Ф), указывающей категорию режима, а режим сушки лиственничных пиломатериалов дополнительно индексом Л. Например, форсированный режим сушки сосновых пиломатериалов толщиной 50 мм до эксплуатационной влажности обозначается 5-Ф; нормальный режим сушки лиственничных пиломатериалов толщиной 40 мм до транспортной влажности — Л4-Н.

В камерах, оборудованных внутренними циркуляционными электродвигателями, не имеющими соответствующей теплозащиты, можно применять только мягкие режимы с одинаковой для пиломатериалов всех толщин температурой смоченного термометра $t_{\rm M}=40^{\circ}{\rm C}$ при сохранении регламентируемой таблицами психрометрической разности. Например, для сушки сосновых пиломатериалов толщиной 35 мм и начальной влажностью 80% следует поддерживать: в разгрузочном конце при рекомендуемой психрометрической разности $11^{\circ}{\rm C}$ (см. табл. 13) $t_1=40+11=51^{\circ}{\rm C}$, а в загрузочном конце при $\Delta t_2=3^{\circ}{\rm C}$ $t_2=40+3=43^{\circ}{\rm C}$.

В одной камере разрешается одновременно сушить только однородные по характеристике (порода, толщина, назначение, группа начальной влажности) материалы. При переводе камеры на сушку пиломатериалов другой характеристики или сушке одновременно пиломатериалов двух характеристик в камере поддерживают тот из режимов, по которому предусмотрена меньшая психрометрическая разность.

Контроль за состоянием сушильного агента в сухом конце камеры проводят непрерывно или с интервалом 2 ч. В сыром конце степень насыщения контролируют перед каждой выгрузкой штабелей.

Для камер непрерывного действия с позонной циркуляцией сушильного агента применяют режимы низкотемпературного процесса, предназначенные для камер периодического действия. В зонах, примыкающих к сырому концу, поддерживают параметры по первой ступени режима, а к сухому концу — по второй или третьей ступени (в зависимости от уровня требуемой конечной влажности).

Кроме рассмотренных выше режимов, которые предназна-

чены для сушки пиломатериалов общехозяйственного назначения, применяются специальные режимы для пиломатериалов особого назначения. Такие режимы обычно регламентируются ведомственными техническими условиями или стандартами предприятий.

Режимы начального прогрева. Для быстрого начального прогрева древесины в камере создают высокую степень насыщенности среды при повышенной (по сравнению с первой ступенью режима сушки) температуре. Для этого в камеру подают насыщенный пар через увлажнительные трубы при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточновытяжных трубах.

При прогреве пиломатериалов хвойных пород (кроме лиственницы) рекомендуется поддерживать температуру в соответ-

ствии с данными, приведенными в табл. 15.

Таблица 15. Температура при начальном прогреве пиломатериалов хвойных пород (кроме лиственницы)

		Гем	пература, с	С, при т	олщине,	, мм	
Категорин режимов	до 22	св. 22 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 75	св. 75 до 100
Мягкие Нормальные Форсированные Высокотемпературные	67 94 100 101	67 94 100 101	64 90 100 101	64 85 100 101	63 80 98 101	60 72 88 101	60 63 —

При прогреве пиломатериалов других пород температура среды должна быть выше, чем на первой ступени режима сушки: для лиственницы и твердых лиственных пород — на 5° С, для мягких лиственных пород — на 8° С, но в обоих случаях не выше 100° С. После достижения требуемой температуры психрометрическую разность поддерживают на уровне $\Delta t = 0.5 \dots 1.5^{\circ}$ С.

Заданное состояние паровоздушной смеси поддерживают в камере до тех пор, пока разность между ее температурой и температурой в центре доски (или заготовки) $t_{\rm c}$ — $t_{\rm u}$ не достигнет 3°C. Разность $t_{\rm c}$ — $t_{\rm u}$ измеряют в зоне камеры, где интенсивность прогрева минимальна.

Если в конкретном сушильном хозяйстве с учетом местных условий (тип камеры, ее тепловая мощность, состояние ограждений, особенности пароснабжения) необходимая продолжительность прогрева пиломатериалов определенной характеристики установлена путем предварительных расчетов или экспериментально, допускается проводить начальный прогрев без измерения температуры древесины.

Ориентировочно продолжительность начального прогрева может быть принята для пиломатериалов хвойных пород при температуре наружного воздуха $t>0^{\circ}\text{C}$ 1... 1,5 ч, а при $t<0^{\circ}\text{C}$ — 1,5 ... 2 ч на каждый сантиметр их толщины. Для пиломатериалов мягких лиственных пород эта продолжительность увеличивается на 25%, а твердых пород — на 50%. Например, продолжительность прогрева березовых пиломатериалов толщиной 32 мм в зимний период составит $2.0\times3,2\times1,25=8$ ч.

В газовых камерах (при отсутствии системы увлажнения) и в камерах непрерывного действия начальный прогрев как самостоятельная операция не проводится. Нагрев материала прохо-

дит одновременно с его собственно сушкой.

Режим влаготеплообработки. Среду с повышенной температурой и влажностью получают путем подачи в сушильное пространство камеры периодического действия или в пропарочный отсек камеры непрерывного действия пара или распыленной горячей воды при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах.

Конечную влаготеплообработку проводят при достижении материалом заданной конечной влажности. Такой обработке подвергают пиломатериалы, высушиваемые по I и II категори-

ям качества сушки.

Температуру в камере поддерживают на 8° С выше температуры по последней ступени режима (но не более 100° С), а психрометрическую разность устанавливают равной $0,5...1^{\circ}$ С. Продолжительность обработки должна быть такой, чтобы зубцы силовой секции, выпиленной из контрольного образца, имели после выравнивания влажности относительную деформацию изгиба не более 2%.

Промежуточной влаготеплообработке подвергают пиломатериалы, толщина которых превышает: для ели, пихты, сосны, кедра, осины, липы, тополя — 60 мм; для березы, ольхи — 50 мм; для лиственницы, бука, клена — 40 мм; для дуба, ильма, ореха, граба, ясеня — 32 мм.

Промежуточную влаготеплообработку проводят при переходе на последнюю ступень режима. При этом температуру среды устанавливают на 8°C выше, чем на ступени режима сушки, предшествующей обработке, при психрометрической разности 1,5 ... 2°C.

Общая продолжительность конечной и промежуточной обработок приведена в табл. 16. На промежуточную обработку отводится $^{1}/_{3}$ общего времени, а $^{2}/_{3}$ — на конечную.

Для проведения конечной влаготеплообработки пиломатериалов, высушенных в камерах непрерывного действия, можно использовать имеющиеся на предприятии камеры периодического действия. Если же таких камер нет, а конечную обработ-

Таблица 16. Общая продолжительность влаготеплообработок

	П	родолжител	ьность влаготе	плообработох,	4
Толщина пило- материалов, мм	осина, сосна, ель, пихта, кедр, липа, тополь	береза, ольха	листвен- ница	бук, клен	дуб, ильм, орех, граб, ясень
До 22 Св. 22 до 32	1,5	2,0 3,0	3,0 4,0	3,5 5,0	4,0 6,0
> 32 > 40	2,0 3,0	6,0	8,0	10,0	12,0
> 40 > 50	6,0	12,0	14,0	16,0	20,0
> 50 > 60	9,0	18,0	21,0	24,0	30,0
> 60 > 75	14,0	30,0	35,0	40,0	50,0
→ 75	24,0	60,0	65,0	70,0	80,0

ку проводить необходимо, то для этой цели рационально строить специальные пропарочные камеры.

Окончание процесса сушки. Для обеспечения требуемого качества пиломатериалов заканчивать процесс сушки необходимо следующим образом.

После окончания конечной влаготеплообработки закрывают увлажнительные трубы, в камере создают параметры сушильного агента по последней ступени режима и в течение 2...3 ч (в зависимости от толщины пиломатериалов) проводят подсушку поверхностных слоев. Затем из штабеля отбирают пробы для определения показателей качества сушки.

В период выполнения контрольных операций в камере проводят кондиционирование. При выполнении этой операции температуру среды поддерживают на уровне температуры последней ступени режима сушки (но не более 100°С), а степень насыщения устанавливают по величине равновесной влажности древесины (см. рис. 10), которая равна конечной влажности, увеличенной на 1%. Если древесина отвечает предъявляемым требованиям, подачу пара в калориферы прекращают, камеру охлаждают до 30 ... 40°C сначала при открытых приточно-вытяжных каналах, а затем при полуоткрытых дверях, далее штабеля выкатывают и начинают готовить камеру к следующей загрузке. Если же установлено, что материал не отвечает предъявляемым требованиям, то должна быть назначена дополнительная влаготеплообработка (при наличии в материале остаточных напряжений) или продолжено кондиционирование (при недопустимом диапазоне колебаний конечной влажности).

При проведении камерной сушки пиломатериалов обязательно записываются все наблюдения и замеры. Записи подлежат:

фактическое и рекомендуемое режимом состояние среды в камере (запись проводят ежечасно);

характеристика пиломатериалов и их количество;

результаты контроля текущей влажности пиломатериалов; результаты анализа внутренних напряжений и остаточных деформаций;

режимы и результаты промежуточной и конечной влаготеп-

лообработки;

результаты контроля качества сушки;

причины простоя камеры и другие сведения, относящиеся к проведению сушки.

§ 31. КОНТРОЛЬ ЗА ВЛАЖНОСТЬЮ ДРЕВЕСИНЫ И ВНУТРЕННИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Контроль влажности древесины в процессе сушки в настоящее время проводят способом контрольных образцов.

Контрольный образец длиной $1\dots 1,2$ м отпиливают от доски, характерной для партии пиломатериалов, загружаемой в сушильную камеру. Одновременно выпиливают две смежные с образцом I секции влажности 2 (рис. 79). Сразу же после рас-

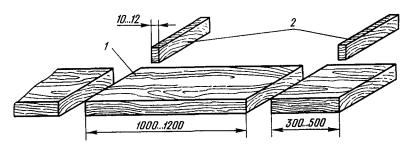


Рис. 79. Схема выпиловки контрольного образца: 1—контрольный образец, 2—секции влажности

пиловки секции очищают от опилок и заусенцев и взвешивают на технических весах. Затем определяют их влажность (см. § 13). Среднее значение влажности, вычисленное по двум секциям, принимают за начальную влажность ($W_{\rm H}$) контрольного образца.

Контрольный образец нумеруют, торцы его очищают и покрывают густотертой масляной краской. После этого взвешивают на торговых весах с погрешностью до 5 г. Начальную массу $(M_{\rm H})$ записывают на образце и в журнале или карте сушки.

В каждый сушильный штабель закладывают два-три контрольных образца в места интенсивной и замедленной сушки. Образцы укладывают заподлицо с торцом штабеля или несколько глубже, но так, чтобы их легко можно было вынуть. Они должны лежать на прокладках, не соприкасаясь с пластью до-

сок. Над образцами укладывают специальные прокладки с вы-

резом (рис. 80).

По известным величинам начальной влажности и начальной массы рассчитывают массу абсолютно сухого контрольного образца:

$$M_{\text{cyx}} = M_{\text{H}} \cdot 100 / (W_{\text{H}} + 100).$$
 (23)

Таким образом, его масса в абсолютно сухом состоянии известна перед началом сушки.

В процессе сушки через определенные промежутки времени образцы вынимают из штабеля и взвешивают. Текущую влажность ($W_{\mathtt{T}}$) образцов находят по выражению

$$W_{\rm T} = = [(M_{\rm T} - M_{\rm cyx})/M_{\rm cyx}] \cdot 100,$$
 (24)

где $M_{ exttt{T}}$ — масса образца в момент определения текущей влажности, г.

При сушке тонких пиломатериалов хвойных пород контроль

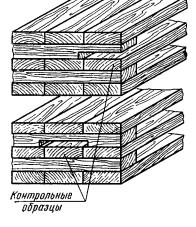


Рис. 80. Схемы размещения контрольного образца в штабеле

влажности проводят в начальной стадии процесса через 8 ч, а в конечной стадии — через 12 ч. Для пиломатериалов повышенной толщины или лиственных пород промежутки времени между взвешиваниями увеличивают в 1,5...2 раза.

По величине текущей влажности судят о возможности перехода на последующую ступень режима сушки или окончания

процесса.

Способ контрольных образцов недостаточно точен, и, кроме того, его проведение связано с определенными неудобствами для операторов, связанными с их заходами в камеру. Поэтому перспективны устройства для дистанционного контроля влажности пиломатериалов в процессе сушки, основанные на измерении усадки штабеля и его массы.

Усадка штабеля в процессе сушки тесно связана с влажностью пиломатериалов. Для примера на рис. 81, a приведен график для определения влажности пиломатериалов из древесины сосны толщиной $35 \dots 40$ мм по усадке штабеля (при установке съемной прокладки на высоте 1700 мм от основания штабеля). Из графика следует, что величина усадки при текущей влажности $W_{\tau} > 20 \%$ зависит от начальной влажности пиломатериалов.

Аналогичный характер имеют кривые усадки и любых дру-

5 - 56

гих пиломатериалов, но величина максимальной усадки (при влажности, равной нулю) может быть различной в зависимости от базы измерения, породы и толщины досок.

Устройство для измерения усадки (рис. 81, б) состоит из датчика усадки и электрического измерительного прибора. Дат-

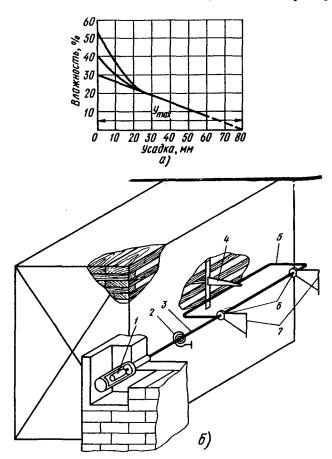


Рис. 81. Кривые усадки штабеля (a) и общий вид устройства для дистанционного измерения усадки штабеля (6):

I — датчик (сельсин), 2 — пружина, 3 — вал, 4 — съемная прокладка, 5 — рамка, 6 — подшипники, 7 — кронштейны

чик усадки устроен следующим образом. Вал 3 с рамкой 5 установлен в подшипниках 6, которые крепятся к боковой стене камеры на кронштейнах 7. На конце вала, выходящего за пределы сушильного пространства, в торцовой стене (со стороны загрузочных дверей) закреплен электрический датчик (сельсин)

1. Рамка 5 прижимается к рычагу съемной прокладки 4 пружиной 2. Прокладку устанавливают на боковой поверхности штабеля.

В процессе сушки штабель дает усадку, величина которой зависит от его влажности. При этом рычаг через рамку 5 поворачивает вал 3 на определенный угол. Движение вращения вала преобразуется датчиком 1 в электрический сигнал. Этот сигнал регистрируется электрическим измерительным прибором, который имеет шкалу, градуированную в миллиметрах усадки штабеля. Для исключения влияния возможных перекосов штабеля на результат измерения датчики усадки устанавливают с обеих сторон штабеля, а их показания усредняют электрическим измерительным прибором.

Величину усадки штабеля (по показаниям прибора) в проценты влажности переводят по таблицам или графикам, которые составляют для пиломатериалов различных пород и толщин

на основании специальных испытаний.

Способ контроля текущей влажности пиломатериалов по массе штабеля основан на использовании весоизмерительных устройств, установленных внутри камеры (рис. 82). Штабель 3

пиломатериалов укладывают на подштабельную тележку 2. Все ее четыре колеса фиксируют в определенном положении на отрезках играющих рельсов, роль консолей. этими консолями установлены гидравлические мембранные датчики 4, в которых создается давление жидпропорциональное массе штабеля. Усредненное давление от датчиков передается по трубопроводу 5 на электрический преобра-

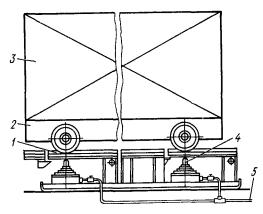


Рис. 82. Схема устройства для взвешивания штабеля:

1 — рельсы-консоли, 2 — тележка, 3 — штабель, 4 — датчики, 5 — трубопровод

зователь. Его сигнал регистрируется измерительным прибором, шкала которого градуирована в единицах массы. Текущую влажность штабеля рассчитывают, как и при способе контрольных образцов, по формуле (24). Начальную влажность пиломатериалов, величина которой необходима для определения ожидаемой массы штабеля в абсолютно сухом состоянии $M_{\rm суx}$, определяют весовым способом по нескольким секциям.

Контроль за внутренними напряжениями и остаточными де-

формациями при сушке проводят с помощью силовых секций. По силовым секциям можно установить характер и примерную величину внутренних напряжений в древесине, наличие в ней остаточных деформаций и характер распределения влаги по толщине материала. Эти сведения особенно важно иметь после влаготеплообработки и в конце сушки.

Для контроля за напряжениями и деформациями в процессе сушки в штабель одновременно с контрольными образцами влажности закладывают силовые образцы длиной 1 ... 1,2 м. От

этих образцов в нужные моменты времени отпиливают силовые секции. Торцы силовых образцов замазывают густотертой масляной краской. Замазку возобновляют свежем пропиле после каждой выпиловки новой секции. Секции выпиливают на расстоянии не менее 100 мм от торца.

Силовую секцию раскраивают на ленточнопильном станке в виде двузубой гребенки, выкалывая середину, как это показано на рис. 83, *a*. Сразу после раскроя

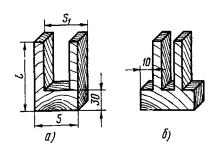


Рис. 83. Схемы раскроя силовой секции на двузубую гребенку для пиломатериалов толщиной менее 40 (a) и более 40 мм (б)

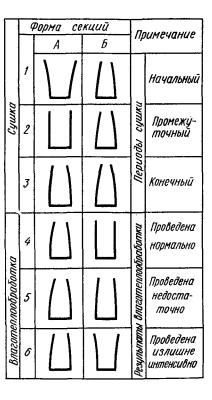


Рис. 84. Силовые секции форм *А* и *Б* для наиболее характерных моментов сушки

зубцы секции могут изогнуться в ту или иную сторону (рис. 84). По положению зубцов можно судить о характере внутренних напряжений (см. § 16). Если зубцы этой секции, которую назовем секция формы A, изгибаются наружу (позиция A-1), значит, в материале имеются растягивающие напряжения на поверх-

ности и сжимающие напряжения во внутренних слоях. Позиция A-3 характеризует обратные напряжения— сжатие снаружи и растяжение внутри. Отсутствие деформации изгиба в секции A (позиция A-2) свидетельствует об отсутствии внутренних на-

пряжений.

Секция формы A показывает только характер и примерное значение внутренних напряжений в той доске или заготовке, из которой эта секция выпилена, и в данный момент. Чтобы установить наличие в материале остаточных деформаций, необходимо в раскроенной секции добиться равномерного распределения влаги. Для этого секцию A выдерживают в комнатных условиях в течение $7 \dots 8$ ч или для ускорения процесса выравнивания влажности — в сушильном шкафу при $t = 100 \dots 105^{\circ}$ С в течение 2 ч. Древесина секции при такой выдержке не приобретает дополнительных остаточных деформаций. Поэтому положение зубцов секции, имеющей равномерное распределение влаги, характеризует имеющиеся в материале остаточные деформации. Секцию, полученную после выдержки, назовем секцией формы E.

Если зубцы секции формы Б приняли положение, показанное на позиции Б-1, значит, в материале имеются остаточные удлинения на поверхности и укорочения внутри. Такой характер остаточных деформаций всегда наблюдается в процессе сушки без влаготеплообработки. Если зубцы секции \mathcal{B} оказались прямыми (позиция Б-4), то остаточных деформаций в материале нет. Такой случай может быть при правильно проведенной влаготеплообработке. При форме, показанной на позиции B-6, в материале имеются остаточные деформации укорочения на поверхности и удлинения внутри. Такие деформации могут появиться в материале после излишне интенсивной влаготеплообработки. Наличие остаточных деформаций свидетельствует о том, что в материале имеются остаточные напряжения. Они могут быть выявлены в пиломатериалах после выравнивания в них влажности по толщине при выдержке на складе или после кондиционирования. О наличии остаточных напряжений судят по секции формы Б. Например, изгиб зубцов секции внутрь свидетельствует о том, что в материале имеются остаточные напряжения сжатия на поверхности и остаточные напряжения растяжения во внутренних слоях.

По силовым секциям можно установить характер распределения влаги по толщине материала. Для этого необходимо сравнить положение зубцов секций формы A и B. Если положение зубцов секции формы B по сравнению с зубцами секции A не изменилось, значит, влага в материале распределена равномерно. Если имеется дополнительная деформация зубцов секции B, то влага в материале распределена неравномерно. Так как более влажные слои секции при выдержке получают боль-

шую усушку, то изгиб зубцов секции B по сравнению с положением зубцов секции A всегда происходит в сторону большей влажности. Например, если зубцы секций A и B имеют положение, показанное на позициях 1, 2, 3, значит, влажность внутри материала больше, чем на поверхности; положение зубцов секций на позициях 4, 5, 6 свидетельствует об обратном характере распределения влаги — на поверхности материала влажность выше, чем внутри.

В некоторых случаях, особенно для толстых пиломатериалов, двузубые гребенки могут давать искаженное представление о характере внутренних напряжений. РТМ рекомендуют для пиломатериалов повышенной толщины (более 40 мм) дополнительно выпиливать вторую силовую секцию (см. рис. 83, δ) с зубцами по внутренней зоне сортимента. По двум секциям (см. рис. 83, a, δ) характер напряжений и остаточных деформаций может быть установлен более точно.

Контрольные вопросы. 1. Каков порядок подготовки камеры к сушке? 2. Какие операции в процессе сушки относятся к технологическим и какие к контрольным? 3. Перечислите категории режимов сушки и дайте их характеристику. 4. Какова структура режимов сушки в камерах периодического действия? 5. В чем состоит особенность режимов сушки в камерах непрерывного действия? 6. Каким образом проводят начальный прогрев пиломатериалов в камере? 7. Как назначают режим конечной влаготеплообработки? 8. В каких случаях проводят промежуточную влаготеплообработку? 9. Каковы правила подготовки контрольного образца влажности? 10. Каков принцип измерения текущей влажности пиломатериалов по усадке штабеля? 11. Как работает устройство для взвешивания штабеля в процессе его сушки? 12. Назовите правила выпиловки силовых секций. 13. Как определяют в материале напряжения и остаточные деформации?

ГЛАВА VIII УЧЕТ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СУШИЛЬНЫХ ЦЕХОВ И УЧАСТКОВ. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

§ 32. РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР

При проведении камерной сушки пиломатериалов, особенно при определении производительности сушильных камер и учете их работы, важно уметь рассчитать продолжительность процесса.

Для производственных расчетов продолжительности сушки пиломатериалов, высушиваемых стандартными режимами, РТМ рекомендуют применять табличный метод.

Продолжительность низкотемпературного процесса сушки в

T аблица 17. Исходная продолжительность сушки $\tau_{\text{исх}}$, при низкотемпературном процессе

	1		Шир	ина S ₂ , мм						
Толщина S_1 , мм	4050	6070	80100	110130	140180	более 180				
		Сосна,	ель, пи	іхта, кедр						
До 16	23	25	26	27	27	27				
19	29	31	32	33	33	33				
22	34	37	39	39	39	40				
25	50	52	54	55	55	55				
32	66	71	7 5	76	78	79				
40	71	79	84	86	88	88				
50		95	101	103	107	108				
60 .		103	114	122	125	130				
70			147	161	178	194				
75			171	194	215	238				
100			340	354	379	432				
Осина, липа, тополь										
До 16	29	31	33	34	34	34				
19	36	38	39	40	40	40				
22	43	45	47	53	54	54				

1

ч, пиломатериалов в камерах периодического действия

			Шир	ина S ₂ , мм		
Толщина S ₁ , мм	4050	6070	80100	110130	140180	более 180
25	59	62	64	66	67	68
32	73	80	84	88	89	91
40	81	87	93	96	99	102
50		98	109	116	119	123
60		112	128	140	152	164
75			253	282	311	344
		Бу	к, клен, б	е ре ст, я с ег	нь, ильм	
До 16	58	59	61	63	63	63
19	65	68	71	73	73	74
22	73	77	80	81	82	83
25	91	94	96	99	101	102
32	102	109	115	118	120	122
40	114	126	140	152	159	167
50		170	199	225	239	255
60		250	296	339	367	396

			Шир	Ширина S2, мм						Шиј	Ширина S2, мм		
Толщина S ₁ , мм	4050	6070	80100	110130	140180	более 180	Толщина Ѕъмм	4050	60 70	80100	110130	140180	более 180
		I.	Лиственница	ница			32	81	85	88	91	92	94
До 16	99	89	89	69	70	70	40	93	96	100	101	105	107
19	74	77	79	81	81	82	20		115	130	141	149	158
22	80	84	98	89	06	06	09		155	187	213	231	249
25	101	103	104	106	107	107) [2			107	
32	122	129	136	142	146	149	c/			3//	420	403	514
40	135	160	180	196	205	215	,	č	ì	Дуб,	obe		Ġ
50		220	258	291	310	329	До 16	84	င်	ထ	/8	/8	8
09		315	385	440	476	513	19	88	91	94	92	96	26
0			635	717	787	864	22	26	101	104	105	106	107
75			854	1019	1049	1161	22	1117	125	132	136	138	140
		Ď	Береза, ольха	льха			32	146	173	193	206	214	221
До 16	36	37	37	38	39	39	40	183	234	569	293	307	321
19	44	45	47	47	48	48	50		365	431	488	520	551
22	20	51	53	54	55	22	09		292	629	7.7.7	841	902
25	29	73	78	81	83	84	75			1086	1209	1340	1483
Приме	чани	e;	родолжи	Продолжительность	сушки	необрезных		пиломатериалов		принимают по графе, характеризующей наиболь-	nade, xana	ктеризующе	й наиболь

камерах периодического действия, включая влаготеплообработку, определяют по формуле

$$\tau = \tau_{\mu cx} A_p A_{\mu} A_k A_B A_{\mu}, \qquad (25)$$

где $\tau_{\text{исх}}$ — исходная продолжительность собственно сушки пиломатериалов заданной породы, толщины S_1 и ширины S_2 (табл. 17); A_{P} — коэффициент, учитывающий категорию режима сушки; $A_{\text{ц}}$ — коэффициент, учитывающий характер и интенсивность циркуляции воздуха в камере (табл. 18); $A_{\text{к}}$ — коэффициент, учитывающий категорию качества сушки; A_{B} — коэффициент, учитывающий начальную (W_{H}) и конечную (W_{K}) влажность древесины (табл. 19); $A_{\text{д}}$ — коэффициент, учитывающий длину материала.

T аблица 18. Значения коэффициента A_{π} для камер с реверсивной циркуляцией

Произведение			Скорос	гь циркул	яции ω _м	ат, м/с		
$ au_{ exttt{mcx}}A_{ exttt{p}}$, ч	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
20 40 60 80 100 140 180 220 и более	3,14 2,40 2,03 1,76 1,56 1,31 1,15 1,08	1,80 1,65 1,58 1,42 1,32 1,15 1,10 1,05	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00	0,78 0,81 0,84 0,85 0,88 0,92 0,96 0,99	0,63 0,67 0,71 0,76 0,81 0,91 0,95 0,98	0,54 0,59 0,64 0,72 0,79 0,90 0,94 0,97	0,49 0,54 0,60 0,68 0,78 0,89 0,93 0,96	0,46 0,52 0,58 0,67 0,77 0,88 0,92 0,95

Примечание. При нереверсивной циркуляции табличный коэффициент $A_{\mathfrak{q}}$ умножают на 1,1.

Коэффициент A_p имеет следующие значения: при сушке пиломатериалов мягкими режимами — 1,7, нормальными — 1, форсированными — 0,8.

Коэффициент $A_{\rm H}$ находят в зависимости от произведения $\tau_{\rm HCx}A_{\rm P}$ и скорости циркуляции сушильного агента по материалу $\omega_{\rm Mat}$. В тех случаях, когда $\omega_{\rm Mat}$ неизвестна для приближенных расчетов, ее принимают равной, м/с: в камерах с естественной циркуляцией — 0,2; в камерах с циркуляцией слабой интенсивности (например, ЦНИИМОД-39) — 0,5; с циркуляцией средней интенсивности (эжекционные Гипродревпрома) — 1; с циркуляцией повышенной интенсивности (ВК-4, СПЛК) — 2; с мощной циркуляцией (СПВ-62М, УЛ-1, УЛ-2, СПМ-2К, УРАЛ-72) — 2,5.

Коэффициент A_{κ} , учитывающий длительность влаготеплообработки и кондиционирования древесины в камере, имеет для

Таблица 19. Значения коэффициента Ав

Tomon I						Конечная влажность	RAKHOCTE WR,	æ				
118 44.18. 118 BJB.W. 110 W. W.	22	20	18	16	14	12	11	10	6	80	7	9
20	1,07	1,12	1,18	1,25	1,33	1,43	1,49	1,55	1,61	1,68	1,76	1,86
110	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,37	1,43	1,49	1,55	1,62	1,71	1,81
00	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,65	1,75
06	0,87	0,93	1,00	1,07	1,16	1,25	1,30	1,36	1,43	1,51	1,58	1,68
80	0,80	98'0	0,93	1,00	1,09	1,18	1,23	1,29	1,35	1,43	1,51	1,61
20	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10	1,15	1,21	1,27	1,35	1,43	1,52
65	0,67	0,74	0,80	0,87	96'0	1,05	1,10	1,16	1,23	1,30	1,38	1,48
09	0,62	89,0	0,75	0,82	0,91	1,00	1,05	1,11	1,18	1,25	1,33	1,43
55	0,57	0,63	69'0	0,77	0,85	0,94	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,38
20	0,51	0,57	0,63	0,71	0,79	68'0	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,32
45	0,44	0,50	0,57	0,64	0,73	0,82	0,87	0,93	1,00	1,07	1,15	1,25
40	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75	08'0	98'0	0,93	1,00	1,08	1,18
35	0,29	0,35	0,43	0,49	0,57	99'0	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10
30	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,57	0,62	99'0	0,75	0,82	06'0	1,00
28	0,15	0,21	0,27	0,35	0,43	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	98'0	96'0
56	0,10	0,16	0,23	0,31	0,38	0,48	0,54	0,59	0,65	0,73	0,82	0,91
24	90,0	0,11	0,18	0,27	0,33	0,43	0,49	0,54	0,61	89'0	0,77	98'0
22	ì	90'0	0,13	0,22	0,28	0,38	0,43	0,49	92,0	0,63	0,71	0,81
20	1	ı	0,07	0,14	0,22	0,32	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75

различных категорий качества следующие значения: I — 1,20; II — 1,15; III — 1,05; 0 — 1.

Коэффициент A_{π} для досок равен 1, а для заготовок зависит от отношения их длины к толщине L/S_1 :

$$L/S_1$$
 $\geqslant 40$ 35 30 25 20 15 10 7 5 A_{π} 1,0 0,97 0,95 0,93 0,91 0,88 0,8 0,7 0,6

Примеры 1. Определить продолжительность сушки сосновых обрезных досок поперечным сечением $40\!\!\times\!\!150$ мм III категории качества от начальной влажности $80\,\%$ до конечной $10\,\%$ в камере СПЛК-2 для форсированного режима сушки.

Находим по таблицам: $\tau_{\text{исx}} = 88$ ч; $A_p = 0.80$; $A_k = 1.05$; $A_{\pi} = 0.74$; $A_B = 1.29$; $A_{\pi} = 1.0$. Перемножая найденные величины, получаем $\tau = 88 \times 10^{-2}$

 $\times 0.8 \cdot 1.05 \cdot 0.74 \cdot 1.29 = 71$ ч.

2. Дубовые необрезные доски толщиной 25 мм высушивают по I категории качества от начальной влажности 90% до конечной 6% в камере УЛ-2. Режим сушки нормальный. Определить сроки сушки этого материала.

По таблицам находим: $\tau_{\text{нсx}} = 140$ ч; $A_{\text{p}} = 1,0$; $A_{\kappa} = 1,2$; $A_{\text{q}} = 0,9$; $A_{\text{b}} = 1,68$; $A_{\pi} = 1,0$. Перемножаем полученные величины и находим $\tau = 140 \times 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,68 = 254$ ч.

Продолжительность сушки в камерах непрерывного действия определяют в зависимости от типа камеры. Для камер с позонной циркуляцией, в загруженном конце которых поддерживают состояние сушильного агента по первой ступени, а в разгрузочном конце — по третьей ступени режимов сушки, продолжительность сушки можно определить по формуле (25).

В противоточных камерах непрерывного действия продолжительность сушки (ч), включая начальный прогрев, рассчитывают по формуле

$$\tau = \tau_{\text{MCX}} A_{\text{II}} A_{\text{II}} A_{\text{B}} A_{\text{K}}, \tag{26}$$

где $\tau_{\rm ucx}$ — исходная продолжительность сушки сосновых пиломатериалов заданной толщины и ширины от начальной влажности $60\,\%$ до конечной $12\,\%$ в камерах с поперечной транспортировкой штабелей при объеме циркулирующего сушильного агента, обеспечивающего минимальную себестоимость процесса при сохранении целостности материала; $A_{\rm u}$, $A_{\rm g}$, $A_{\rm k}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно породу древесины, интенсивность циркуляции, начальную и конечную влажность пиломатериалов и требуемое качество сушки.

Продолжительность сушки в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе определяется по формуле

$$\tau = \tau_{\text{HCX}} A_{\text{II}} A_{\text{II}} A_{\text{B}} A_{\text{T}} A_{\text{K}} A_{\text{II}}, \tag{27}$$

где $\tau_{\text{исх}}$ — исходная продолжительность собственно сушки сосновых пиломатериалов заданной толщины и ширины стандартными высокотемпературными режимами от начальной влажности 60% до конечной влажности 12% в камерах с реверсивной циркуля-

цией при скорости сушильного агента по материалу 2 м/с; $A_{\rm L}$, $A_{\rm R}$, $A_{\rm R}$, $A_{\rm K}$, $A_{\rm R}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно породу древесины, интенсивность циркуляции, начальную и конечную влажность, фактическую температуру сушильного агента, если она отличается от заданной по режиму, качество сушки и длину материалов.

Величины, входящие в уравнения (26) и (27), находят по

таблицам, которые приведены в РТМ.

Производительность сушильной камеры Π , в которой высушивают пиломатериалы конкретной характеристики и определенного назначения, определяют в кубических метрах древесины за год:

$$\Pi = (335/\tau_{00})E,$$
 (28)

где 335 — число суток работы камеры в году; τ_{o6} — продолжительность одного оборота камеры при сушке фактического материала, сут; в камерах непрерывного действия она равна продолжительности сушки, а в камерах периодического действия — продолжительности сушки, увеличенной на время загрузки и разгрузки камеры, которое составляет 0.1 сут; E — вместимость сушильной камеры, м³ древесины.

Учитывать работу сушильных камер, непосредственно используя выражение (28), достаточно сложно. Конкретное предприятие высушивает пиломатериалы разнообразной спецификации, поэтому величины E и τ_{00} нестабильны.

Вместимость камеры зависит от размеров и вида материала, толщины прокладок и метода укладки, а продолжительность оборота камеры — от режима процесса и характеристики материала.

Учет и планирование работы сушильных камер принято вести в кубических метрах условного материала. Условному материалу эквивалентны сосновые обрезные доски толщиной 40 мм, шириной 150 мм, длиной более 1 м, II категории качества, высушиваемые от начальной влажности 60% до конечной 12%.

Количество фактически просушенных пиломатериалов Φ переводится в количество условного материала $\mathcal Y$ по соотношению

$$Y = \Phi E_{ycn} \tau_{\phi} / (E_{\phi} \tau_{ycn}). \tag{29}$$

Следовательно, для перевода фактического объема древесины в объем условного материала необходимо установить вместимость камеры на условном (E_{ycn}) и фактическом (E_{ϕ}) материале, а также продолжительность сушки условного (τ_{ycn}) и фактического (τ_{ϕ}) материала. Вместимость камеры E (м³ древесины) определяют по выражению

$$E = \Gamma \beta$$
, (30)

где Γ — объем штабелей, одновременно находящихся в камере;

 β — коэффициент объемного заполнения штабеля. В свою очередь,

$$\Gamma = lbhn,$$
 (31)

где *l, b, h* — длина, ширина и высота; *n* — число штабелей в ка-

мере.

При определении величины β следует иметь в виду, что различают два показателя вместимости камеры: по объему сырых пиломатериалов и по объему товарных пиломатериалов. Второй показатель меньше первого на величину объемной усушки древесины при изменении ее влажности от предела насыщения до товарной влажности. Работу камер учитывают по товарным пиломатериалам.

С учетом этого обстоятельства коэффициент объемного запол-

нения штабеля рассчитывают по формуле

$$\beta = \beta_{nn}\beta_{m}\beta_{s}\cdot 0.93, \tag{32}$$

где $\beta_{\text{дл}}$, $\beta_{\text{ш}}$, $\beta_{\text{в}}$ — коэффициенты заполнения штабеля по длине, ширине и высоте; 0.93 — коэффициент, учитывающий объемную

усушку древесины.

Коэффициент заполнения штабеля по длине $\beta_{\pi\pi}$ принимается равным: для неторцованных пиломатериалов, а также пиломатериалов и заготовок, не сортированных по длине, — 0,85; для материала одинаковой длины (например, заготовок) — 1. Коэффициент заполнения штабеля по ширине определяют по табл. 20.

Коэффициент заполнения штабеля по высоте при толщине

прокладок 25 мм рассчитывают по отношению $\beta_B = S/(S + +25)$, где S — толщина пиломатериалов, мм.

Продолжительность сушки условного и фактического материала находят расчетом по таблицам, рассмотренным выше.

Учет высушенных пиломатериалов ведут параллельно в объемах фактического и ус-

T аблица 20. Значения коэффициента β_{m}

	Пилома	териалы
Метод укладки	обрезные	необрез- ные
Со шпациями Без шпаций	0,65 0,9	0,43 0,6

ловного материала. В учетном журнале сушильного цеха регистрируют фактический объем и характеристику каждого выгруженного из сушильной камеры штабеля. Этот объем по выражению (29) пересчитывают в объем условного материала. Количество высушенной в данный момент древесины (в том числе в объеме условного материала) суммируют с объемом древесины, высушенной от начала отчетного периода (месяца, квартала). Количественная оценка работы сушильного цеха за месяц, квартал или год производится сравнением фактического выпуска с плановой производительностью камер в условном материале.

Плановую производительность камеры Π_{ycn} (м³ условного материала в год) рассчитывают по формуле

$$\Pi_{ycn} = \Gamma \beta_{ycn} \cdot 335 / \tau_{o6,ycn} = \Gamma \Pi_{y,y,n}, \tag{33}$$

где $\Pi_{y,yq}$ — удельная производительность камеры в год в условном материале на 1 м³ объема штабелей; значения $\Pi_{y,yq}$ для камер основных типов приведены в табл. 21.

Таблица 21. Удельная производительность сушильных камер в условном материале

_ · ·				
			м ³ усл./год, на режима	ıx
Типы камер по циркуляции и транспортировке штабелей	мягких	нормаль- ных	форсиро- ванных	высоко- темпера- турных
Периодическ	ого дей	ствия	,,	
С естественной циркуляцией С циркуляцией слабой интенсивно- сти		15 25		_
С циркуляцией средней интенсивности С реверсивной циркуляцией большой интенсивности при скорости по ма-	20	34	42	
териалу, м/с: 2,0 2,5	22 —	43 44,5	56,5 60	101 113
Непрерывно	го дейс	ствия		
С поперечной транспортировкой шта-	24	47	61	
С зигзагообразной циркуляцией С прямолинейной циркуляцией и про- дольной транспортировкой	24 —	47 34	61 —	_
С позонной циркуляцией	22	43	56,5	

§ 33. ПЛАНИРОВАНИЕ. УЧЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ДЛЯ СУШИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

При составлении производственного плана сушильного цеха устанавливают спецификацию и объем пиломатериалов, подлежащих сушке в год, исходя из плана предприятия по выпуску готовой продукции. Объем по этой спецификации пересчитывают на условный материал по формуле (29) и тем самым определяют плановую производительность сушильного цеха в год.

Производственную мощность сушильного цеха в условных единицах определяют по выражению

$$\Pi_{\text{rox}} = \sum_{i=1}^{k} \Gamma_i \Pi_{\text{y,yx}} B m_i, \tag{34}$$

где k — число типов камер по принципу действия, характеру циркуляции и способу транспортировки штабелей; m_i — число камер одного типа.

Путем сравнения плановой производительности сушильного цеха с его производственной мощностью устанавливают степень загрузки p этого цеха:

$$p = Y/\Pi_{\rm r}. \tag{35}$$

Если p < 1, то цех недогружен и следует принять меры к его полной загрузке путем сушки пиломатериалов для других предприятий. Если p > 1, то программа выше мощности цеха и, следовательно, необходимо принять меры по повышению его производительности (путем реконструкции сушильных камер, внедрения рациональных режимов сушки, обеспечения камер паром повышенного давления).

Рассмотрим на примере порядок составления производственного плана сушильного цеха и расчета степени его загрузки.

Пример. Сушильный цех предприятия по выпуску мебели оснащен пятью камерами УЛ-1. На основании плана работы предприятия производственный отдел определил следующие спецификацию и объем пиломатериалов, подлежащих сушке (в год) (табл. 22).

Таблица 22. Спецификация пиломатериалов, подлежащих сушке

		Размеры		Влажн	ость, %	
Порода и вид пиломатериалов	S ₁ , mm	S ₂ , мм	<i>L</i> , m	. W _H	W _K	Объем, м³/год
Сосновые обрезные Буковые обрезные Дубовые обрезные	25 32 50	150 120 100	6,5 3,0 3,0	70 60 60	8 8 8	2000 1000 600

Принятые размеры штабеля 6,5×3,0×1,8 м.

1. Определяем производственную мощность сушильного цеха в условном материале. Цех оснащен однотипными камерами, т. е. k=1, m=5. Выбираем нормальные режимы, сушки по II категории качества. По табл. 21 находим $\Pi_{y,yg}=44,5$ м $^3_{ycn}$ /год. Отсюда $\Pi_r=\Gamma\Pi_{y,yg}m=6,5\times3,0\times1,8\times44,5\times5=7810$ м $^3_{ycn}$ /год.

2. Определяем плановую производительность сушильного цеха в такой последовательности:

рассчитываем продолжительность сушки пиломатериалов заданной спецификации, в том числе и условного материала по формуле (25), и затем время оборота камеры с учетом ее загрузки и выгрузки (0,1 сут);

определяем вместимость камеры в фактическом и условном материале,

используя формулы (30), (31) и (32);

рассчитываем плановую производительность сушильного цеха в условном материале по формуле (29) и определяем степень загрузки *p* цеха. Для удобства все расчеты сводим в табл. 23.

Таблица 23. Расчет производительности сушильного цеха в условном материале

Порода и вид пило-	Разме	ры, мм	Влах	кность, %	Кате-	Қате-	
материалов	Si	S_2	₩ _H	W _K	гория режима	гория качества	
Сосновые обрезные Буковые обрезные Дубовые обрезные Сосновые обрезные (условный материал)	25 32 50 40	150 120 100 150	70 60 60 60	8 8 8 12	Нор- мальный » »	11 * *	

Продолжение табл. 23

Продолжительность сушк и τ и об орота камеры τ _{об}						Қоэффициент запол- нения штабеля						
тисх	A _p	А _ц	A _K	A _B	$A_{_{{ar{\mathcal{A}}}}}$	τ	т _{п.р}	τοδ	βдл	β _{ιιι}	βΒ	β
55 118 431 88	1,0 1,0 1,0	0,63 0,8 0,97 0,75	1,15 1,15 1,15 1,15	1,35 1,25 1 25 1,0	1,0 1,0 1,0 1,0	53,8 135,7 601 75,9	2,4 2,4 2,4 2,4	56,2 138,1 603,4 78,3	0,85 0,85 0,85 0,85	0,9 0,9 0,9 0,9	0,5 0,55 0,67 0,62	0,36 0,39 0,48 0,44

Продолжение табл, 23

Плановая производительность цеха, м ³ /год				
в фактическом материале	в условном материале			
2000	1754			
1000	1990			
600	4238			
	$\Sigma Y = 7982 \text{ м}^3 \text{ усл/год}$			

Таким образом, плановая производительность сушильного цеха в условном материале составляет 7982 м³усл/год. Степень загрузки составляет

$$p = 7982/7810 = 1,02$$

т. е. программа превышает мощность цеха на 2%. В данном случае для повышения производительности сушильного цеха следует рассмотреть возможность применения форсированных режимов сушки для сосновых пиломатериалов, что приведет к сокрашению их сроков сушки и соответственно повышению производительности камер и увеличению сушильной мощности цеха.

Календарное планирование работы сушилок проводят с целью бесперебойного и своевременного выпуска сушильным цехом материала, требующегося производству. Календарный план составляют на месячный срок. Основой для разработки календарного плана служит заказ цехов, потребляющих высушенную древесину, в котором указывают, какие пиломатериалы, сколько и когда должен дать сушильных цех.

Для составления плана удобно пользоваться передвижным графиком (рис. 85), представляющим собой доску-планшет, пригодную для любого месяца. На доске, против номеров камер, горизонтально расположены продольные пазы, куда вставляют

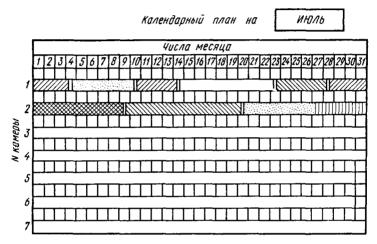


Рис. 85. Схема доски для календарного плана

специальные ленты-карточки. Их длина в масштабе доски соответствует продолжительности сушки пиломатериалов или заготовок, характеристика которых (порода, толщина, начальная влажность) обозначена на карточке. Для большей наглядности карточки следует изготовлять разных цветов для различных пород и толщин материала.

Карточки раскладывают без разрывов, одну за другой, что предопределяет работу камер без простоев. Фактическое выполнение плана может быть отмечено на том же графике путем заставки лент-карточек, больших по высоте, сзади «плановых».

Календарный план составляют следующим образом. По полученному заказу в соответствии с вместимостью камер подсчитывают число необходимых загрузок материала различных характеристик, при этом учитывают объем незавершенного производства прошлого месяца. Отбирают (а при необходимости готовят вновь) ленты-карточки, в количестве и по типоразмерам

материала соответствующие данным, полученным по предыдущему пупкту. Карточки раскладывают по доске таким образом, чтобы были загружены все сушильные камеры и были соблюдены сроки выпуска материала по заказу.

Для повседневного учета и контроля работы сушильного цеха установлены следующие формы учетной документа-

ции:

журнал учета поступления сырых и отгрузки сухих пиломатериалов или заготовок;

сводка движения пиломатериалов в сушильном цехе за месяц:

штабельная карточка, содержащая полную характеристику материала;

журнал контроля режимов сушки;

протокол контроля перепада влажности по толщине пиломатериалов или заготовок;

протокол контроля внутренних напряжений.

Перечисленные формы и правила их заполнения приводятся в РТМ по технологии камерной сушки древесины.

§ 34. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ ЦЕХОВ И УЧАСТКОВ

Сушильные цехи как самостоятельная административно-хозяйственная единица выделяются на предприятиях при производственной мощности более 30 ... 50 тыс. м³усл/год. При меньших объемах сушки на предприятиях организуют участки. Штат участка сушки включает обычно сменного мастера, четырех операторов, слесаря и рабочих по укладке, транспортированию и разборке штабелей. В штатах сушильных цехов предусмотрены дополнительно начальник цеха, лаборант, учетчик. Количество сменных мастеров, слесарей и электромонтеров устанавливается в зависимости от мощности цеха. Количество рабочих, занятых на формировании штабелей, загрузке их в камеру и выгрузке из них, а также на разборке штабелей определяется в зависимости от объема работ и степени их механизации. При определении количества рабочих следует руководствоваться данными табл. 24.

Производительность труда при укладке досок в штабеля или пакеты со шпациями (ручная укладка в сушильные штабеля с эстакады, укладка с помощью лифтов и подъемников, ручная укладка пакетов) принимается в среднем на 20% ниже по сравнению с указанной в таблице. При укладке заготовок потребность в рабочей силе возрастает в 2 . . . 2,5 раза.

Технический надзор и ремонт приборов и оборудования по дистанционному контролю и регулированию осуществляется службой контрольно-измерительных приборов (КИП) предпри-

ятия.

В штат сушильных цехов и участков, оборудованных газовыми камерами, входят также дежурные кочегары.

Неотъемлемой частью сушильного цеха или участка является лаборатория. Работники лаборатории систематически контролируют качество сушки, предупреждают брак, определяют на-

Таблица 24. Производительность труда при различных способах укладки досок в штабеля и пакеты для камерной сушки (данные ЦНИИМОД)

Оборудование, применяемое для	Количество человек,	Производительность			
уклади и разборки штабелей	обслужива- ющих рабо- чее место	за смену, м ³	удельная, м³/(чел·ч)		
Ручная укладка в сушильные штабеля (без шпаций)	2	2530 3540	1,561,88 2,192,50		
Ручная разборка сушильных шта- белей	2	5060 7080	3,103,70 4,305,00		
Ручная укладка в сушильные штабеля с эстакады (без шпаций)	2	3035 4045	1,882,19 2,502,80		
Укладка в пакеты на пакетоформирующей машине	3	159 275	6,62 11,46		
Укладка в штабеля на лифте и вертикальном подъемнике (типа Л-6, 5-1,5)	2	3540 5055	2,202,50 3,103,44		
Разборка штабелей на лифте и вертикальном подъемнике	2	7080	4,405,00 5,205,80		
Укладка штабелеукладчиками	3	100125 150175	4,164,80 6,257,25		
Ручная укладка пакетов (без шпаций)	2	3340	2,082,50 2,863,23		
Ручная разборка пакетов	2	6680	4,165,00		
•		92104	5,726,46		

Примечания: 1. При укладке штабелей на пакетоформирующих машинах средняя длина пиломатериалов принята равной 5 м. 2. В числителе приводится производительность труда при укладке и разборке досок сечением 25×140 мм, а в знаменателе — сечением 50×140 мм.

иболее совершенные режимы сушки, обеспечивающие высокую производительность при соблюдении требуемого качества материала. В лаборатории обрабатывают и систематизируют наблюдения за работой сушильных камер. Лаборатория должна иметь следующий набор приборов, инструментов и оборудования, ис-

пользуемых при повседневной работе сушильного цеха (участка) и при испытании сушильных камер:

шкафы сушильные лабораторные (шкаф СНОЛ);

технические весы с погрешностью до 0,01 г;

весы циферблатные (типа ВНЦ);

влагомеры электрические (типа ЭВ-2К);

термометры ртутные стеклянные лабораторные (ТЛ-4) с ценой деления 0,1°С для пределов: 0 ... 50, 50 ... 100, 100 ... 150°С;

термометры технические ТТ (ГОСТ 2823—73) прямые и угловые со шкалой показаний 0 ... 150°С;

психрометр универсальный типа ПБУ-1М;

психометр аспирационный (МВ-4М);

настольная пила ленточная с электродвигателем;

пила-ножовка;

фонари электрические переносные;

измерительные приборы (рулетки стальные, складные метры, штангенциркули, микрометры, объемомер и т. п.);

часы стенные;

учебники, справочники и пособия по сушке древесины и охране труда;

аптечка первой помощи.

Дополнительные приборы и оборудование, необходимые при испытаниях сушильных камер:

пневмометрические трубки Прандтля;

микроманометры с переменным углом наклона трубки (типа МФУ);

анемометры крыльчатые и чашечные;

диффузор к анемометру;

секундомер;

контрольный манометр.

§ 35. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В СУШИЛЬНЫХ ЦЕХАХ. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Общие требования по охране труда и технике безопасности при обслуживании сушильных цехов определены Правилами техники безопасности и производственной санитарии в деревообрабатывающей промышленности. В них изложены требования техники безопасности к производственному оборудованию, инструменту, внутризаводскому и внутрицеховому транспорту.

К работе по обслуживанию сушильных камер допускаются лица, которые знают их устройство и правила технической экс-

плуатации.

В сушильном цехе необходимо периодически проводить обучение персонала правилам охраны труда и техники безопасности, а также инструктаж по производственной санитарии. В цехе должны быть оборудованы санитарный пост и стенды с наглядными пособиями по технике безопасности.

Основную опасность представляют заходы обслуживающего персонала в камеры. Их количество должно быть максимально сокращено, для чего необходимо применять стационарные или дистанционные психрометры, приспособления для закладки и выемки контрольных образцов из коридоров управления.

При заходе в камеру оператор сушильной установки должен надевать брезентовый костюм с плотными застежками у ворота и кистей рук, перчатки, шлем и противогазовую маску с воздухоохладителем. Полы помещения камер, особенно имеющих подвал, должны находиться в исправном состоянии. Камеры должны быть оборудованы электрическим освещением напряжением 12 ... 18 В. Если оно отсутствует, следует пользоваться аккумуляторными фонарями или переносными низковольтными лампами с сеткой и бронированным шнуром.

Двери в камеру должны иметь наружные и внутренние ручки. При входе в камеру необходимо следить за тем, чтобы дверь случайно не закрыли снаружи. Если оператору надо зайти в горячую камеру, у ее дверей должен находиться дежурный.

Коридоры управления камер, лаборатория, топочные помещения газовых камер должны быть оборудованы вентиляцией для того, чтобы поддерживать температуру не выше 25°С.

Паропроводы необходимо теплоизолировать, фланцы соединений паропроводов и калориферов закрыть защитными экранами, а все движущиеся части оборудования сушильных камер—ограждениями.

При эксплуатации газовых камер необходимо следить за герметичностью газоходов, топок и дверей камер. Заходить в работающие газовые камеры разрешается только в противогазе и защитном костюме.

Зольное помещение топки должно быть оборудовано вентиляцией и иметь двери, ведущие наружу. Перед топочным отверстием устанавливают экраны, предохраняющие рабочих от воздействия теплового излучения. Шиберы и заслонки, перекрывающие газоходы, должны иметь систему управления ими с пола помещения. Положение шиберов и заслонок должно надежно фиксироваться запорными устройствами. Категорически запрещается ходить по своду топки во время ее работы.

К погрузочно-транспортным работам в сушильных цехах допускаются лица, знающие устройство и правила эксплуатации подъемно-транспортных механизмов и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Основные правила техники безопасности при формировании штабелей и их транспортировке в цехе сводятся к следующему.

При формировании штабелей и их разборке:

запрещается укладывать и разбирать штабеля внутри сушильной камеры;

допускается вручную укладывать штабеля на высоту до

1,5 м от уровня пола; верхнюю часть штабеля в этом случае следует формировать, используя эстакады, штабелеры и другие механизмы;

следует обязательно проверять правильность укладки штабеля по высоте и ширине габаритным шаблоном, не допускать транспортировку некачественно уложенного штабеля;

при работе на вертикальном подъемнике нельзя находиться в непосредственной близости от штабеля при подъеме или опускании платформы; не допускать попадания предметов (досок, прокладок) в зазор между поверхностями штабеля и стенками котлована; принимать меры по удалению упавших предметов в котлаван полъемника.

Все подъемно-транспортные механизмы, трековые тележки, рельсовые пути, полы, ограждения и предохранительные приспособления должны быть исправными.

Работать на неисправных механизмах и при отсутствии или неисправности защитных ограждений и приспособлений категорически запрещается. Нельзя касаться движущихся тросов, стоять около штабеля при его движении, находиться под пакетом пиломатериалов или другого груза при подъеме и перемещении.

Совершенно недопустимо останавливать движущийся штабель, подкладывая под колеса вагонетки доски или прокладки. Для этой цели следует пользоваться специальными башмаками, устанавливаемыми на рельсы.

При закатывании (или скатывании) штабеля траверсную тележку надежно закрепляют. Она должна иметь устройства, фиксирующие ее положение на рельсовом пути.

Рельсовые пути в камерах, на складах и в местах формирования штабеля должны быть проложены заподлицо с полом. Зазоры в стыках рельсов допускаются не более 10 мм. В конце рельсового пути должны быть установлены упоры, предотвращающие сход штабелей с рельсов.

Решетки в полу камеры и в других помещениях должны быть уложены заподлицо с полом. Ширина зазора в решетках не должна превышать 30 мм.

При использовании в сушильных цехах для транспортировки пиломатериалов автотранспорта обязательная принудительная вентиляция. Въезд в цех автотранспорта, работающего на этилированном бензине, запрещен.

Необходимо следить за тем, чтобы постоянные проходы содержались в чистоте, а их ширина была не менее 1 м.

Общие требования пожарной безопасности сформулированы в ГОСТ 12.1.004—85 и «Типовых правилах пожарной безопасности для промышленных предприятий», утвержденных ГУПО МВД СССР. В этих документах определены требования к системам предотвращения пожара, к системам пожарной защиты

и к организационным мероприятиям по обеспечению пожарной безопасности.

В сушильных цехах необходимо выполнять следующие требо-

вания пожарной безопасности:

регулярно убирать помещения камер, цеха и других вспомогательных помещений, не допуская скопления отходов и мусора;

в помещении сушильного цеха не применять открытый огонь (свечи, керосиновые и паяльные лампы) и не курить; сварочные работы проводить с разрешения представителей пожарной охраны;

своевременно подавать смазку в подшипники вентиляторов и

электродвигателей, не допуская их перегрева.

В газовых сушильных камерах, кроме того, необходимо:

следить за состоянием топочных газов, не допускать вылета искр за пределы искрогасителей камеры топки, пользоваться только разрешенным для нее топливом;

систематически чистить борова и газоходы;

не допускать прогаров топки и подачи больших масс топлива, опасных в отношении взрыва;

золу из зольного помещения вывозить не ранее чем через 5 сут после ее удаления из топки.

Контрольные вопросы. 1. Как рассчитывают продолжительность сушки материала в камерах периодического и непрерывного действия? 2. Что понимают под условным материалом? Как пересчитать производительность сушильного цеха в фактическом материале на производительность в условном материале? 3. Каким образом ведется календарное планирование работы сушильного цеха? 4. Какая учетная документация должна быть в сушильном цехе? 5. Какие правила должен соблюдать оператор при заходе в сушильную камеру? 6. Какие требования пожарной безопасности необходимо выполнять в сушильных цехах?

ГЛАВА ІХ

АТМОСФЕРНАЯ СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

§ 36. ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Атмосферной сушкой называется способ сушки пиломатериалов в штабелях на специальных складах атмосферным воздухом без его подогрева. Атмосферная сушка не потеряла значения и в настоящее время. Она проходит без затрат топлива, электроэнергии, не требует применения специального оборудования, При правильном проведении обеспечивает высокое качество продукции.

Состояние атмосферного воздуха не поддается регулированию. На него оказывают влияние климат данной местности, сезон и погода. На самом складе вследствие испарения из древе-

сины больших масс влаги создается свой микроклимат. На его территории воздух имеет пониженную температуру, повышенную влажность и меньшую скорость движения по сравнению с открытым пространством.

Состояние воздуха в штабеле зависит от плотности укладки досок. Чем плотнее уложены доски, тем хуже продуваемость штабеля и, следовательно, тем ниже в нем температура и выше насыщенность воздуха влагой. Со снижением влажности древесины температура воздуха в штабеле увеличивается, а степень насыщения падает.

Под влиянием ветра воздух в штабеле движется в горизонтальном направлении. Однако движение воздуха в сохнущем штабеле наблюдается и в безветренную погоду. Такое движение проходит в вертикальном направлении за счет разности плотности воздуха. Днем нагретый воздух, поступающий в штабель, охлаждается и движется вниз. Вечером и ночью остывший воздух, поступая в штабель, который сохранил более высокую температуру, нагревается в нем и движется вверх. Такое изменение направлений движения воздуха в штабеле несколько условно. Практически в результате взаимодействия масс воздуха, перемещающихся вертикально и горизонтально, возникают более сложные по направлению воздушные потоки.

При малой интенсивности сушки пиломатериалов на складе возможно их поражение деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами. Поэтому процесс сушки целесообразно ускорять, применяя разреженную укладку (с большими шпациями) для лучшей продуваемости штабеля. Но при этом появляется другая опасность — излишняя интенсификация процесса в условиях нерегулируемого состояния воздуха может привести к растрескиванию пиломатериалов.

Процессом атмосферной сушки можно управлять путем соответствующего размещения штабелей на складе и надлежащей укладки в них пиломатериалов с учетом климатических особенностей района расположения предприятия. Правила атмосферной сушки и хранения на складах пиломатериалов хвойных пород регламентированы ГОСТ 3808.1—80, пиломатериалов твердых лиственных пород — ГОСТ 7319—80.

По условиям атмосферной сушки вся территория СССР разделения на четыре климатические зоны: 1-я — северная (северная область европейской части РСФСР, север Урала и Сибири); 2-я — северо-западная (Карелия, западные области европейской части РСФСР); 3-я — центральная (Прибалтика, центральные области европейской части РСФСР, Белоруссия, Южная Сибирь); 4-я — южная (южные области РСФСР, Украина, Кавказ, Средняя Азия).

8 37. УСТРОЙСТВО И ПЛАНИРОВКА СКЛАДОВ ТМОСФЕРНОЙ СУШКИ

Склад атмосферной сушки пиломатериалов устраивают на сухом, достаточно проветриваемом участке, очищенном от деревьев и кустарника. Его территорию тщательно выравнивают, обрабатывают химикатами для уничтожения травянистой растительности. При высоких грунтовых водах проводят дренажные работы, осушающие площадь склада. При планировке все углубления и ямы засыпают землей или шлаком. Применять опилки или древесные отходы для этой цели нельзя из-за опасности заражения древесины грибами. Следует учитывать, что чем хуже метеорологические условия для сушки, тем суше должен быть участок и тем лучше он должен проветриваться, и наоборот. Так, например, склады для сушки древесины твердых лиственных пород в южных районах следует устраивать во влажных, защищенных от ветра, низких местах, с тем чтобы избежать растрескивания пиломатериалов в сухую жаркую погоду.

Штабеля на складе размещают секциями в два ряда. Площадь секции не должна превышать 900 м². Между штабелями оставляют разрывы по длине и ширине секции. Секции отделяются продольными и поперечными проездами, которые представляют хорошо оборудованные дороги. Основное движение транспорта проходит по поперечным проездам; продольные проезды (вдоль длинной стороны секции) служат для подачи досок и штабелям. Направление продольных проездов должно совпальсь с направлением господствующих ветров, а там, где направление ветра выражено слабо,— проходить с севера на юг.

ГОСТ 3808.1—80 определяет два способа формирования штабель) и формирование штабеля из сушильных пакетов (пакетный штабель).

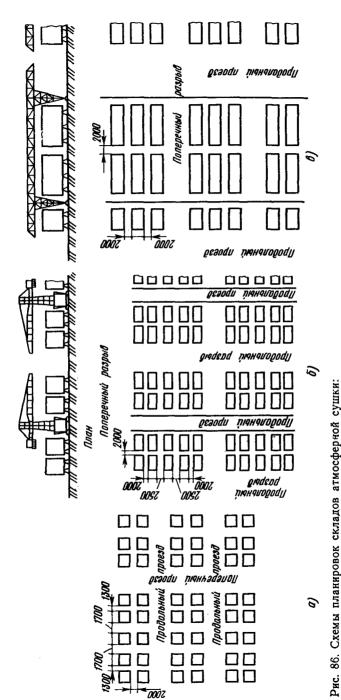
В зависимости от принятого способа уклалки применяют

ный штабель).

ный штабель).

В зависимости от принятого способа укладки применяют соответствующие подъемно-транспортные механизмы. При укладке рядовых штабелей пиломатериалы по складу развозят автолесовозами. Для подъема досок используют штабелеры (см. рис. 69). Раскладывают доски по рядам штабеля вручную. Пакетные штабеля формируют с помощью автопогрузчиков (см. рис. 71), башенных или консольно-козловых кранов. Наиболее рационально применять краны, так как это повышает полезную вместимость складов за счет увеличения высоты штабелей и уменьшения ширины проездов. Для подачи сушильных пакетов к месту укладки штабеля в этом случае используют автолесовозы. Пиломатериалы в сушильные пакеты укладывают по тем же правилам, что и при камерной сушке (см. § 26).

При укладке штабелей автопогрузчиками необходимо устраивать более широкие проезды на складе (для их маневриро-



а — при рядовой укладке, б — при пакетной укладке башенным краном, в — при пакетной укладке козловым краном

вания). Высота формируемых штабелей при этом сравнительно небольшая. Автопогрузчики целесообразно использовать на небольших складах.

На рис. 86 приведены схемы планировок склада атмосферной сушки пиломатериалов при рядовой и пакетной укладке башенным или консольно-козловым кранами. Планировка склада при формировании пакетного штабеля автопогрузчиками такая же, как и при рядовой укладке, но с некоторым расширением проездов.

Планировка склада атмосферной сушки пиломатериалов твердых лиственных пород отличается устройством более длинных штабелей и более плотным их размещением в секции.

Штабель пиломатериалов для атмосферной сушки состоит из основания, собственно штабеля и крыши.

Основание штабеля должно быть прочным, не давать осадки. Его высота должна обеспечивать хорошую проветриваемость низа штабеля и достаточное расстояние нижних досок от грунта, а на затопляемых в половодье участках — от максимального уровня воды. Нормальная высота основания составляет для 1-й и 2-й климатических зон 0,75 м, 3-й зоны — 0,6 ... 0,7 и 4-й зоны — 0,5 м.

Основание состоит из опор, на которые укладывают прогоны. Все прогоны должны лежать в одной плоскости во избежание прогиба материала.

Для больших складов, особенно при формировании высоких штабелей, лучшими являются железобетонные или деревянные свайные опоры. Деревянные свайные опоры должны быть пропитаны каменноугольным маслом или другим не вымываемым водой антисептиком.

Очень часто опоры делают переносными в виде железобетонных столбиков, имеющих форму усеченной пирамиды со средним поперечным сечением 0.6×0.6 м.

Собственно штабель укладывают из одинаковых по породе и толщине досок на прокладках. В рядовых штабелях в качестве прокладок используют либо сами высушиваемые доски, либо специальные рейки, имеющие поперечное сечение 25×40 мм, При формировании штабеля прокладки размещают строго вертикальными рядами над опорами. Расстояние между ними зависит от толщины высушиваемых досок и колеблется в пределах от 0,75 до 2 м. Доски укладывают со шпациями.

Штабель, который уложен на прокладках из высушиваемых досок (рис. 87, a), имеет в плане квадратное сечение. Длина и ширина его соответствуют наибольшей длине укладываемых досок (6,5 ... 7 м), а высота составляет 3,5 ... 4 м. Такие штабеля формируют из пиломатериалов хвойных пород. Пиломатериалы лиственных пород укладывают на рейках в более длин-

ные (8 ... 11 м) штабеля (рис. 87, б), имеющие ширину 1,5 ... 2 и высоту 2,5 ... 3 м.

Пакетные штабеля (рис. 88) состоят из одинаковых сушильных пакетов, уложенных в несколько (4 ... 5) горизонтальных рядов. Пакеты каждого ряда отделяют один от другого межпакетными брусьями толщиной не менее 75 мм. В горизонтальных рядах между пакетами оставляют разрывы, которые должны

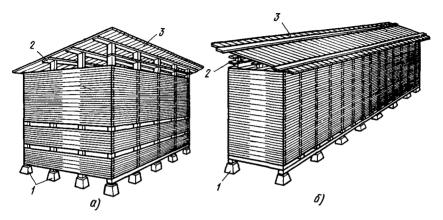


Рис. 87. Рядовые штабеля пиломатериалов хвойных (a) и твердых лиственных (b) пород:

1 — опоры штабельного основания, 2 — подголовники, 3 — крыша штабеля

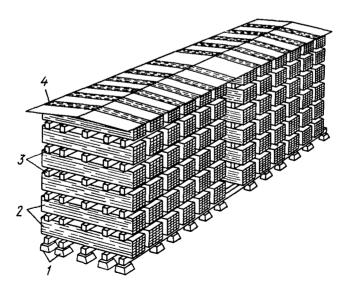


Рис. 88. Пакетный штабель:

1 — опоры штабельного основания, 2 — сушильные пакеты, 3 — межпакетные прокладки, 4 — крыша штабеля

образовывать в штабеле вертикальные каналы. Величина разрывов увеличивается от краев штабеля к его середине и колеблется от 0,25 до 0,4 м. Высота пакетных штабелей составляет при их укладке автопогрузчиками 4 ... 5 м, а кранами — 5 ... 7 м. Длина штабеля (размер по длине досок) из пиломатериалов хвойных пород равна 6,5 ... 7 м (один пакет), а лиственных — 9 ... 12 м (два-три пакета). Ширина штабеля зависит от характеристики подъемно-транспортных механизмов и доходит до 30 м.

Плотность укладки пиломатериалов в штабеля определяется шириной шпаций и каналов и зависит от климатических условий, местоположения склада и характеристики материала. Чем выше степень насыщения воздуха и чем хуже проветривается склад, тем реже укладывают доски в штабеля. При прочих равных условиях для сортиментов крупных сечений следует применять более плотную укладку. Необходимо учитывать и календарное время укладки штабелей: осенью укладывают материал с большими шпациями, чем летом.

Для улучшения воздухопроницаемости рядовых штабелей в их нижней части устраивают горизонтальные разрывы высотой $0.12 \dots 0.15$ м.

Пиломатериалы условно разделены на три размерно-качественные группы (ГОСТ 7319—80). Для каждой из групп в зависимости от климатических условий стандартами даются рекомендации по размещению и конструкции штабелей, а также плотности их укладки.

Крыша штабеля служит в основном для защиты пиломатериалов от атмосферных осадков и солнечной радиации. Крыши изготовляют из досок толщиной 22 ... 25 мм без выпадающих сучков и сквозных трещин.

Конструкция крыши определяется типом штабеля. Над рядовыми штабелями монтируют односкатные крыши непосредственно из досок с уклоном 0,12 в направлении проездов (но не в узкие промежутки между штабелями). Крыша должна иметь свесы: в сторону продольного проезда — 0,75 м, а в остальных направлениях (с боков и сзади) — 0,5 м. Требуемый уклон крыши создают подголовниками, на устройство которых используют те же доски, из которых выложен штабель. Подголовники должны располагаться над опорами основания штабеля.

Крышу настилают в два ряда по толщине и по длине с перекрытием стыков досок первого ряда досками второго ряда и с напусками концов досок верхнего ряда на концы досок нижнего ряда. Крепят крышу прижимными досками, концы которых притягивают проволокой к прогонам основания штабеля.

Над пакетными штабелями устраивают одно- или двускатные крыши из заранее подготовленных съемных панелей с уклоном не менее 0,06. Свесы на стороны штабеля должны быть по 0,3 ...

0,5 м. Щели между панелями перекрывают широкими досками или шитами.

Штабеля заготовок из древесины твердых лиственных пород первой и второй размерно-качественных групп целесообразно перекрывать стационарными навесами. Для заготовок небольшой толщины навесы делают открытыми, а для заготовок толщиной более 40 ... 50 мм — со стенами из жалюзийных решеток.

§ 38. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ. АНТИСЕПТИРОВАНИЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Высококачественная атмосферная сушка пиломатериалов в значительной мере обеспечивается правильным размещением штабелей из конкретных материалов на складе. Штабеля тонких досок (до 25 мм) следует располагать с наветренной стороны склада (по отношению к господствующим ветрам), штабеля досок средней толщины (30 ... 45 мм)—с подветренной стороны, а штабеля толстых (более 50 мм) досок — в средней части территории склада. Указанный порядок размещения штабелей необходимо сочетать с соответствующей плотностью их укладки.

Большое значение для успешного проведения атмосферной сушки имеет надлежащее санитарное содержание склада. Его территорию необходимо постоянно поддерживать в чистоте, периодически очищать от травы, кустарников, древесных отходов и мусора. Бракованные и пораженные гнилью пиломатериалы следует немедленно удалять со склада на специально отведенные места. Площадки под штабелями и вокруг них необходимо регулярно посыпать хлорной известью.

Поступившие на склад пиломатериалы следует укладывать в штабеля в теплое время года в течение суток, а зимой — в течение трех суток. Если штабель сстается выложенным на неполную высоту, даже на короткий период, например из-за недостатка материала, то в таких случаях необходимо сплачивать верхний ряд досок во избежание попадания внутрь штабеля атмосферных осадков. Следует помнить, что нормальный ход сушки возможен только в полностью сформированном штабеле под крышей.

За состоянием пиломатериалов ведут постоянный контроль. Влажность определяют путем периодического взвешивания контрольных образцов, которые в количестве 3 ... 7 шт. закладывают внутрь штабеля. Для той же цели можно использовать электровлагомеры. Методика определения влажности по образцам такая же, как и при камерной сушке (см. § 31).

Систематически ведут визуальное наблюдение за видимыми дефектами сушки. При появлении растрескивания торцов или пластей досок, что свидетельствует об излишней интенсивности

процесса, ограничивают доступ воздуха в штабель путем установки у его боковых стенок щитов.

При сушке материала ответственного назначения следует вести контроль за внутренними напряжениями и деформациями такими же методами, как при камерной сушке.

Атмосферная сушка считается законченной, если влажность материала достигла 20 ... 22%. Штабель в этом случае разбирают и пиломатериалы отправляют потребителю. При длительном хранении сухих пиломатериалов их перекладывают в плотные штабеля без прокладок. Сухие пиломатериалы и заготовки твердых лиственных пород и пиломатериалы хвойных пород пер-

вой размерно-качественной группы хранят под навесами. Остальные пиломатериалы допускается хранить на открытом воздухе под временной крышей.

Продолжительность атмосферной сушки зависит в основном от характеристики пиломатериалов, климата данной местности, метеорологических условий, времени укладки штабелей.

Ориентировочно продолжительность атмосферной сушки хвойных пиломатериалов можно определить по диаграмме, приведенной на рис. 89. Сплошные линии характеризуют продолжительность сушки в тече-

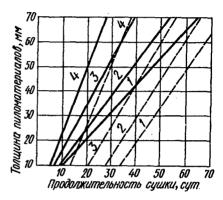


Рис. 89. Диаграмма для определения ориентировочной продолжительности атмосферной сушки сосновых пиломатериалов

ние летних месяцев, а пунктирные — в течение весенних и осенних месяцев, цифры — климатические зоны. Например, для сушки сосновых досок толщиной 50 мм, уложенных в июне — июле. в 3-й климатической зоне (Москва) продолжительность процесса составит в среднем 28 сут.

В теплый период года возможно поражение древесины деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами. Поэтому пиломатериалы, выпиливаемые в этот период и предназначенные для атмосферной сушки, следует антисептировать.

Антисептирование заключается в пропитке поверхностных слоев пиломатериалов (на глубину до I мм) специальными веществами (антисептиками), обеспечивающими защиту древесины от поражения грибами и плесенью в период сушки.

Антисептирование осуществляют с помощью установки для антисептирования (рис. 90), которая состоит из ванны 3, заполненной раствором антисептика, бака 1 с мешалкой, служащего

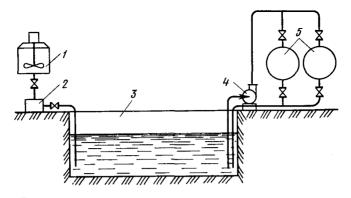


Рис. 90. Установка для ангисептирования пакета пиломатериалов:

1 — бак для приготовления раствора, 2 — стабилизатор уровня жидкости, 3 — ванна, 4 — насос, 5 — баки для хранения раствора

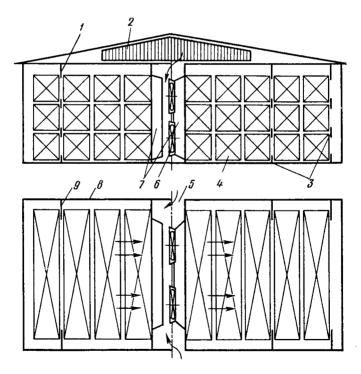


Рис. 91. Схема вентиляторной установки периодического действия:

1, 9 — экраны, 2 — жалюзийная решетка, 3 — щитки, 4 — пакет пиломатериалов, 5 — боковой разрыв туннеля, 6 — вентилятор, 7 — диффузоры, 8 — туннель

для приготовления раствора, стабилизатора уровня 2 жидкости в ванне, насоса 4 и баков 5 для хранения раствора в периоды чисток ванны. Пакеты в ванну подают (в зависимости от конкретных условий работы предприятия) мостовыми и башенными кранами, автолесовозами, гидроподъемниками от автопогрузчиков и другими подъемно-транспортными механизмами.

Атмосферная сушка рекомендуется к использованию на лесопильных заводах как законченный процесс сушки экспортных пиломатериалов, товарных пиломатериалов до транспортной влажности, пиломатериалов, предназначенных для конструкций,

которые эксплуатируются на открытом воздухе.

Если предприятие выпускает продукцию из древесины с низкой эксплуатационной влажностью, пиломатериалы досушивают в камерах. Комбинирование атмосферной сушки с камерной имеет по сравнению только с камерной сушкой значительные преимущества: более низкую себестоимость процесса, поскольку значительная часть влаги удаляется из древесины без затрат на тепловую энергию; повышение качества сушки вследствие подачи в камеры пиломатериалов, имеющих небольшой диапазон колебаний начальной влажности.

Получила распространение интенсифицированная атмосферная сушка. Большая продолжительность процесса атмосферной сушки связана не только с низкой температурой сушильного агента, но в значительной степени с недостаточным количеством воздуха, проходящего через штабель при естественной циркуляции. Воздух, циркулирующий в штабеле с малой скоростью, быстро насыщается. При этом его способность испарять влагу резко снижается. В результате замедляется сушка внутренних зон штабеля. Для устранения этого явления необходимо увеличить количество проходящего через штабель воздуха, что достигается установкой осевых вентиляторов между штабелями на складе. Вентиляторы, которые смонтированы в переносных или стационарных экранах, располагают таким образом, чтобы обеспечить равномерную интенсивную циркуляцию воздуха в штабелях.

На рис. 91 показана схема вентиляторной установки периодического действия, предназначенной для ускоренной атмосферной сушки. В туннель 8, имеющий облегченную деревянную конструкцию, загружают одновременно 27 сушильных пакетов пиломатериалов вместимостью 100 ... 130 м³. Принудительная циркуляция воздуха в туннеле создается четырьмя осевыми вентиляторами.

Воздух засасывается вентиляторами из атмосферы, проходит последовательно через ряды пакетов. Перед вентиляторами в зоне всасывания к этому воздуху добавляется свежий воздух, поступающий через боковые разрывы туннеля, чердак и потолочный канал. Полученная смесь проходит через последующие

161

ряды пакетов и выбрасывается в атмосферу. Для уменьшения утечек и равномерного распределения воздушного потока по поперечному сечению штабеля в туннеле установлены диффузоры 7, боковые 9 и потолочные 1 поворотные экраны.

Контрольные вопросы. 1. Что называется атмосферной сушкой пиломатериалов? 2. Можно ли управлять процессом атмосферной сушки пиломатериалов? 3. Как готовят территорию под склад атмосферной сушки? 4. Из каких основных элементов состоит штабель? 5. Каковы правила укладки рядового штабеля, штабеля из пакетов? 6. Как размещают штабеля на складе? 7. От чего зависит продолжительность сушки пиломатериалов на складе? Как ее определяют? 8. С какой целью и каким образом антисептируют пиломатериалы?

ГЛАВА X ОСОБЫЕ СПОСОБЫ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

§ 39. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СУШКА

Древесина, помещенная между пластинами конденсатора высокочастотного колебательного контура, нагревается за счет диэлектрических потерь. Выделение теплоты в результате диэлектрических потерь связано с колебательным движением молекул материала, находящихся в электрическом высокочастотном поле. Теплота генерируется (накапливается) внутри материала равномерно по его объему, а не подводится извне, как при других способах сушки.

Электрическая энергия, потребляемая древесиной и превращающаяся в тепловую, расходуется первоначально на нагревание материала, испарение из него влаги и тепловые потери с поверхности материала в окружающую среду; затем (после прогрева) — только на испарение влаги и тепловые потери. Способ удаления влаги из материала, основанный на этом принципе, называется диэлектрической сушкой.

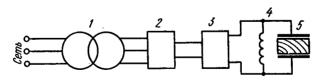


Рис. 92. Блок-схема установки для диэлектрической сушки:

1 — трансформатор, 2 — выпрямитель, 3 — генератор, 4 — колебательный контур, 5 — конденсатор

Установка для диэлектрической сушки (рис. 92) состоит из трансформатора 1, выпрямителя 2, высокочастотного генератора 3 и колебательного контура 4 с рабочим конденсатором 5, между обкладками которого помещена высушиваемая древесина.

Затраты энергии в период сушки имеются в поверхностной зоне сортимента. Температура на поверхности за счет испарения влаги и тепловых потерь оказывается ниже температуры внутренних зон, а влажность поверхности ниже (за счет испарения), чем внутри материала. Таким образом, имеют место положительные перепады температуры и влажности. Одинаковое направление движения влаги под действием перепадов влажности и температуры изнутри на поверхность существенно ускоряет сушку.

Если температура древесины будет превышать температуру точки кипения воды, то изнутри возникает избыточное давление (вследствие кипения влаги) и интенсивность сушки возрастет

в еще большей степени.

При большой мощности генератора и малых объемах древесины продолжительность диэлектрической сушки может быть сокращена по сравнению с камерной в 50 ... 60 раз.

Более рациональна камерно-диэлектрическая сушка. Особенность этого способа сушки состоит в том, что рабочий конденсатор установки расположен в обычной сушильной камере, снабженной калориферами, увлажнительными трубами и циркуляционной установкой. Достоинство такой сушки в том, что расход теплоты на процесс компенсируется не только энергией высокочастотного электрического поля, но и более дешевой энергией пара. При камерно-диэлектрической сушке можно получить высушенный материал высокого качества, с малыми внутренними напряжениями и даже совсем без них. Для этого в камере следует поддерживать высокую степень насыщения воздуха (для предотвращения пересушки поверхности) при одновременном высокочастотном нагреве древесины, обеспечивающем испарение влаги внутри материала.

При таких условиях и надлежащем регулировании процесса сушку можно вести с малым перепадом влажности по толщине. Для сортиментов, содержащих сердцевинную трубку, этот способ является единственным, который обеспечивает их высушивание без радиальных трещин. Продолжительность камерно-диэлектрической сушки пиломатериалов в 4 ... 5 раз меньше по сравнению с обычной конвективной сушкой такого же материала нормальными режимами.

Основным агрегатом камерно-диэлектрической сушильной камеры является высокочастотный генератор. Для двухштабельной сушильной камеры с нормальными штабелями требуется генератор с колебательной мощностью 45 ... 50 кВт и частотой 500 ... 1000 кГц.

Коэффициент полезного действия генераторов сравнительно мал (0,5 ... 0,6). Поэтому расход электроэнергии на сушку достаточно велик — 1,5 ... $2~{\rm kBt}\cdot{\rm v/kr}$ испаряемой влаги. Ее целе-

сообразно применять для сушки толстых сердцовых сортиментов, где сокращение брака от растрескивания окупает повышенные затраты на электроэнергию.

§ 40. СУШКА В ЖИДКОСТЯХ

Сушка древесины в гидрофобных жидкостях применяется как вспомогательная операция перед пропиткой. Жидким сушильным агентом могут быть гидрофобные жидкости, т. е. жидкости, не смешивающиеся с водой и не растворяющиеся в ней (масла, парафины, расплавленные металлы, сера), и вод-

ные растворы гигроскопических минеральных солей.

Сушка в гидрофобных жидкостях — высокотемпературный процесс, имеющий однако особенности. Между жидкостью и погруженной в нее древесиной отсутствует влагообмен. Сушка может проходить только при температуре жидкости выше температуры точки кипения воды при данном давлении. Внутри древесины вследствие кипения влаги создается избыточное давление, под действием которого пар выходит в атмосферу, преодолевая сопротивление древесины и слоя жидкости над материалом. Таким образом, основным видом переноса влаги является движение под действием перепада давления.

Продолжительность жидкостной сушки лимитируется в основном интенсивностью перемещения теплоты в высушиваемом материале и мощностью теплообменника сушильной установки.

После погружения сырого древесного сортимента в жидкость, имеющую температуру t_c , на его поверхности температура сразу (рис. 93) доходит до точки кипения t_k , а затем быстро становит-

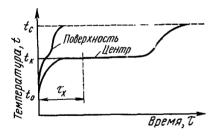


Рис. 93. Кривые изменения температуры древесины во времени при жидкостной сушке

ся равной температуре среды $t_{\rm c}$. Температура центральной зоны поддерживается постоянной на уровне температуры точки кипения до тех пор, пока из этой зоны не будет удалена вся свободная влага. Затем она постепенно повышается и становится равной температуре среды, когда влажность центральной зоны уравняется с равновесной влажностью. Сушку в гидрофобных жидкостях мо-

жно проводить при атмосферном давлении или давлении ниже атмосферного (в вакууме).

Этот способ рационально применять для сушки древесины перед ее пропиткой антисептическими маслянистыми жидкостями. В этом случае в качестве агента сушки используют пропиточное масло. Процесс сушки и последующей пропитки проходит

в автоклаве (автоклав представляет собой цилиндрический герметичный сосуд, в котором можно создавать избыточное давление). Такой способ применяют для обработки столбов линий электропередачи и связи, шпал и других крупномерных сортиментов. Он получил название совмещенная сушка-пропитка.

Совмещенную сушку-пропитку осуществляют в специальных установках (рис. 94) следующим образом. В автоклаве 2 пропиточное масло нагревают до температуры около 130°С, а затем

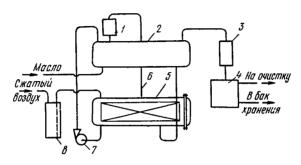


Рис. 94. Схема установки для совмещенной сушки-пропитки древесины:

1 — пеногаситель, 2 — маневровый автоклав, 3 — конденсатор, 4 — сборник конденсата, 5 — рабочий автоклав, 6 — трубопровод, 7 — насос, 8 — мерник

им заполняют рабочий автоклав 5, который предварительно загружают обрабатываемыми сортиментами. Далее включают циркуляционный насос 7, создавая тем самым в рабочем автоклаве продольную циркуляцию агента обработки. Масло, охлажденное при прохождении через высушиваемый материал, насосом подается в маневровый автоклав, где нагревается до заданной температуры (130°С), а затем самотеком поступает в рабочий автоклав. Пары влаги и масла, а также образующаяся при сушке пена из рабочего автоклава по трубопроводу 6 поступают в пеногаситель 1, а затем в маневровый автоклав 2. Пена, попадая на поверхность калориферов пеногасителя и маневрового автоклава, разрушается, а пары поступают в конденсатор 3; далее конденсат воды и масла поступает в сборник 4.

После отделения воды от масла воду направляют на очистные сооружения, а масло перекачивают в баки хранения. После сушки древесину пропитывают.

Для этого рабочий автоклав отсоединяют от маневрового и создают в нем избыточное давление сжатым воздухом через мерник 8. Продолжительность сушки зависит от характеристики высушиваемых сортиментов и требуемой конечной влажности древесины. Она колеблется от 3 до 20 ч.

При сушке в концентрированных нагретых растворах солей, например в насыщенном растворе нитрата натрия (NaNO2) или хлорида магния (Mg $Cl_2 \times 6H_2O$), температура раствора должна быть выше температуры точки кипения воды. Перемещение влаги проходит под действием избыточного давления и разности парциальных давлений пара над поверхностью воды и над поверхностью раствора. Такой способ рекомендуется для сушки пиломатериалов из труднопроницаемой для жидкостей древесины, например лиственницы.

§ 41. ИНДУКЦИОННАЯ СУШКА

Индукционная сушка пиломатериалов основана на следующем. Штабель пиломатериалов (рис. 95) с уложенными между рядами досок 3 ферромагнитными элементами 4 (сетками из мягкой полосовой стали) помещают в электромагнитное поле промышленной частоты (50 Гц), образованное во внешнем по отношению к штабелю соленоиде 2. Соленоид монтируется внутри сушильной камеры 1 (снабженной системой циркуляции) из проводников больших сечений. Ферромагнитные элементы,

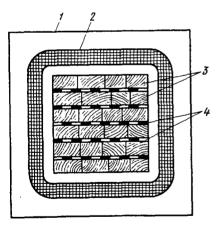


Рис. 95. Схема установки для индукционной сушки:

1 — камера, 2 — соленоид, 3 — ряды досок штабеля. 4 — ферромагнитные элементы

нагревающиеся индуктивными токами, передают тепло древесине путем непосредственного контакта (кондуктивным способом) и путем конвекции от циркулирующего воздуха.

Соленоид состоит из нескольких секций, которые подключают к сети трехфазного тока последовательно, параллельно, на «звезду» или «треугольник». Температуру сеток регулируют путем изменения напряженности электромагнитного поля, что достигается различными вариантами включения соленоила.

В процессе сушки температура древесины при этом способе выше, чем температура ок-

ружающей среды, в результате чего в штабеле создается положительный температурный перепад, который интенсифицирует процесс удаления влаги из материала.

Продолжительность индукционной сушки в два раза меньше по сравнению с камерной сушкой пиломатериалов нормальными режимами.

Способ характеризуется примерно таким же расходом электроэнергии, как и камерно-диэлектрическая сушка. Себестоимость индукционной сушки примерно в два раза выше себестоимости камерной сушки. Этот способ не обеспечивает удовлетворительного качества высушенного материала: большая неравномерность просыхания материала, местные перегревы, большие внутренние напряжения. Поэтому индукционная сушка не может быть рекомендована для широкого промышленного внедрения. Она допускается на мелких предприятиях, испытывающих затруднения с пароснабжением, для сушки пиломатериалов по III категории качества.

§ 42. ВАКУУМНАЯ СУШКА

При вакуумной сушке штабель пиломатериалов помещают в герметичную камеру или автоклав, где вакуум-насосом создают пониженное давление. В вакууме температура точки кипения воды ниже, чем при атмосферном давлении (например, при глубине вакуума 0,08 ... 0,085 МПа температура точки кипения равна 52 ... 60°C). Это позволяет вести высокоинтенсивный процесс сушки при относительно невысокой температуре среды и при сохранении всех природных свойств древесины.

Однако при вакуумной сушке возникает проблема подвода тепловой энергии к высушиваемому материалу, так как в отличие от обычных конвективных сушилок в вакуумных сушилках практически отсутствует воздух или пар, которые передают теплоту от калорифера к высушиваемому материалу. По способу подвода теплоты можно выделить три основных способа сушки в вакууме: вакуумную сушку при непрерывном кондуктивном подводе теплоты к материалу от нагретых плит; вакуумную сушку с прерывистым нагревом древесины в паровоздушной среде; вакуумно-диэлектрическую сушку.

Вакуумная сушка при непрерывном кондуктивном подводе теплоты осуществляется следующим образом: штабель формируют не на прокладках, а на плитах (подобных плитам прессов), подключаемых после загрузки штабеля в автоклав к паровой магистрали. Плиты обогревают паром на всем протяжении сушки. После загрузки штабеля в автоклаве вакуумным насосом создают требуемый вакуум, глубину которого поддерживают постоянной.

При этом способе сушки продолжительность процесса по сравнению с обычными сушильными камерами сокращается в 3 ... 5 раз. Однако большая трудоемкость загрузочно-разгрузочных работ, не поддающихся автоматизации и механизации, высокая неравномерность конечной влажности по толщине материала, большие внутренние напряжения в древесине, малая

вместимость автоклавов ограничивают распространение сушилок такого типа.

Один из вариантов этого способа — вакуумная индукционная сушка, при которой автоклав дополнительно оборудуют соленоидом, а штабель укладывают на ферромагнитных элементах (см. § 41).

Вакуумная сушка с прерывистым нагревом пиломатериалов в воздушной среде протекает в автоклаве (рис. 96), оснащенном вентиляторами 6 и калориферами. Роль калорифера в рассматриваемой сушилке выполняет

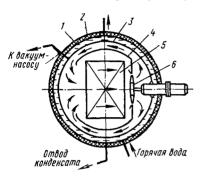


Рис. 96. Схема вакуумной сушильной камеры:

I — теплоизоляция, 2 — наружная стенка автоклава, 3 — внутренняя стенка автоклава, 4 — короб, 5 — штабель, 6 — вентилятор

теплообменник, образованный наружной 2 и внутренней 3 стенками автоклава, между которыциркулирует горячая вода. После загрузки штабеля 5, сформированного на обычных прокладках без шпаций, включают вентиляторы и прогревают материал воздухом нагретым (движение циркулирующего воздуха показано на схеме стрелками). По окончании прогрева вентиляторы вывключают и включают вакуумный насос, создавая в автоклаве ва-KYYM.

Так как древесину нагревают до температуры, превышающей температуру точки кипения воды,

то за счет теплоты, аккумулированной древесиной, в полостях ее клеток проходит кипение влаги. Образовавшийся пар удаляется из древесины под действием избыточного давления.

После прекращения процесса удаления влаги в автоклаве опять создают атмосферное давление и древесину вновь нагревают. Циклы «прогрев—вакуум» проводят до тех пор, пока влажность не понизится до требуемого уровня. Применять сушилки рационально на предприятиях при небольших (до 3 ... 5 тыс. м³/год) объемах сушки.

Разновидность этого способа — сушка со сбросом давления, применяемая в промышленности как предварительная обработка древесины перед пропиткой. Однако для прогрева древесины в данном случае используют только пропаривание (можно применять нагрев в ВЧ и СВЧ полях) при температуре насыщенного пара 115 ... 120°С. Затем древесину выдерживают в вакууме (0,08 ... 0,085 МПа). Количество удаляемой влаги при проведении этого цикла относительно невелико.

При вакуумно-диэлектрической сушке (рис. 97) обкладки конденсатора 2 высокочастотной установки 1 монтиру-

ют внутри герметичной камеры или автоклава 3. Расход теплоты на нагревание древесины и испарение из нее влаги компенсируется, как и при диэлектрической сушке, энергией высокоча-

стотного электромагнитного поля. Часть испарившейся из древесины влаги в виде пара отсасывается из сушилки вакуумнасосом 5 через конденсатор 4, а часть влаги конденсируется на внутренней поверхности ограждений и может удаляться в жидкой фазе.

Особенность этого процесса в том, что древесина сохнет в среде почти чистого пара высокой степени насыщенности. Благодаря этому, как и при камерно-диэлектрической сушке,

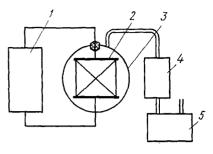


Рис. 97. Блок-схема установки для вакуумно-диэлектрической сушки: 1— генератор ТВЧ, 2— обкладки конденсатора, 3— автоклав, 4— конденсатор, 5— вакуум-насос

процесс проходит при малом перепаде влажности по толщине сортиментов и малых внутренних напряжениях в них.

Вакуумно-диэлектрическая сушилка СПВД-201 (рис. 98) оснащена автоклавом 1 диаметром 2 м и длиной 8,5 м с двумя

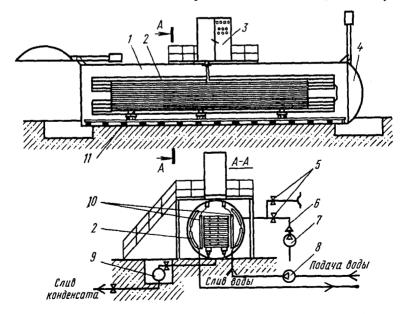


Рис. 98. Вакуумно-диэлектрическая сушильная камера СПВД-201: I— автоклав, 2— система конденсации испарившейся влаги, 3— высокочастотный генератор, 4— крышки, 5— задвижки, 6— трубопроводы вакуумной магистрали, I— вакуум-насос, 8— водяной насос, 9— водосборник, 10— электроды рабочего конденсатора, II— подштабельные тележки

откидными крышками, сбалансированными противовесами для облегчения их открывания. Внутри автоклава расположены электроды 10 рабочего конденсатора, система 2 конденсации испарившейся влаги, питаемая холодной водой, которая подается насосом 8. Вакуум в камере создается вакуум-насосом. Генератор 3 высокой частоты, имеющий колебательную мощность 63 кВт, установлен над автоклавом на специальной площадке.

В рассматриваемой конструкции сушилки вся испарившаяся из древесины влага конденсируется при соприкосновении с трубами системы 2, а образовавшийся конденсат отводится по системе трубопроводов через водосборник 9, выполняющий роль шлюза. Сушилка рекомендуется для предприятий с небольшой производственной мощностью для высушивания пиломатериалов крупных поперечных сечений как хвойных, так и лиственных пород.

Контрольные вопросы. 1. Каков принцип диэлектрической сушки? 2. В чем особенность камерно-диэлектрической сушки? 3. Каковы особенности сушки древесины в гидрофобных жидкостях? 4. На каком принципе основана индукционная сушка? 5. В чем особенность вакуумной сушки древесины?

ГЛАВА XI СУШКА ШПОНА

§ 43. ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ШПОНА. ТИПЫ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Шпоном называют тонкие листы древесины, которые получают путем лущения (лущеный шпон) или строгания (строганый шпон). Строганый шпон используют как облицовочный материал, а лущеный шпон идет в основном на производство фанеры и древеснослоистых материалов.

Для обеспечения хорошего качества склеивания шпон должен быть предварительно высушен до определенной конечной влажности, величина которой зависит от вида фанеры, применяемых клеевых материалов и колеблется от 7 до 12%.

Влажность шпона перед сушкой (после строгания или лущения) изменяется в широких пределах (от 60 до 150 ... 180%) в зависимости от породы и способа доставки сырья. Для равномерного просыхания сырой шпон перед сушкой необходимо сортировать по породам и уровню начальной влажности.

Контроль за влажностью шпона ведут преимущественно весовым способом (§ 13) путем взвешивания и высушивания проб. Для обеспечения достаточной точности контроля пробы

(куски шпона) должна иметь начальную массу не менее 8 ... 10 г.

Сушка шпона по сравнению с сушкой пиломатериалов имеет некоторую специфику, которая определяет особенности конст-

рукции сушильных устройств:

малая толщина листа шпона (от 0,3 до 4 мм) при большой его площади создает благоприятные условия для интенсивного удаления влаги при сушке; шпон можно сушить без ущерба для его качества при больших перепадах влажности по толщине очень жесткими высокотемпературными режимами;

продолжительность сушки шпона очень мала и исчисляется

минутами;

на протяжении всего процесса сушки необходимо фиксировать плоскую форму листов шпона (во избежание коробления) и одновременно обеспечивать возможность их свободной усушки.

Сушилки для сушки шпона делятся по способу подвода теплоты на три группы: кондуктивные, конвективно-кондуктивные

и конвективные.

К кондуктивным сушилкам относится дыхательный пресс. Листы шпона закладывают между горячими горизонтальными плитами пресса, которые в процессе сушки периодически смыкаются и размыкаются. Тем самым обеспечиваются весьма интенсивная передача теплоты материалу (в период смыкания плит) и свободная усушка шпона, предупреждающая растрескивание (в период размыкания плит). Дыхательные прессы как агрегаты для сушки компактны, просты в эксплуатации, обеспечивают малую продолжительность процесса. Однако вследствие ряда существенных недостатков (тяжелые условия работы обслуживающего персонала, неудовлетворительное качество сушки) выходят из употребления и используются в ограниченном количестве для сушки тонкого шпона.

Конвективно-кондуктивными сушильными устройствами являются роликовые сушилки, в которых шпон перемещается в потоке нагретого сушильного агента парными вращающимися роликами. В этих сушилках теплота передается материалу одновременно кондуктивным способом от нагретых роликов, радиацией от нагревательных элементов (калориферов) и конвекцией от циркулирующего сушильного агента (воздуха или газовоздушной смеси).

В конвективных сушилках теплота передается шпону только конвекцией. Сушилки этой группы для сушки сырого лущеного и строганого шпона в нашей стране практически не применяются.

Основными агрегатами для сушки шпона являются роликовые сушилки.

§ 44. РОЛИКОВЫЕ СУШИЛКИ

Роликовые сушилки представляют собой установки непрерывного действия с принудительной многократной циркуляцией. Сушилки устраивают многоэтажными, т. е. роликовые конвейеры, по которым параллельно движутся листы шпона, располагают один над другим в несколько рядов (от 3 до 8). Длина сушилок 8 ... 32 м, а расстояние между осями роликов 145 ... 200 мм. Сушилки с малым расстоянием между роликами предназначены для сушки тонкого (0,4 ... 1 мм), а с большим расстоянием — толстого (1,5 ... 4 мм) шпона.

По виду сушильного агента различают воздушные и газовые роликовые сушилки, а по характеру циркуляции сушильного агента — сушилки с продольной (относительно шпона), поперечной циркуляцией и сопловым дутьем.

В сушилках с продольной циркуляцией (рис. 99, а) поток сушильного агента направлен параллельно плоскости листов шпона 1, перпендикулярно осям роликов 2. Распределение скорости циркуляции по высоте этажа неравномерное. Ролики препятствуют омыванию шпона сушильным агентом. Скорость движения сушильного агента у поверхности шпона оказывается очень низкой.

В сушилках с поперечной циркуляцией (рис. 99, б) поток сушильного агента направлен вдоль роликов, перпендикулярно направлению движения шпона. Скорость движения сушильного агента у поверхности шпона значительно больше, а интенсивность сушки на 15 ... 30% выше, чем в сушилках с продольной циркуляцией.

В сушилках с сопловым дутьем (рис. 99, в, г) сушильный агент подается на шпон с двух сторон (перпендикулярно плоскости листов) из коробов 5 через сопла, расположенные между роликами. Скорость движения сушильного агента на поверхности листов шпона достигает 15 м/с. Продолжительность процесса в этих сушилках в два раза меньше, чем в сушилках с поперечной циркуляцией. Для обеспечения более интенсивного протекания процесса воздушные сушилки снабжаются сопловыми коробами со встроенными в них паровыми трубами 6 (рис. 99, г), обеспечивающими дополнительную передачу теплоты шпону путем радиации.

Однако создание высокой скорости циркуляции, обеспечивающей интенсификацию процесса, достигается меньшими энергетическими затратами в сушилках с поперечной циркуляцией, чем в сушилках с сопловым дутьем. ЦНИИФом предложено увеличить скорость сушильного агента в сушилках с поперечной циркуляцией путем сокращения сечений для потока сушильного агента за счет уменьшения расстояния между этажами роликов. Предложенная схема получила название «шахматной». Соглас-

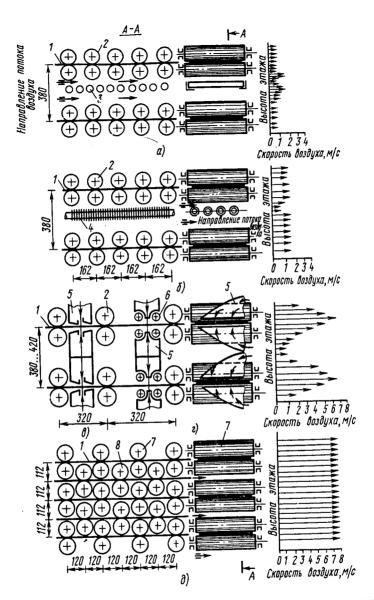
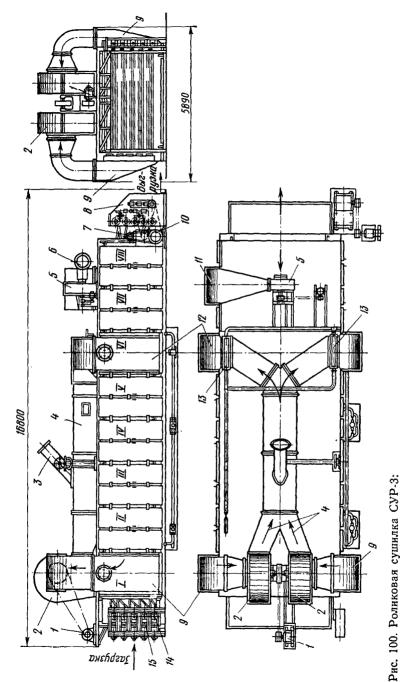


Рис. 99. Схема циркуляции и распределения агента сушки по высоте этажа в роликовых сушилках:

a— с продольной циркуляцией, b— с поперечной циркуляцией, b— с сопловым дутьем в газовой сушилке, b— с радиацией и сопловым дутьем, b— с шахматным расположением роликов; b— шпон, b— ролик, b— гладкотрубный калорифер, b— сопловой короб, b— паровые трубы, b0, b0,



1—электродвигатель, 2—вентилятор, 3—вытяжная труба, 4—циркуляционный канал, 5—вентилятор секций охлаждения, 6—возду-ковод подачи свежего воздуха, 7—регулятор скорости движения цепей, 8—лебедки, 9, 12—боковые воздуховоды, 10—электродви-гатель привода цепей, 11— боковой канал секций охлаждения, 13—калориферы, 14— ведомые звездочки, 15—натяжная станция (1— VI—секции сушки, VII, VIII—секции охлаждения)

но схеме, шпон в одном этаже (рис. 99, д) перемещается парными роликами 7, а в смежном этаже — парными роликами 8. Распределение скорости циркуляции по сечению сушилки отличается равномерностью, а скорости — большими значениями по сравнению с другими вариантами. Шахматное расположение роликов позволило резко повысить производительность сушилки за счет увеличения числа этажей (до 16) и уменьшить ее длину за счет сокращения расстояния между роликами на этаже.

Из воздушных сушилок с продольной циркуляцией наибольшее распространение получили отечественная сушилка СУР-3 и зарубежные сушилки «Вяртсиля», «Валмет», «Зимпелькамп».

Сушилка СУР-3 (рис. 100) состоит из восьми секций одинаковой конструкции, имеющих длину 1,62 м каждая и последовательно соединенных между собой. Секции *I—VI* предназначены для сушки, а *VII* и *VIII* — для охлаждения шпона.

Боковыми ограждениями сушилки служат подвесные теплоизолированные двери, которые навешены на стойки каркаса из профильной стали. Верхнее перекрытие смонтировано из профильной и листовой стали и теплоизолировано минеральной ватой. Торцы сушилки ограждены установленными между рядами роликов металлическими теплоизолированными перегородками.

Шпон перемещается парными роликами, вращающимися в противоположных направлениях. Расстояние между осями роликов 140 мм, их диаметр 95 ... 102 мм, а длина 3700 мм. Нижние ролики — ведущие, они приводятся в движение от бесконечных цепей через звездочки, закрепленные на одном конце роликов. Привод цепей расположен в торцовой части камеры и состоит из электродвигателя 10, регулятора скорости 7 и лебедки 8 с ведущими звездочками. С противоположного торца расположены ведомые звездочки 14 с натяжной станцией 15.

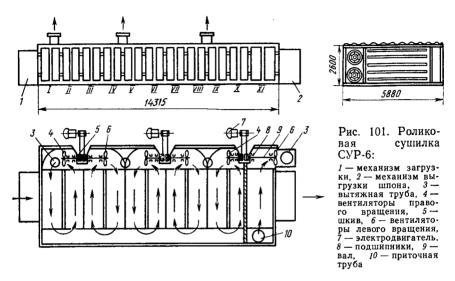
Циркуляция воздуха осуществляется двумя центробежными вентиляторами 2, расположенными на одной оси и приводимыми во вращение электродвигателем 1. Воздух из секции 1 через боковые воздуховоды 9 вентиляторами подается в верхний горизонтальный канал 4, где нагревается в пластинчатых калориферах 13 и через боковые воздуховоды 12 нагнетается в секцию VI сушилки. Из секции VI воздух движется навстречу движению шпона к секции I. Часть воздуха, прошедшего через сушилку, удаляется через вытяжную трубу 3, а свежий воздух подмешивается к циркулирующему через неплотности в ограждениях. Нагрев воздуха, помимо пластинчатых калориферов, осуществляется внутренними гладкотрубными калориферами, расположенными между этажами, а также над верхним и под нижним рядами роликов.

Охлаждение шпона в секциях VII и VIII проходит следующим образом. Свежий холодный воздух центробежным вентилятором 5 из воздуховода 6 подается в секции через боковой ка-

нал 11. Внутри секции воздух движется вдоль роликов и затем

удаляется в атмосферу.

K роликовым воздушным сушилкам с поперечной циркуляцией относится сушилка СУР-6 (рис. 101). Она состоит из загрузочной этажерки I с приводными роликами, десяти секций сушки I—X, одной секции охлаждения XI и разгрузочной



этажерки 2. Циркуляция воздуха осуществляется двенадцатью осевыми вентиляторами 4, 6, размещенными двумя рядами по вертикали в левом боковом коридоре сушилки. Десять вентиляторов обслуживают секции сушки и два — камеру охлаждения. Привод вентиляторов осуществляется от электродвигателей 7, расположенных вдоль левой боковой стенки камеры.

Вентиляторы засасывают воздух из секций II, III, VI, VII, X и нагнетают его в смежные секции I, IV, V, VIII, IX, осуществляя тем самым поперечную циркуляцию. Для снижения аэродинамического сопротивления системы в коридорах установлены экраны. Для разделения зон с различным направлением потока внутри сушилки смонтированы перегородки, имеющие щелевые отверстия для прохода шпона.

На напорной стороне вентиляторов установлены вытяжные трубы 3. В камеру охлаждения холодный воздух подается через приточную трубу 10 и выбрасывается в атмосферу через трубу 3. Воздух в сушилке нагревается внутренними паровыми калориферами, установленными поперек воздушного потока. Сушилку СУР-6 используют преимущественно для сушки строганого шпона.

Для сушки лущеного шпона используют сушилку СУР-4, ко-

торая отличается от сушилки СУР-6 более редким расположением роликов (шаг 162 мм).

Газовые роликовые сушилки СРГ-25, СРГ-25М, СРГ-50, СРГ-50-2 работают на топочном газе, получаемом от сжигания дре-

весных отходов, мазута и природного газа.

Восьмиэтажная сушилка СРГ-25 (рис. 102) состоит из десяти секций сушки 9 и двух секций охлаждения 10. Конструкция опорных подшипников роликов 8 отличается повышенной надежностью по сравнению с прежними системами. Блоки подшипников вместе с роликами легко вынимаются, что облегчает обслуживание и ремонт сушилок. Привод роликов осуществляется цепями от лебедки 18 через коробку скоростей 17. Для натяжения цепей установлена специальная колонка 7 с блокировочным устройством, позволяющим автоматически останавливать привод роликов при обрыве одной из цепей.

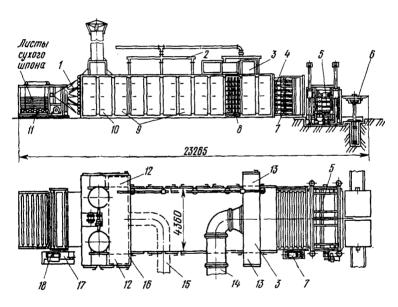


Рис. 102. Общий вид газовсй роликовой сушилки СРГ-25: 1— разгрузочное устройство, 2— паровые трубы системы пожаротушения, 3— распределительный канал, 4— загрузочная этажерка, 5— загрузочный механизм, 6— подъемные платформы, 7— колонка натяжения цепей, 8— приводные ролики, 9— секции сушки, 10— секции охлаждения, 11— роликовый стол, 12, 13— боковые каналы, 14— газоход подачи газа в камеру, 15. 16— подъемные газоходы подачи отработавшего газа в камеру смешения, 17— коробка скоростей, 18— лебедка

В сушилке применена продольная прямоточная циркуляция сушильного агента. Она осуществляется следующим образом. Смесь топочных газов с воздухом при температуре 270 ...300°C специальным вентилятором топки — дымососом (топки, смеси-

тельная камера и дымосос на рис. 102 не показаны) — нагнетается по газоходу 14 в распределительный горизонтальный канал 3 и далее по вертикальным боковым каналам 13 в сырой конец сущилки. В каналах 13 сущильный агент с помощью системы экранов распределяется по этажам сущилки и движется вдоль нее (по направлению движения шпона) к сухому концу сущильной зоны. Отработавшая смесь температурой 150 ... 160°С через боковые каналы 12 и подземные газоходы 16 и 15 центробежным вентилятором подается в смесительную камеру.

Температура сушильного агента регулируется автоматически. Сушилка снабжена системой аварийной сигнализации и паро-

вой системой (от труб 2) пожаротушения.

Камера охлаждения отделена от сушильной зоны двумя теплоизолированными перегородками. Листы шпона охлаждаются воздухом, который движется в поперечном направлении. Циркуляция воздуха осуществляется двумя осевыми вентиляторами, из которых один нагнетает холодный воздух, а другой выбрасывает воздух в атмосферу после обдувки шпона.

Погрузочные и разгрузочные работы механизированы. Стопы сырого шпона размещают на двух подъемных платформах 6, которые обеспечивают постоянный уровень стоп относительно подающих роликов загрузочного механизма 5. Рабочий поштучно сдвигает листы шпона из стопы в подающие ролики. Дальше листы шпона автоматически распределяются по этажам загрузочной этажерки 4 и затем поступают в парные ролики сушилки. Высушенные и охлажденные листы шпона попадают на разгрузочное устройство 1, откуда поочередно автоматически подаются на роликовый стол 11. По мере формирования стопы роликовый стол опускается.

Сушилка СРГ-25М по сравнению с сушилкой СРГ-25 имеет несколько большую длину и повышенное (на 35 ... 40%) количество циркулирующей газовоздушной смеси. Сушилка СРГ-50 состоит из 22 секций, двух топок и двух вентиляторных установок. Сушильный агент подается в среднюю часть сушилки, откуда направляется одновременно к сырому и сухому концам сушильной зоны (циркуляция продольная, прямоточно-противоточная). Конструкция этой сушилки аналогична конструкции сушилки СРГ-25.

Сушилка СРГ-50-2 в отличие от сушилки СРГ-50 оборудована механизмами загрузки и выгрузки шпона и рядом более со-

вершенных узлов.

Газовая сопловая сушилка СРС-Г (рис. 103) пятиэтажная, состоит из восьми секций сушки и камеры охлаждения. В верхней части сушилки в I, III, V, VI и VIII секциях установлены осевые вентиляторы 6 с электродвигателями 7, во II, IV и VII секциях — топки 9, представляющие стальные трубы, футерованные изнутри огнеупорным кирпичем. Во фронтальной части то-

пок установлены газовые горелки 8. Сушилка снабжена механизмами 2 и 5 для загрузки сырого шпона и выгрузки сухого.

Сушилка работает следующим образом. Сырой шпон подается механизмом загрузки 2 в сушилку. Газовая смесь через шели сопловых коробов 13 подается перпендикулярно листам шпона. Ее температура составляет 190 ... 210°С во всех зонах

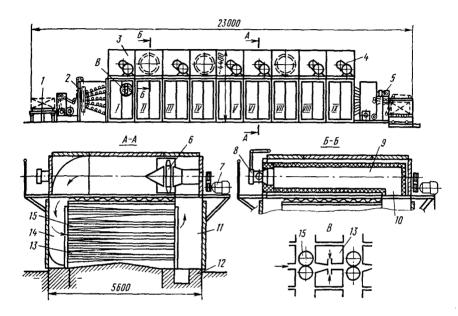


Рис. 103. Газовая сопловая роликовая сушилка СРС- Γ : 1— подъемник, 2— механизм загрузки, 3— сушильная камера, 4— секция охлаждения, 5— механизм выгрузки, 6— осевые вентиляторы, 7— электродвигатель, 8— газовая горелка, 9— топка, 10— газоход, 11— правый боковой коридор, 12— канал для частичного удаления отработавшего агента сушки, 13— сопловой короб, 14— левый боковой коридор, 15— ролики

сушилки. Отработавший газ поступает в правый боковой коридор 11, откуда частично удаляется по каналу 12 в атмосферу, а большая его часть смешивается с топочными газами, поступающими из топки по газоходу 10, и осевыми вентиляторами подается на рециркуляцию в сопловые короба 13.

Высущенные листы шпона проходят через камеру охлаждения, выгружаются из сушилки и укладываются в плотные стопы механизмом выгрузки 5. Характеристики роликовых сушилок приведены в табл. 25.

Газовые сушилки более производительны по сравнению с воздушными, поэтому многие фанерные предприятия переоборудуют воздушные сушилки на обогрев топочными газами. При этом их производительность повышается примерно в два раза.

•	Возду	шные с пар обогревом	овым	Газовые			
Показатели	СУР-3	/Р-3 «Вярт- силя» СУР-6		СРГ-25М	CPT-50	CPC-r	
Длина сушилки, м:							
рабочая габаритная Ширина (по воз- духопроводам), м	12,96 16,8 5,89	16,2 10,4 6,4	14,3 18,0 7,0	13,12 24,0 6,0	23,92 34,0 6,0	14,6 23,0 5,5	
Высота, м Число этажей Расстояние между осями роликов, мм		4,79 5 200	3,4 5 125	3,8 8 180	3,8 8 180	5 324	
Количество цирку- лирующего возду- ха или газа, м ³ /ч		32000	70000	80000	160000	40000	
Поверхность на- грева калорифе- ров, м ²	357	620760	2 600	_			
мощность элект- родвигателей, кВт	35,6	22	50	140	200	220	
Расход пара, кг/м ³ шпона	1200	1080	1100	-	-		
Расход древесно- го топлива, плот- ных м ³ /м ³ шпона		_	 .	0,35	0,35		
Часовая произво- дительность, м ³ шпона (береза толщиной 1,5 мм; $W_{\rm H} = 80\%$, $W_{\rm K} =$ = 6%)		1,41,6	1,52	33,5	6,67	44,5	

§ 45. СУШКА ШПОНА НЕПРЕРЫВНОЙ ЛЕНТОЯ

Сушка шпона в листах трудоемка и неэкономична с точки зрения рационального использования древесины.

Сырым листам шпона дают при рубке припуски, превышающие величину усушки, что вызвано значительной изменчивостью свойств древесины. Этот запас при форматной обрезке готовой фанеры идет в отходы. В процессе рубки, перекладки и загрузки в сушилку сырого шпона, имеющего низкую прочность, возможны поломки, ведущие к дополнительным потерям древесины.

Более экономична и менее трудоемка технология получения сухого шпона на единой поточной линии. Сырой шпон сразу после лущения подают в сушилку и сушат в ней в виде непрерывной ленты, после чего рубят на форматные листы. Такая техно-

логия позволяет экономить 3-5% древесины при снижении тру-

дозатрат в 2-2,5 раза.

Основной причиной, сдерживающей внедрение такой технологии, является невозможность сушки шпона непрерывной лентой в роликовых сушилках. При сушке в них листов, которые перемещаются в направлении вдоль волокон, усушка происходит свободно, так как роликовая сушилка жестко фиксирует лист по длине и не препятствует усушке его по ширине, т. е. в направлении поперек волокон. При сушке непрерывной лентой жесткая фиксация листов по длине совпадает с их размерами в направлении поперек волокон, т. е. в направлении усушки, что неизбежно ведет к разрыву ленты шпона.

Проблема сушки шпона непрерывной лентой решается путем замены роликовых сушилок ленточными, в которых шпон перемещается между двумя лентами из проволочной сетки, движущимися вдоль сушилки. Давление лент на шпон в отличие от давления, создаваемого роликами, невелико. Поэтому лента шпона в направлении ее перемещения жестко не фиксируется и усыхает свободно.

Таблица 26. Технические характеристики ленточных сушилок фирмы «Рауте»

Показатели	Воздушная VMSK-66-V321	Газовая VMSK-66-V509
Рабочая длина	42,0	18,0
Число секций	21	9
Число этажей	3	5
Объем циркулирующего воздуха или газа, тыс. м ³	546	378
Поверхность нагрева калориферов, м ²	4700	
Установленная мощность электро- двигателей, кВт Удельный расход:	267	177
пара, т/м³ шпона	1,15	70
природного газа, м ³ /м ³ шпона Производительность, м ³ /ч*	4,5	4,5

На березовом шпоне толщиной 1,5 мм при начальной влажности 80% и конечной 8%.

В нашей стране на ряде фанерных заводов эксплуатируются поточные линии лущения и сушки шпона, поставляемые фирмой «Рауте» (Финляндия). Фирма выпускает линии, оборудованные трех- и четырехэтажными воздушными ленточными сушилками с паровым обогревом и пятиэтажными газовыми сушилками, работающими на природном газе (табл. 26).

Схема трехтажной воздушной сушилки приведена на рис. 104. Лента шпона от лущильного станка подается ременным конвейером 2 в промежуток 3 между сетками верхнего этажа сушилки, перемещается в этом промежутке, а затем в промежутках четвертого и пятого нижних этажей, меняя, как показано стрелка-

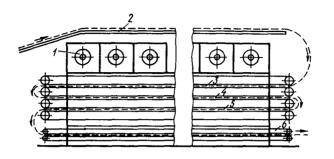


Рис. 104. Схема ленточной сушилки: 1- осевой вентилятор, 2- ременный конвейер, $3,\ 4,\ 5-$ промежутки между сетками, 6- конвейер камеры охлаждения

ми на рисунке, направление своего движения. Затем лента шпона проходит между ремнями конвейера 6 через нижний отсек сушилки, играющий роль камеры охлаждения.

Циркуляция воздуха в сушилке вертикально-поперечная, с сопловым дутьем. В каждой секции установлен осевой вентилятор 1, создающий замкнутое кольцо циркуляции, по аналогии с тем, как это делается в сушилке СРС-Г (см. рис. 103, разрез A-A). Однако в рассматриваемой конструкции в отличие от сушилки СРС-Г сопловые короба сделаны с соплами не щелевидной формы, а в виде отверстий диаметром 10 мм с шагом между центрами 35 ... 45 мм. Камера охлаждения имеет собственную систему циркуляции, оснащенную специальными вентиляторами.

Отсутствие жесткой фиксации шпона между сетками позволяет избежать разрывов ленты, но качество шпона относительно невысокое — он получается недостаточно гладким, с волнистостью и гофром.

§ 46. РЕЖИМЫ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СУШКИ ШПОНА

Режимы сушки шпона определяют состояние сушильного агента и продолжительность процесса. Температура сушильного агента в воздушных роликовых сушилках зависит от давления пара и поверхности нагрева калориферов. При давлении пара 0,7 ... 0,8 МПа она составляет в среднем: в сушилках «Вяртсиля»,

«Валмет» — 130 °С; «Зимпелькамп», СУР-3 — 110 °С; СУР-4 — 125 °С; СУР-6 — 125 ... 140 °С.

В газовых роликовых сушилках при сушке березового шпона рекомендуется поддерживать среднюю температуру около 210 °C (в сыром конце 270 °C, в сухом — 150 °C). При сушке шпона из сосны и лиственницы средняя температура не должна превышать 180 ... 190 °C. Влагосодержание воздуха или газовоздушной смеси в роликовых сушилках не регулируется; оно зависит от герметичности ограждений и колеблется в пределах от 150 до 250 г/кг.

Для определения продолжительности сушки шпона на практике используют таблицы средних значений продолжительности сушки, составленные на основании теоретических расчетов и проверенные опытным путем. Некоторые из этих средних значений приведены в табл. 27 применительно к сушке березового шпона от начальной влажности 90% до конечной влажности 6 ... 8%.

Таблица 27. Продолжительность сушки шпона в роликовых сушилках, мин

		Возд	душные сушилк	K	Газовые сушилки		
Тоящина шиона, мм	Средняя тем- пература су- шильного агента, °C	с продоль- ной цирку- ляцней	с поперечной циркуляцией	с сопло- вым дутьем	с про- дольной цирку- ляцией	с соп- ловым дутьем	
0,4	80	5,0	4,5	3,8	5,0	4,0	
0,8	110	13,0	8,0	6,0	9,0	5,6	
1.5	120	17,5	14,0	8,0	17,0	8,5	
1,5	160	10,5	9,0	5,0	11,5	5,5	
1,5	200			_	8,8	4,0	
2,2	140	21,5	18,0	10,0	22,1	11,0	
2, 2	200				14,6	6,6	
2,2 2,2 3,5	140	39,0	33,0	18,0	41,0	19,0	
3,5	200			l <u> </u>	27.0	12,0	

Производительность роликовой сушилки Π (м³ шпона) за период времени T (мин) определяют по формуле

$$\Pi = (T/\tau) \, n S b L_{\mu_{AB}}^{\beta_{BB}}, \tag{36}$$

где n — число листов шпона по ширине этажа, умноженное на число этажей; S — толщина шпона, мм; b — ширина листа сухого шпона, м; L — рабочая длина сушилки, м; $\beta_{дл}$ — коэффициент заполнения шпоном длины сушилки (в среднем 0,98); $\beta_{вр}$ — коэффициент использования рабочего времени (0,90 ... 0,95); τ — продолжительность сушки шпона, мин.

Пример. Определить часовую производительность роликовой сущилки СУР-6 при сушке березового шпона от начальной влаж-

ности 90% до конечной 7%, толщиной 2,2 мм (0,0022 м) при температуре 140°С. Ширина листа сухого шпона 1500 мм (1,5 м). В табл. 25 находим L=14,3 м, в табл. $27-\tau=18$ мин;

$$\Pi = \frac{60}{18} \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0,0022 \cdot 1,5 \cdot 14,3 \cdot 0,98 \cdot 0,95 = 1,46 \text{ m}^3/\text{ч}.$$
 (37)

Контрольные вопросы. 1. В чем особенности сушки шпона по сравнению с сушкой пиломатериалов? 2. Как классифицируются сушилки для шпона? 3. Каковы особенности циркуляции сушильного агента в сушилках с продольной циркуляцией, с поперечной циркуляцией, с сопловым дутьем? 4. Каковы устройство и принцип работы воздушной роликовой сушилки с продольной циркуляцией? с поперечной циркуляцией? с сопловым дутьем? 5. Каковы особенности устройства и принципа работы газовых сушилок типа СРГ и СРС-Г? 6. Какие достоинства имеет сушка шпона непрерывной лентой? 7. Каким образом работает сушилка шпона непрерывной лентой? 8. Какими параметрами характеризуется режим сушки шпона?

ГЛАВА XII

СУШКА В ФАНЕРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

§ 47. СУШКА ШПОНА С НАНЕСЕННОЙ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ СМОЛОЙ

Технология производства бакелизированной фанеры (ГОСТ 11539—83) определяет необходимость сушки слоя фенолоформальдегидной смолы после нанесения ее на поверхность шпона. Вода, содержащаяся в слое жидкой смолы (концентрацией 40 ... 50%), находится в свободном состоянии и при интенсивной сушке может быть легко удалена с поверхности. Если же смоляную пленку не подвергать сушке, то вода из нее перейдет внутрь шпона и превратится в связанную. На ее удаление потребуется больше времени, при этом увеличится и расход энергии на сушку.

Таким образом, для сушки шпона с нанесенной на его поверхность смолой рациональны режимы, при которых вода удаляется преимущественно из клеевой пленки, до того как она проникнет в древесину.

ЦНИИФ рекомендует следующий режим сушки намазанного смолой шпона:

Температура воздуха, °С	8090
Скорость циркуляции воздуха у поверхности шпона, м/с	23
Степень насыщенности, %	515
Продолжительность сушки до конечной влажности 10%, мин	не более 18

При небольших объемах сушки используют камерную сушилку НИИФ СТ-1, вмещающую одну вагонетку с листами шпона, которые отделены друг от друга рамками. Через вагонетку циркулирует нагретый воздух, подаваемый центробежным вентилятором. Для обеспечения равномерности просыхания шпона ваго-

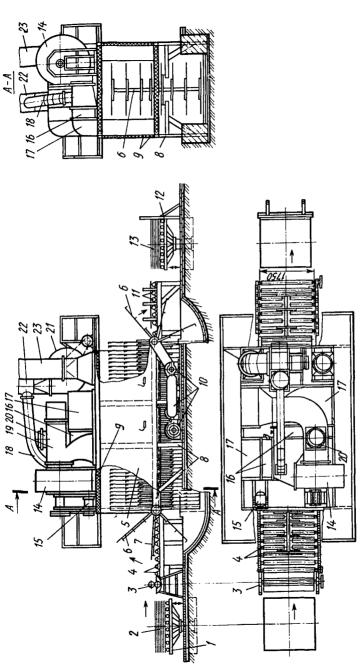


Рис. 105. Поточная линия нанесения смолы на шпон, сушки и охлаждения шпона с применением конвейерной сушил-KH CT-III:

6 - pamkaконвейера, 7— лист шпона с нанесенной смолой. 8— каркас сушилки, 9— теплоизоляция, 10— привод конвейера, 11— роликовый конвейер разгрузки, 12— подъемная платформа, 13— стопа высушенного шпона, 14— центробежный вентилятор, 15— электродвигатель, 16— пластинчатый калорифер, 17— нагнетательный воздуховод, 18— выхлопной воздуховод, 19— всасывающий воздуховод, 20— приточ-1 — подъемная платформа, 2 — стопа шпона, 3 — клеенаносящие вальцы, 4 — роликовый конвейер, 5 — сушильная камера, ная труба с заслонкой, 21— вентилятор камеры охлаждения, 22— выхлопная труба, 23— приточная труба конвейера, 7 — лист шпона

нетку, установленную на поворотном круге, приблизительно в середине процесса сушки поворачивают на 180°. Преимущество сушилки НИИФ СТ-1 в ее компактности при относительно большой производительности, недостаток — отсутствие механизации при укладке шпона на вагонетки, перекладке листов рамками, транспортировании вагонеток.

Сушилка одновременно вмещает 50 листов шпона. При продолжительности сушки 10 ... 12 мин ее производительность со-

ставляет 1200 ... 1500 листов в смену.

При бо́льшей производительности используют конвейерные сушилки НИИФ СТ-3, НИИФ СТ-4 и СТ-Ш. В этих сушилках шпон перемещается от сырого конца к сухому в зажатом состоянии между рамками, укрепленными на непрерывно движущихся цепях.

Сушилка СТ-Ш отличается высоким уровнем механизации загрузки и выгрузки шпона. В комплексе с клеенаносящими вальцами она образует поточную линию нанесения на шпон клея, сушки и охлаждения высушенного шпона (рис. 105).

Стопу сухого шпона 2 помещают на роликовый конвейер подъемной платформы 1. Листы шпона поштучно подают в клеенаносящие вальцы 3. При выходе из них листы с нанесенной на их поверхность смолой попадают на роликовый конвейер 4 с вращающимися консольными роликами. Проходящие между роликами рамки 6 конвейера снимают листы шпона и переводят их из горизонтального положения в вертикальное. Затем шпон проходит по сушилке последовательно через зоны сушки и охлаждения. При переходе рамок в сухом конце камеры с верхней рабочей ветви конвейера на нижнюю холостую ветвь высушенные и охлажденные листы шпона автоматически выгружаются конвейером 11 и укладываются в стопу 13.

Циркулирующий в сушилке воздух нагревается в пластинчатых калориферах 16 и центробежным вентилятором 14 подается в две параллельно действующие системы воздуховодов 17. В первой системе воздуховодов воздух в камере циркулирует в направлении по часовой стрелке, а во второй — в обратном направлении. Направление циркуляции, таким образом, реверсируется при переходе шпона из первой зоны сушильной части камеры во вторую. Для циркуляции воздуха в зоне охлаждения предусмотрен отдельный центробежный вентилятор 21.

Поточную линию обслуживает бригада из двух человек. Ее производительность 2800 ... 3000 листов в смену при средней продолжительности сушки 11 мин.

§ 48. СУШКА ШПОНА, ПРОПИТАННОГО СМОЛОЙ

Шпон, пропитанный смолами, используют для производства древеснослоистых пластиков. Сушка пропитанного смолой шпона существенно отличается от сушки шпона с нанесенной на его

поверхность смолой. При пропитке и последующей сушке должно быть обеспечено наиболее глубокое проникание смолы по толщине шпона. В этой связи шпон пропитывают в растворе смолы пониженной вязкости (2 ... 3 Э).

Процесс сушки пропитанного смолой шпона проходит в два этапа: на первом — удаление свободного растворителя смолы (спиртов при применении спирторастворимых смол), протекающее с постоянной скоростью, на втором — удаление связанного растворителя и связанной воды из шпона, идущее с замедляющейся скоростью.

Общее количество воды и летучих в шпоне к началу первого этапа составляет около 40% от массы абсолютно сухого вещества, а к началу второго этапа — около 15%.

ЦНИИФ рекомендует следующие режимы сушки:

	Первый этап	Второй э т ап
Влажность шпона, %: начальная	40 15 7075/90*	3 <u>—</u> 6 90
Скорость циркуляции воздуха у поверхности шпона, м/с	1,5 2 1025	0,81,5 1025

Для сушки пропитанного смолой шпона применяют сушилки непрерывного действия, обеспечивающие сушку в два этапа. Сушилка НИИФ СТ-2 (рис. 106) состоит из двух отделений. Вагонетку с пропитанным шпоном закатывают в первое отделение, где происходит первая стадия сушки. Воздух нагревается в калорифере 4. Центробежным вентилятором 2 осуществляется поперечная циркуляция воздуха. По окончании первого этапа поднимают штору 8, отделяющую первое отделение от второго, и вагонетку перекатывают во второе отделение. Одновременно с этим в первое отделение закатывают новую вагонетку. Во втором отделении вагонетку со шпоном периодически передвигают от сырого конца к сухому, из которого ее затем выгружают. В этом отделении предусмотрена продольная противоточная циркуляция воздуха, создаваемая вторым центробежным вентилятором. Продолжительность сушки пропитанного шпона толщиной 0,55 мм составляет 80 ... 100 мин, а часовая производительность сушилки на том же материале 250 ... 300 листов. Недостаток рассмотренной сушилки — низкий уровень механизации транспортных работ. Для сушки пропитанного смолой шпона на фанерных заводах применяют конвейерную сушилку СТ-Ш, в которой предусмотрена двухстадийная сушка.

 $^{^{*}}$ В числителе — для спирторастворимых смол, в знаменателе — для водорастворимых.

Низкая вязкость смолы может быть достигнута не только путем снижения ее концентрации, но и путем нагрева концентрированной смолы до 60 °C. На этом принципе работает поточная линия ЛПСШ (рис. 107) для пропитки, сушки и охлаждения шпона.

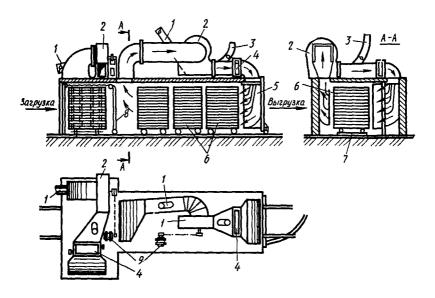
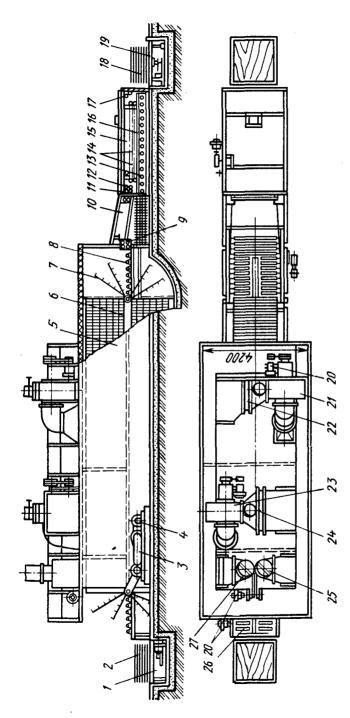


Рис. 106. Сушилка НИИФ СТ-2 для сушки пропитанного смолой шпона:

1 — труба притока свежего воздуха, 2 — центробежный вентилятор, 3 — выхлопная труба, 4 — пластинчатый калорифер, 5 — экраны, 6 — вагонетки со шпоном, 7 — поворотный круг, 8 — подъемная штора, 9 — электродвигатель

Стопу шпона 18 устанавливают на подъемную платформу 19, далее листы шпона последовательно подают в ванну 15. Перегородка 16 делит ванну на две части: нижнюю, заполненную водой, обогреваемой калориферами 13, и верхнюю, в которой расположены сетчатый конвейер 14, приемные ролики 17, ролики 12, отжимающие излишки смолы, и ролики 11, выдающие из ванны пропитанный шпон. Концентрированная смола поступает в верхнюю часть ванны автоматически, и ее уровень поддерживается на 50 мм выше рабочей части сеток. Выходящий из ванны пропитанный лист шпона попадает в буферную секцию 10 и располагается в ней так, что конец листа находится в промежутке между парными роликами 9 при поднятых верхних роликах. В момент подхода рамок 7 конвейера 6 к загрузочному механизму опускаются верхние ролики 9, которые подают лист на конвейер 8 с вращающимися консольными роликами. Рамки 7 снимают листы с конвейера, переводя их из горизонтального поло-



охлаждения шпона: Рис. 107. Поточная линия для пропитки, сушки и

фер. 14—сетчатый конвейер, 15—ванна со смолой, 16—перегородка, 17—приемные ролики, 18—стопа шпона, 19—подъемняя плат-форма, 21, 23—центробежные вентиляторы, 22, 24—пластинчатые калориферы, 25, 27—трубы, 26—консольные ролики выгружающего 12 - ролики отжима смолы, 13 - калори-7 - рамка, 8 - роли-4, 20 — электродвигатели, 5 — камера, 6 — конвейер, 10 — буферная секция, 11 — подающие ролики, 3 — редукторы, I — подъемная платформа, 2 — стопа шпона, ковый конвейер, 9 — ролики синхронизаторы, конвейера жения в вертикальное. В этом положении листы перемещаются

вдоль камеры.

Камера 5 состоит из четырех отделений. В первом отделении пропитанный шпон нагревается до температуры 55 ... 60 °С, происходит разжижение смолы и ее проникновение в шпон. Циркуляция воздуха отсутствует. Во втором отделении осуществляется первая стадия сушки при температуре 70 ... 75 °С. Циркуляция воздуха — поперечная, создается центробежным вентилятором 21. Воздух нагревается калорифером 22.

В третьем отделении проходит вторая стадия сушки. Воздух нагревается пластинчатым калорифером 24 до 90 °С и циркулирует под действием центробежного вентилятора 23. В четвертом отделении шпон охлаждается холодным воздухом, подаваемым одним осевым вентилятором через трубу 27 и выбрасываемым в атмосферу вторым осевым вентилятором через трубу 25. Оба осевых вентилятора приводятся во вращение одним электродвигателем 20. Высушенный и охлажденный шпон при горизонтальном расположении рамок выгружается вращающимися консольными роликами 26 в стопу 2, расположенную на подъемнике 1. Привод конвейера осуществляется от электродвигателя 4 через последовательно установленные два редуктора 3.

Продолжительность цикла «пропитка — сушка — охлаждение» около 30 мин. Часовая производительность поточной линии 350 листов при толщине шпона 0,55 мм.

Контрольные вопросы. 1. Каковы особенности сушки шпона с нанесенной на его поверхность смолой? 2. Каковы устройство и особенности работы сушилки НИИФ СТ-1? 3. Каковы устройство и принцип работы поточной линии СТ-Ш? 4. Какую особенность имеют режимы сушки шпона, пропитанного смолой? 5. Какие конструктивные особенности имеет сушилка НИИФ СТ-2 и каким образом она работает? 6. В чем особенности устройства поточной линии ЛПСШ и каков принцип ее работы?

ГЛАВА XIII

СУШКА ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

§ 49. ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ СУШИЛОК

К измельченной древесине, которая по условиям производства подлежит обязательной сушке, относятся технологическая стружка, идущая на изготовление древесностружечных плит, упаковочная стружка, спичечная соломка.

Наибольшее значение имеет сушка стружки в производстве древесностружечных плит (ДСтП). Технология их производства требует высушивания измельченной древесины до влажности 3 ... 9%.

Начальная влажность измельченной древесины, подвергаемой

сушке, составляет: для вырабатываемой из дровяного сырья и сырых отходов — 80 ... 120%, для стружки от строгальных и фрезерных станков — 15 ... 20%. Малые размеры, хорошо развитая поверхность, отсутствие жестких требований в отношении растрескивания частиц древесины — все это определяет возможность очень интенсивного процесса сушки, который может проходить при высокой температуре.

Для сушки измельченной древесины используют сушилки непрерывного действия. Они подразделяются на четыре группы: конвективные с механическим перемещением материала; конвективные с пневмомеханическим перемещением материала; конвективные с пневматическим перемещением материала; кондуктивные (контактные).

К сушилкам первой группы относятся воздушные ленточные. Измельченная древесина перемещается через сушильное пространство слоем на сетке ленточного конвейера. Сушильный агент продувается через слой частиц в направлении, перпендикулярном поверхности слоя, со скоростью 1 ... 0,7 м/с. Продолжительность процесса сушки 15 ... 30 мин.

Сушка измельченной древесины в сушилках с пневмоме-ханическим перемещением материала проходит во вращающемся или неподвижном барабане. Поэтому сушилки этой группы принято называть барабанными. При вращении барабана (или ротора) происходит перемещение и перемешивание частиц, одновременно омываемых проходящим через барабан сушильным агентом. Теплота передается материалу в основном путем конвекции. Продолжительность сушки в барабанных сушилках 3 ... 15 мин.

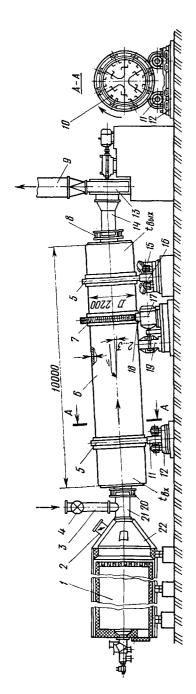
В деревообрабатывающей промышленности применяют три вида сушильных барабанов: вращающийся одноходовой, вращающийся трехходовой и неподвижный с сопловым дутьем.

В пневматических сушилках древесина высушивается во взвешенном состоянии в потоке движущегося газа. Хорошее омывание частиц агентом сушки обеспечивает интенсивный конвективный теплообмен между ними, а следовательно, и весьма интенсивную сушку. Наиболее рациональная область их применения — предварительная сушка материала с последующей досушкой до требуемой влажности в барабанных сушилках.

Кондуктивные сушилки представляют собой неподвижный барабан, внутри которого монтируют ротор из обогреваемых паром теплообменных труб. Высушиваемый материал перемешивается вращающимся ротором. Тепло материалу передается путем кондукции от горячей поверхности труб. Сушилки применяют в очень ограниченном количестве и на предприятиях с малым объемом производства ДСтП.

Основными для измельченной древесины являются барабан-

ные сушилки.



ролики. - питатель. — опорные измельченной Рис. 108. Газовая барабанная сушилка «Прогресс»:

Наибольшее распространение имеют барабанные сушилки, в которых в качестве сушильного агента используют смесь топочных газов с воздухом.

Основная рабочая часть сушилки «Прогресс» (рис. 108) — вращающийся барабан 6. Бандажи 5, укрепленные на барабане, катятся по опорным роликам 11 и 16, которые вра-В подшипниках опорных станций 12 и 15. Опорные станции установлены на разновысоких фундаментах, обеспечивающих уклон барабана на 2...3° в сторону загрузки сырого материала.

Барабан вращается от электродвигателя 17 и редуктора 19 через зубчатую пару 18, 7. Венцовая шестерня 7 этой пары укреплена на барабане. Частота вращения барабана меняется от 4 до 9 мин-1.

Внутри барабан устроен следующим образом. В одном его конце, со сторозагрузки материала, на участке длиной 1 м расположена насадка из винлопастей, товых предназначенная для питания барабана сырой стружкой. Остальная часть барабана по всей длине разделена на шесть секторов (барабаны старых разделены моделей пять секторов) с Г-образными лопастями 10, предназначенными для перемешивания материала. Барабан соединен с газоходами 14 и 21 с помощью плавающих торцовых уплотнений 8 и 20. В газоход 21 из смесительной камеры 22 топки 1 подается рабочая газовоздушная смесь, а через трубу 3 с питателем 4 поступает сырая измельченная древесина. Движение высушиваемого материала вдоль барабана происходит под действием напора газового потока. Высушенная стружка с отработавшей газовоздушной смесью через газоход 14 дымососом 13 направляется по трубе 9 в циклон-отделитель, установленный над бункером сухой стружки.

Рабочая газовоздушная смесь, поступающая в барабан, подготавливается в смесительной камере, в которой к топочным газам подмешивается свежнй воздух, поступающий по патрубку 2 и кольцевому зазору, образованному кожухом топки и наружной поверхностью топочной камеры. Температура в топочной камере поддерживается в пределах 900 ... 1000 °C, на входе в сушилку 350 ... 450 °C, а на выходе 90 ... 120 °C. Количество циркулирую-

щего сушильного агента 7 ... 8,5 кг/с.

В устаревших конструкциях барабан располагался с уклоном 3° в сторону движения материала (положительный угол наклона). Однако более рационально барабан устанавливать под углом 2 ... 3° (см. рис. 108) в сторону, обратную движению материала (отрицательный угол наклона), что резко повышает производительность сушилки. Объясняется это следующим.

При установке барабана с отрицательным углом наклона возрастает коэффициент его заполнения высушиваемым материалом, что ведет к увеличению перепада температуры сушильного агента по длине барабана. Это позволяет увеличить количество циркулирующей газовоздушной смеси и повысить ее температуру на входе в сушилку, не превышая безопасный температурный уровень в сухом конце барабана (160 ... 170 °C).

Продолжительность сушки измельченной древесины зависит от угла наклона оси барабана, частоты его вращения и скоро-

сти движения агента сушки.

Производительность барабанной сушилки, показанной на рис. 108, при сушке измельченной древесины влажностью от 80 до 4% составляет 3,5 ... 4,5 т в час (по сухой стружке). Расход теплоты равен примерно 4,5 ... 5 МДж на 1 кг испаренной влаги.

Схема сушильной установки «Бизон» с трехходовым барабаном приведена на рис. 109. Вращающийся барабан 6 сушилки имеет внутри три канала, образованные концентрически расположенными трубами. Сырая измельченная древесина из бункера 5 винтовым конвейером 4 через шлюзовой затвор 2 подается в газоход 3 и в потоке горячего газа поступает в центральный канал 7 барабана. Движение газа и материала осуществляется за счет разрежения, создаваемого дымососом 13. Пройдя через центральный канал со скоростью около 20 м/с, газовый поток и

193

материал делают поворот на 180° и попадают в средний кольцеобразный канал 8, в котором скорость снижается до $6 \dots 7$ м/с, и после еще одного поворота на 180° — в наружный канал 9, в котором скорость составляет $4 \dots 5$ м/с.

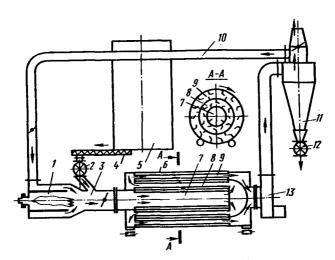


Рис. 109. Схема сушильной установки «Бизон» с трехходовым барабаном:

I — топка, 2, I2 — шлюзовые затворы, 3, I0 — газоходы, 4 — винговой конвейер. 5 — бункер. 6 — барабан, 7 — центральный канал барабана, 8 — средний канал барабана, 9 — наружный канал барабана, II — циклон, I3 — дымосо

Средний и наружный каналы снабжены профильными лопастями для перемешивания материала. При выходе из барабана сухая древесина в потоке отработавшей смеси направляется дымососом в циклон 11, из которого материал удаляется через шлюзовой затвор 12. Отработавшие газы частично выбрасываются в атмосферу, а частично возвращаются по газоходу 10 к топке 1 для смешения с продуктами горения.

В установке «Бизон» путь движения высушиваемых частиц значительно длиннее, чем в сушилке «Прогресс». Это позволяет повысить температуру газов на входе в барабан и тем самым производительность установки.

На некоторых предприятиях нашей страны эксплуатируются газовые барабанные сушилки фирмы «Бютнер» (рис. 110).

В неподвижный сушильный барабан 4 через шлюзовой затвор 9 поступает сырая стружка, которая подхватывается потоком газовоздушной смеси. Эта смесь поступает в барабан через газоход-сопло 6, вытянутый по всей длине барабана. Измельченная древесина проходит сушилку по винтовой траектории (показано стрелками) от сырого к сухому концу барабана при

интенсивном перемешивании. В газоходе-сопле 6 установлены поворачивающиеся на осях щитки 5. Их поворотом изменяют угол входа сушильного агента, тем самым регулируют продолжительность пребывания материала в барабане (продолжитель-

ность сушки). На валу 3, вращающемся в подшипниках 8, установлены лопасти-гребенки 2, которыми перемешивается высушиваемая стружка.

Высушенная стружка с отработавшими газами подается вентилятором 7 в циклон-отделитель 10, откуда она удаляется через шлюзовой затвор 11. Отработавший агент сушки частично выбрасывается в атмосферу через трубу 1, а большая его часть поступает на рециркуляцию в смесительную камеру 12 топки 14. Туда же поступают топочные газы из камеры горения 13. Образующаяся газовоз-

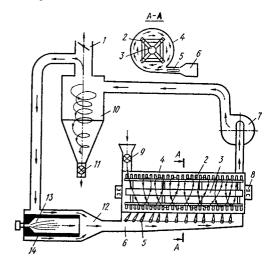


Рис. 110. Схема газовой барабанной сушилки фирмы «Бютнер»:

1 — труба, 2 — лопасти, 3 — вал, 4 — барабан, 5 — поворотные щитки, 6 — газоход-сопло, 7 — вентилятор, 8 — подшипники, 9, 11 — шлюзовые затворы, 10 — циклон, 12 — смесительная камера, 13 — камера горения, 14 — топка

душная смесь температурой 350...400°C направляется в газоходсопло 6.

Производительность сушилки «Бютнер» такая же, как у сушилки «Прогресс» с отрицательным углом наклона —2°.

Недостаток сушилки — повышенный расход теплоты на испарение и ограниченный верхний предел температуры подаваемой в барабан газовоздушной смеси (350 ... 400 °C), что в целом связано с малой степенью использования сушильного агента.

Сушилки «Бютнер» выпускают с диаметром барабана 3,2 м и длиной по 12 м. Их производительность 4,5 ... 5,5 т сухой стружки в час.

§ 51. КОМБИНИРОВАННЫЕ СУШИЛКИ

Комбинированные двухступенчатые сушильные установки состоят из пневматической трубы — сушилки — и сушильного барабана.

Первая стадия сушки проводится в топочно-сушильном агре-

гате (TCA), схема устройства которого приведена на рис. 111. Центральная труба 4° представляет собой топку. В торцовой ее части расположена горелка 10 для сжигания жидкого или газообразного топлива. На трубу навит спиральный газоход 1, соединенный с топкой окном 7. Этот газоход имеет трубу 6 для подачи сырой и отвод 8 для удаления смеси газа с подсушенной стружкой, подсоединенный к всасывающему патрубку дымососа. Для подачи свежего воздуха имеется канал 3, образованный кожухом 2 и наружной стенкой спирального газохода 1. Дополнительная подача свежего воздуха к продуктам горения осуществляется через люк 9, снабженный шибером.

Сырая стружка непрерывно поступает в газоход 1 через трубу 6. Одновременно туда поступают топочные газы температурой 600 ... 700 °С из топки 4 через окно 7. При прохождении по газоходу проходит процесс сушки стружки, которая затем, имея

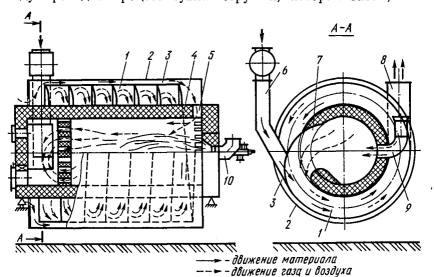


Рис. 111. Топочно-сушильный агрегат (ТСА):

1 — спиральный газоход, 2 — кожух, 3 — канал для подачи свежего воздуха, 4 — центральная труба, 5 — отверствие для подачи свежего воздуха, 6 — труба подачи сырой стружки, 7 — окно, 8 — отвод для газовой смеси и подсушенной стружки, 9 — люх для подачи свежего воздуха, 10 — горелка

влажность 15 ... 30%, через отвод 8 подается в сушильный барабан. Температура газовой смеси понижается до 200 ... 300°C.

Схема комбинированной сушилки ЦНИИФ, состоящей из ТСА, барабана «Прогресс» и устройства для сжигания древесной пыли, дана на рис. 112. К топке 9 топочно-сушильного агрегата 10 пристроена дополнительная камера 8 с форсункой для природного газа или мазута и горелкой 6 для ввода пыли. Сы-

рая стружка через шлюзовой питатель 5 и канал 4 поступает в спиральную трубу и проходит по ней с потоком горячей газовоздушной смеси, поступающей из топки 9. Далее смесь стружки и газа по трубе 3 дымососом 11 нагнетается в сушильный бара-

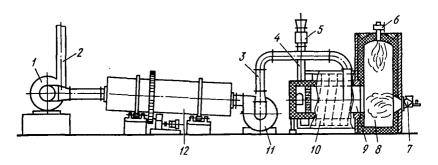


Рис. 112. Схема комбинированной сушилки ЦНИИФ (TCA с барабаном «Прогресс»):

1, 11— дымососы, 2, 3— трубы, 4— канал подачи сырой стружки, 5— шлюзовой затвор, 6— горелка для сжигания древесной пыли, 7— горелка для природного газа или жидкого топлива, 8— дополнительная камера, 9— топка, 10— TCA, 12— барабан

бан 12, откуда вторым дымососом 1 высушенный материал с отработавшими газами по трубе 2 подается в циклон-отделитель. Если используется только жидкое и газообразное топливо (без пыли), то топочную камеру не монтируют, а горелку устанавливают по схеме рис. 111.

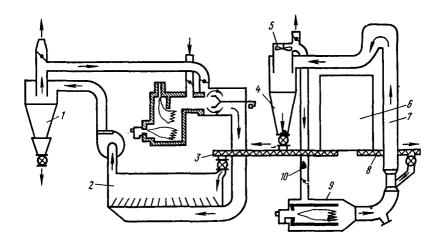


Рис. 113. Схема комбинированной сушилки BBSH: 1 — бункер сухой стружки, 2 — сушилка «Бютнер», 3 — винтовой конвейер, 4 — циклон, 5 — дымосос, 6 — бункер сырой стружки, 7 — труба-сушилка, 8 — винтовой конвейер, 9 — топка, 10 — труба

Комбинированная сушилка обеспечивает более равномерное просыхание стружки, так как в барабане проходит не только досушка, но и кондиционирование влажности. Кроме того, повышается производительность установки. Например, барабан «Прогресс» диаметром 2,2 м имеет среднюю производительность по сухой стружке 3,3 т/ч, а тот же барабан с TCA — 5 т/ч.

Высокой производительностью отличается комбинированная сушилка BBSH (рис. 113), состоящая из вертикальной трубы-

сушилки и барабанной сушилки «Бютнер».

Сырая стружка из бункера 6 винтовым конвейером 8 подается в трубу-сушилку 7 для предварительной подсушки. Движение смеси газа с материалом обеспечивается работой дымососа 5, совмещенного с циклоном 4. В циклоне происходит отделение подсушенных частиц от газа. Отработавший газ частично выбрасывается в атмосферу, а большая его часть по трубе 10 возвращается в топку 9 на рециркуляцию. Подсушенная стружка из бункера винтовым конвейером 3 направляется в барабан сушилки 2, где досушивается. Высушенная стружка из бункера 1 поступает в поток изготовления древесностружечных плит.

Если измельченная древесина имеет начальную влажность ниже 90%, подсушки не требуется и труба-сушилка отключается. Тогда стружка из бункера 6 подается непосредственно в ба-

рабан.

§ 52. ЛЕНТОЧНЫЕ СУШИЛКИ

Ленточные сушилки, применяемые для сушки измельченной древесины, делятся на два типа: одноленточные (с одним конвейером) и многоленточные (с несколькими конвейерами, расположенными один над другим).

Одноленточные сушилки (рис. 114) обычно делают воздушными с паровым обогревом. Ограждением сушилки служат теп-

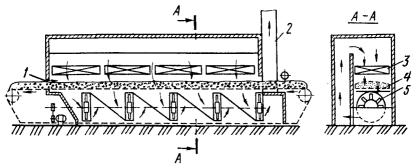


Рис. 114. Схема одноленточной сушилки:

¹ — отверстие для подачи свежего воздуха, 2 — вытяжная труба, 3 — калориферы, 4 — ленточный конвейер со слоем высушиваемого материала, 5 — циркуляционная установка

лоизолированные металлические щиты, закрепленные на каркасе. Внутри камера разделена по ширине вертикальной перегородкой на две части: сушильную зону и циркуляционный коридор. В сушильной зоне размещены калориферы 3, сетка ленточного конвейера 4 со слоем высушиваемого материала и циркуляционная установка 5. Циркуляционная установка состоит из блока осевых вентиляторов, вращающихся на общем валу, с приводом от электродвигателя. Вентиляторы отделены один от другого наклонными перегородками.

Воздух нагнетается вентиляторами в циркуляционный коридор, поступает в сушильную зону, омывает трубы калорифера, проходит через слой материала и возвращается в вентиляторы. Циркуляция в сушилке поперечно-винтообразная. Воздух, поступающий в камеру через отверстие 1, движется винтообразно, от одного вентилятора к другому, постепенно приближаясь к сырому концу. Отработавший воздух выбрасывается в атмосферу через трубу 2. Высушиваемый материал перемещается по ленте навстречу воздушному потоку.

Скорость движения воздуха через слой материала не более 1 м/с, а его температура 110 ... 140°С (при сушке спичечной соломки не более 100 °C во избежание потемнения древесины).

Контрольные вопросы. 1. Каковы особенности сушки измельченной древесины? 2. Как классифицируются сущилки для измельченной древесины? 3. Каково устройство барабанной сушилки «Прогресс»? 4. Каковы особенности устройства и работы сушильной установки «Бизон»? 5. Каковы назначение, устройство и принцип работы топочно-сушильного агрегата ЦНИИФ? 6. Как работает комбинированная сушилка ЦНИИФ? 7. Какова особенность работы комбинированной сушилки BBSH? 8. Для чего предназначены ленточные сушилки?

ГЛ**А**ВА XIV РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

§ 53. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Регулированием сущильного процесса называют такой способ управления определенными параметрами сушки (температурой и степенью насыщения сушильного агента, влажностью древесины и внутренними напряжениями в ней), при котором эти параметры стремятся приобрести некоторое наперед заданное значение.

Например, в сушильных камерах для сушки пиломатериалов задача регулирования состоит в поддержании состояния сушильного агента (t и ф) в соответствии с заданным режимом сушки. Более рационально было бы, однако, такое регулирование, при котором состояние сущильного агента поддерживалось бы в зависимости от внутренних напряжений. Но это пока невозможно, так как еще не разработаны датчики внутренних напряжений.

Другой пример. В барабанных сушилках для сушки стружки задача регулирования может быть сведена к стабилизации конечной влажности стружки на уровне заданной конечной путем соответствующего изменения температуры сушильного агента на входе в сушилку. Так, температуру на входе следует увеличивать, если из барабана выходит стружка с повышенной влажностью, и наоборот.

Состояние сушильного агента регулируют различными способами в зависимости от способа его нагревания. В сушилках с паровым обогревом, когда состояние определяется только одним параметром — температурой, последнюю регулируют с помощью вентилей или клапанов, установленных на паропроводах. Для снижения температуры в сушилке необходимо уменьшить подачу пара в калориферах, прикрывая вентиль (или клапан), а для повышения температуры, наоборот, увеличить подачу пара, открывая вентиль.

Если в сушилке с паровым обогревом состояние характеризуется двумя параметрами (t и ϕ), температуру регулируют таким же способом, т. е. воздействием на паровые вентили или клапаны. Степень насыщения ϕ регулируют изменением кратности воздухообмена с атмосферой воздействием на шиберы или задвижки приточно-вытяжных каналов. Перекрытие приточновытяжных каналов приводит к повышению ϕ за счет влаги, испаряющейся из материала. В недостаточно герметичных камерах для повышения степени насыщения в сушильное пространство впускают пар через увлажнительные трубы. Пар через увлажнительные трубы подают в том случае, когда требуется быстро повысить ϕ (например, для влаготеплообработки древесины).

В газовых сушилках состояние сушильного агента регулируют путем воздействия на шиберы и задвижки. перекрывающие каналы подачи в камеру смешения топочных газов, отработавшей смеси и свежего воздуха, а также путем изменения количества топлива, подаваемого в топку. Для того чтобы, например, повысить температуру в сушилке, необходимо либо увеличить подачу газа из топки или газораспределительного борова, либо увеличить подачу топлива в топку. Для повышения степени насыщения (в газовых камерах для пиломатериалов) уменьшают подачу в камеру смешения свежего воздуха и соответственно увеличивают количество отработавшей смеси, направляемой на рециркуляцию.

В сушилках с электрическим обогревом температуру регулируют путем включения или отключения питания электронагревателей рубильниками или магнитными пускателями.

Существует два способа регулирования: ручной и автоматический. При ручном регулировании оператор сушильной уста-

новки следит по контрольным приборам за состоянием сушильного агента. При отклонении параметров агента от заданных режимом он воздействует на органы управления (вентили, шибера, задвижки, рубильники) и добивается соответствия фактических и заданных параметров. При автоматическом регулировании воздействие на органы управления происходит автоматически с помощью регуляторов, воздействующих на исполнительные механизмы, в зависимости от сигналов датчиков, которые воспринимают изменение параметров сушильного агента.

Температуру в сушилках регулируют автоматическими регуляторами. Для регулирования степени насыщения также применяют регуляторы температуры, которые реагируют на изменение температуры предела охлаждения. Датчик температуры этого регулятора должен снабжаться увлажнительным чехлом (аналогично смоченному термометру психрометра).

Каждый автоматический регулятор температуры имеет следующие основные элементы: датчик температуры, регулирующий прибор, исполнительный механизм и задатчик (устройство зада-

ния величины регулируемой температуры).

Датчик измеряет температуру и вырабатывает сигнал, поступающий на вход регулирующего прибора. В регулирующем приборе в зависимости от сигналов датчика и задатчика вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный механизм. В свою очередь, исполнительный механизм воздействует на регулирующие органы (вентили, клапаны, шибера).

Различают регуляторы прямого (РПД) и непрямого (РНД) действия. РПД работают от энергии регулируемой среды. Область их применения очень ограничена вследствие малой точно-

сти регулирования.

Более распространены РНД, у которых воздействие сигнала датчика на регулирующий орган осуществляется через усилители мощности. Для перемещения регулирующего органа используется энергия дополнительного источника питания. Для РНД наиболее целесообразно применять электрические датчики температуры.

Регуляторы непрямого действия могут быть одноканальными (OP) и многоканальными (MP). Одноканальный регулятор может регулировать только один параметр (например, температуру) в одной установке. Многоканальные регуляторы позволяют регулировать несколько параметров в ряде установок. Применяя MP, можно автоматизировать целый блок сушильных камер.

Одноканальные регуляторы целесообразно применять в цехах с небольшим числом сушилок. На предприятиях с большим числом сушилок пиломатериалов, каждая из которых должна регулироваться по двум параметрам, рационально применять многоканальные регуляторы.

По принципу регулирования РНД, используемые в сушильной технике, подразделяются на следующие:

двухпозиционные, действующие по принципу «открыто — закрыто», когда регулирующий орган может находиться в двух положениях — или полностью открытом, или полностью закрытом;

трехпозиционные, которые допускают еще одно промежуточ-

ное положение регулирующего органа;

шаговые, в которых регулирующий орган перемещается в отдельные моменты времени на определенную величину (шаг);

двухпозиционно-шаговые, работающие как по шаговому принципу, так и по позиционному в зависимости от величины отклонения регулируемых параметров от заданных;

импульсные, в которых непрерывные сигналы датчиков преобразуются в отдельные импульсы, используемые для управления регулирующими органами;

пропорциональные — в них величина сигнала, воздействующего на исполнительный орган, пропорциональна температуре в сушилке, поэтому степень открытия регулирующего органа зависит от величины рассогласования регулируемых и заданных параметров.

По виду используемой энергии регуляторы подразделяются на электрические, пневматические и электропневматические.

В системе регулирования используют исполнительные механизмы двухпозиционные и пропорционального действия. Примером двухпоцизионных исполнительных механизмов могут служить электромагнитные вентили, пневматические мембранные клапаны.

Мембранный клапан (рис. 115) состоит из двух основных частей: мембранного привода 4 с возвратно-поступательным движением штока и регулирующего органа — разгруженного двух-седельчатого клапана 6. При увеличении давления на мембрану 3 сжатого воздуха шток 2 с плунжером 1 перемещается вниз, увеличивая проходное сечение клапана. При падении давления воздуха шток с плунжером под действием пружины 5 перемещается вверх и клапан закрывается. Сжатый воздух включается и выключается посредством пневмореле, которое управляется усилительно-преобразующим устройством регулятора.

Более универсальными являются исполнительные механизмы пропорционального действия с электроприводом. Чаще всего используют механизм КДУ-1П (рис. 116).

Привод механизма осуществляется от электродвигателя 1, приводящего в движение выходной вал с кривошипом 4 через редуктор. Механизмы дистанционного управления размещены в коробке 2. Для ручного управления имеется маховичок 3. При включении электродвигателя усилительно-преобразующим устройством регулятора выходной вал начинает медленно поворачиваться. В зависимости от принципа регулирования вал может

занимать либо одно из крайних положений, либо промежуточное положение, соответствующее оптимальной степени открытия регулирующего органа. Выходной вал с кривошипом (как показано на рисунке) может воздействовать на регулирующий орган

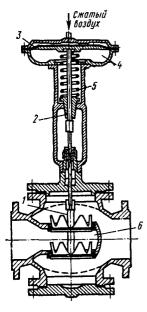
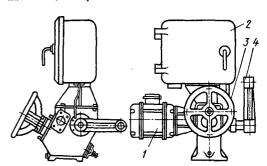


Рис. 115. Мембарнный клапан обратного действия:

1 — плунжер, 2 — шток, 3 — мембрана, 4 — привод, 5 — пружина, 6 — клапан

Рис. 116. Исполнительный механизм дистанционного управления КДУ-1П:

1 — электродвигатель, 2 — коробка управления, 3 — маховичок, 4 — кривошип



любого типа с поступательным перемещением. Регулирующий орган с винтовым перемещением (паровые вентили, задвижки) соединяют с выходным валом исполнительного механизма посредством зубчатой пары.

§ 54. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА

Системой автоматического регулирования (САР) называют совокупность объекта регулирования и автоматического регулятора, которая предназначена для поддержания регулируемой величины, например температуры t, равной заданному значению t_0 .

В процессах сушки чаще всего необходимо стабилизировать температуру t и степень насыщения ϕ , т. е. поддерживать t и ϕ равными некоторым заданным значениям t_0 —const и ϕ_0 —const. Такие CAP называют системами автоматической стабилизации.

В ряде случаев возникает необходимость автоматически изменять регулируемую величину по заданному закону (режиму) в зависимости от времени или состояния древесины (влажности, внутренних напряжений). Такие системы, в которых $t_0 = f(\tau)$,

где $f(\tau)$ — известная функция времени, называют системами программного регулирования.

Иногда требуется изменять регулируемую величину t во времени по неизвестному закону. Например, необходимо изменять температуру на входе в барабанную сушилку в зависимости от конечной влажности стружки, которая может колебаться во времени самым неопределенным образом. Система, у которой $t_0 = F(\tau)$, где $F(\tau)$ — неизвестная заранее функция времени, называется следящей системой.

Наиболее удобны и перспективны в технике сушки древесины САР, основанные на применении электрических регуляторов непрямого действия.

В качестве примера рассмотрим принцип действия системы автоматической стабилизации параметров среды в сушильной камере периодического действия, схема которой приведена на рис. 117. В систему входят сухой и смоченный термометры со-

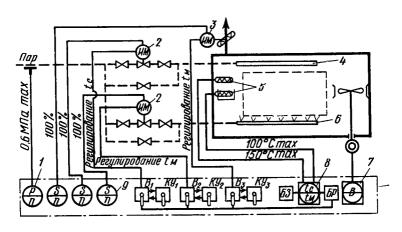


Рис. 117. Схема САР сушильной камеры периодического действия: 1 — манометр, 2, 3 — исполнительные механизмы, 4 — калорифер, 5 — датчики температуры, 6 — увлажнительная труба, 7 — устройство реверсирования электродвигателей, 8 — измерительно-регулирующее устройство, 9 — указатели положения

противления, сигналы с которых поступают в измерительно-регулирующее устройство 8. Если регулируемый параметр отклонился от значения, заданного в блоке задатчиков БЗ, через реле БР подается сигнал на исполнительные механизмы 2 и 3, управляющие работой паровых вентилей и шиберов приточно-вытяжных каналов. Исполнительные механизмы могут управляться как автоматическим регулятором, так и с щита управления вручную переключателями В и ключами КУ. Степень открытия регулирующих органов контролируется указателями положения 9. В системе имеются автоматическое устройство 7 для включения

и реверсирования вентиляторов камеры и манометр 1 для конт-

роля давления пара.

Одним из наиболее простых промышленных регуляторов, пригодных для использования в рассмотренной схеме, является электрический регулятор температуры ЭРА-М. Этот регулятор двухпозиционный, работает с медными термометрами сопротивления ДТ-1 и электрическими исполнительными механизмами.

Система регулирования на базе регуляторов ЭРА-М обеспечивает поддержание заданной температуры с погрешностью $\pm 1 \dots 2$ °С и температуры смоченного термометра $\pm 1,5 \dots 3$ °С. Более высокое качество регулирования обеспечивается электрон-

ными уравновешенными мостами.

Электронные мосты КСМ2, КСМ3 и КСМ4, выпускаемые отечественной промышленностью в различных модификациях, снабжены трехпозиционными регулирующими устройствами и блоками задатчиков. Мосты изготовляют в одно-, трех-, шести- и двенадцатиканальном вариантах. Задание по каждому каналу осуществляется независимо. Один из вариантов этих мостов (КСМ2-050) позволяет регулировать состояние среды по психрометрической разности ($t-t_{\rm M}$). Мосты этих типов надежны, просты в обслуживании и сравнительно недороги. Они могут рабо-

тать с электрическими исполнительными механизма-

ми любых типов.

Для автоматизации сушилок может быть использован комплект приборов для автоматического контроля и регулирования типа MP. Регулятор имеет 12 каналов и может обслуживать до 6 камер для сушки пиломатериалов. Диапазон регулирования температуры 0... 150°C с погрешностью ± 1°C. Регулирующее устройство трехпозиционное.

Камера непрерывного действия «Валмет» снабжена пневматической системой регулирования. На некото-

рых предприятиях внедряется отечественная система пневморегулирования ПУСК-3Д с дилатометрическими датчиками ПТПД-1-1.

Рис. 118. Принципиальная схема регулирования ТРП:

I — винт, 2 — шкала, 3 — гайка, 4 — пружина, 5 — главный рычаг, 6 — сильфон, 7 — капилляр, 8 — термобаллон, 9 — пневмореле, 10, 11 — клапаны, 12 — линия исполнительного механизма

Система рассчитана на регулирование процесса сушки в шести или десяти камерах непрерывного действия. Погрешность регулирования ± 2 °C. Температуру среды регулируют по двухпо-

зиционному, а температуру смоченного термометра по трехпозиционному принципу в пределах от 20 до 120 °C.

Аналогична по своей характеристике пневматическая система регулирования с манометрическими термометрами типа ТРП (рис. 118). В зависимости от температуры контролируемой среды изменяется давление в термосистеме, состоящей из термобаллона 8 и капилляра 7. Под действием этого давления, передаваемого через сильфон 6, главный рычаг 5 поворачивается и через систему других рычагов воздействует на клапаны 10 и 11 пневмореле 9. При совпадении температуры в сушильной установке с заданной система находится в равновесии и клапаны 10 и 11 закрыты. При изменении давления в термобаллоне открывается клапан 10, к которому подведено давление питания, или клапан 11, выпускающий воздух в атмосферу. Это вызывает изменение давления в камере пневмореле и, следовательно, в ли-12 исполнительного механизма, в качестве используют мембранные клапаны (см. рис. 115). Регулятор настраивают, изменяя давление пружины 4 на главный рычаг 5 посредством винта 1 и гайки 3. Контроль ведется по шкале 2.

Рассмотренные выше CAP могут быть использованы в автоматизированных системах управления технологическими процес-

сами (АСУ ТП).

Контрольные вопросы. 1. Каким образом регулируют состояние сушильного агента? 2. Как осуществляется ручное и автоматическое регулирование? 3. Из каких элементов состоит автоматический регулятор температуры? 4. Дайте классификацию автоматических регуляторов. 5. Каков принцип работы исполнительного механизма КДУ-1П? 6. Что называется системой автоматического регулирования (САР)? 7. Каков принцип действия системы автоматической стабилизации параметров среды в сушильной камере периодического действия? 8. Расскажите об особенностях пневматической системы регулирования параметров среды в сушильной камере.

ГЛАВА XV ВОПРОСЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СУШКИ

§ 55. СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ В СССР

Стандартов. Стандарто м называется нормативно-технический документ, который устанавливает комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утверждается компетентным органом. Стандарт может быть разработан на материально-технические предметы (продукцию, эталоны, вещества), нормы, правила, требования организационно-методического и общетехнического характера. Стандарты распространяются на все сферы человеческой деятельности: науку, технику, про-

мышленное и сельскохозяйственное производство, строительство, здравоохранение, транспорт и т. д.

В зависимости от сферы действия и уровня утверждения стандарты в нашей стране подразделяются на следующие категории: государственные стандарты (ГОСТ), утверждаемые Госстандартом СССР и действующие на всей территории страны; отраслевые стандарты (ОСТ), утверждаемые министерствами и обязательные для всех предприятий отрасли; республиканские стандарты союзных республик (РСТ), утверждаемые Советами Министров республик и обязательные для всех предприятий, расположенных на их территории, независимо от ведомственного подчинения; стандарты предприятий и объединений (СТП), распространяющиеся только на предприятия, утвердившие данные стандарты. В нашей стране также введены стандарты СЭВ (СТ СЭВ) и Международной организации по стандартизации (ИСО). Применение этих стандартов обязательно на всей территории СССР. Наряду со стандартами в СССР действуют технические условия (ТУ) на конкретные типы, марки и артикулы продукции.

В зависимости от назначения различают стандарты:

на общетехнические и организационно-методические правила и нормы, например ГОСТ 3808.1—80 и 7919—80 на атмосферную сушку пиломатериалов;

на общие требования, показатели и нормы качества продукции (в технике сушки древесины эти стандарты пока отсутствуют, качество сушки пиломатериалов оценивается по PTM);

на эксплуатационные свойства, технические характеристики и методы контроля групп однородной продукции межотраслевого применения, например ГОСТ 1816—76 на чугунные ребристые трубы или ГОСТ 7201—80 на воздухонагреватели;

на нормы техники безопасности и средства защиты работающих; таковым будет, например, ГОСТ 12.1.004—85 на правила пожарной безопасности для промышленных предприятий;

на термины и обозначения;

на единицы физических величин;

на систему документации, например конструкторской (ЕСКД) или технологической (ЕСТПП);

на важнейшие виды продукции и т. д.

Все стандарты систематически пересматриваются и обновляются в соответствии с последними достижениями науки и техники.

Применение стандартов существенно влияет на темпы развития и уровень производства. Базируясь на последних достижениях науки, техники и практического опыта, стандартизация не только определяет достигнутый уровень производства, но и является одним из стимулов прогресса науки и техники.

Стандартизация в СССР тесно связана с системой планиро-

вания и управления народным хозяйством, является одним из элементов государственной технической политики. Стандартизацией руководит Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам (Госстандарт СССР). В систему органов и служб Госстандарта СССР входят республиканские управления, центры по стандартизации и метрологии, научно-исследовательские институты и лаборатории за соблюдением стандартов.

В нашей стране действует Государственная система стандартизации (ГСС), объединяющая работы по стандартизации на всех уровнях управления народным хозяйством и представляющая собой комплекс правил и положений, в которых содержатся:

основные цели и задачи стандартизации;

планирование, организация и методика проведения работ по стандартизации;

порядок разработки, внедрения стандартов и внесения в них изменений, порядок госнадзора и ведомственного контроля за их внедрением и соблюдением;

правила наблюдения за состоянием и применением средств измерений;

объекты стандартизации, категории и виды стандартов; единые нормы построения, изложения и оформления стандартов.

Социалистическая стандартизация базируется на методах опережения и комплексности. Принцип опережающей стандартизации заключается в установлении повышенных (по отношению к достигнутому на практике уровню) норм, требований к объектам стандартизации, которые, согласно прогнозам, будут оптимальными в будущем. В зависимости от реальных условий в перспективных стандартах устанавливают показатели, нормы или характеристики в виде ступеней качества с дифференцированными сроками внедрения.

Принцип комплексной стандартизации заключается в согласовании компонентов, входящих в объекты стандартизации, и увязке сроков введения стандартов. Комплексность стандартизации обеспечивается разработкой стандартов на изделия, сборочные единицы, детали, полуфабрикаты, материалы, сырье, технические средства, методы организации и подготовке производства. Таким образом, комплексная стандартизация охватывает все стороны изготовления и потребления продукции, позволяет координировать межотраслевые производственные связи.

В полной мере эти принципы соблюдены при разработке и внедрении стандартов на режимы сушки пиломатериалов, являющихся основными в технике и технологии сушки древесины. Стандартные режимы обеспечивают не только высокое качество сушки, но и минимальные затраты энергии для проведения процесса. Стандарты на режимы сушки постоянно совершенствуют-

ся. Так, действие ГОСТ 19773—84 и 18867—84 в их измененном виде продлено до 1995 г., но уже начаты работы по пересмотру режимов и созданию новых стандартов.

§ 56. КАЧЕСТВО СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Качество сушки древесины характеризуется рядом показателей, основными из которых являются: видимые дефекты сушки; средняя величина конечной влажности; равномерность конечной влажности, а для пиломатериалов дополнительно перепад влажности по толщине и остаточные напряжения.

Показатели качества сушки устанавливаются по отношению к определенной партии древесины. За такую партию обычно принимают штабель досок или заготовок, стопу шпона, порцию измельченной древесины.

Первоначально рассмотрим первый показатель — видимые дефекты сушки. В высушенном материале независимо от его назначения видимые дефекты не допускаются.

К видимым дефектам древесины, которые могут появиться при ее сушке, относятся трещины и покоробленность.

В практике сушки пиломатериалов встречаются пластевые, внутренние, торцовые и радиальные трещины, а сушки шпона — разрывы листов.

Пластевые трещины образуются в материале в начальный период сушки, когда действующие на поверхности растягивающие напряжения превышают предел прочности. Причина образования пластевых наружных трещин — слишком жесткий режим сушки, а мера предупреждения — применение рационального режима.

Внутренние трещины могут появиться в конце процесса и даже после сушки, если в центре сортимента возникли чрезмерно большие растягивающие напряжения. Чтобы предупредить их образование, необходимо соблюдать режим сушки и проводить промежуточную и конечную влаготеплообработки.

Возникновение торцовых трещин обусловлено более интенсивной сушкой торцов по сравнению со средней частью сортимента. Наиболее эффективное средство предупреждения этого дефекта— замазывание торцов влагонепроницаемым составом. Ввиду большой трудоемкости это мероприятие при массовой сушке не применяется.

Правильная укладка пиломатериалов в штабеле, в частности выравнивание торцов штабеля, размещение крайних прокладок заподлицо с торцами досок, формирование полногабаритного штабеля, значительно снижает торцовое растрескивание. Торцовые трещины в этом случае бывают неглубокими, и при поперечном раскрое пиломатериалов потери будут незначительными.

Радиальные трещины возникают при сушке круглых лесоматериалов и пиломатериалов, содержащих сердцевин-

ную трубку. Причина их образования — различная усушка в радиальном и тангенциальном направлениях. Предупредить их появление при камерной или атмосферной сушке невозможно даже при самом осторожном и медленном проведении процесса. Чтобы избежать этого дефекта, при раскрое пиломатериалов следует вырезать сердцевину или следить, чтобы она находилась на поверхности.

Коробление пиломатериалов в процессе сушки происходит также по причине различной усушки в радиальном и тангенциальном направлениях. У досок тангенциальной распиловки независимо от режима сушки усадка наружной пласти (по отношению к центру бревна) будет при сушке больше, чем усадка внутренней пласти. Это приводит к изгибу (короблению) доски в поперечном направлении (рис. 119). Доски радиальной распиловки не коробятся. Разность усушки древесины вдоль и поперек волокон вызывает продольное коробление. Для того чтобы предотвратить поперечную и продольную покоробленность до-

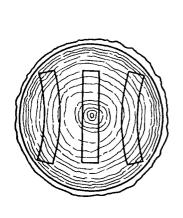


Рис. 119. Поперечное коробление пиломатериалов

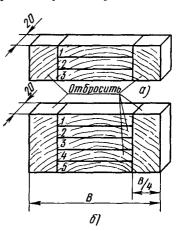


Рис. 120. Секции послойной влажности (B — ширина доски)

сок, их следует сушить в зажатом состоянии, соблюдать правила формирования штабеля (укладывать в один ряд доски строго одинаковой толщины, применять стандартные строганые прокладки, каждый ряд которых должен находиться в одной вертикальной плоскости). В этом случае плоская форма досок в штабеле фиксируется массой самой древесины, за исключением верхних двух-трех рядов. В верхнем ряду следует укладывать доски раднальной распиловки или материал неответственного назначения. Таким образом, коробление досок при сушке происходит при неправильной и небрежной укладке, но не является един-

ственной его причиной. Применение излишне жестких режимов, особенно при сушке пиломатериалов лиственных пород, также способствует, как показывает практика, короблению пиломатериалов.

Коробление и гофристость шпона вызываются неравномерностью сушки по площади листа вследствие неоднородности структуры древесины и неодинаковой интенсивности удаления влаги из разных зон листа. Появление этих дефектов в процессе сушки шпона в роликовых сушилках свидетельствует о недостаточно жесткой фиксации листов в роликах.

Среднюю величину конечной влажности контролируемой партии пиломатериалов определяют следующим образом. Из штабеля в зонах быстрого и замедленного просыхания материала отбирают не менее девяти досок. Из каждой доски выпиливают две секции и определяют их влажность сушильно-весовым методом.

Допускается контролировать влажность пиломатериалов или заготовок электровлагомером при толщине досок штабеля не более 40 мм.

Для установления влажности партии шпона из нее отбирают пробные листы в количестве не менее 0,2% от объема партии и из каждого листа по диагонали вырезают три образца. Крайние образцы должны быть взяты на расстоянии не менее 100 мм от кромки листа.

Конечную влажность партии измельченной древесины определяют по 10 ... 15 пробам, масса каждой при этом должна быть не менее 10 г.

Влажность партий $W_{\rm cp}$ вычисляют как среднее арифметическое из полученных значений влажности секций, образцов или проб.

Равномерность конечной влажности. Показателем равномерности считают среднее квадратическое отклонение, которое вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (W_i - W_{cp})^2 / (n-1)}, \tag{38}$$

где W_i — влажность отдельной секции или пробы, %; $W_{\rm cp}$ — средняя влажность партии; n — число секций, проб влажности. Фактическая влажность отдельных досок штабеля, листов шпона стопы или контролируемой партии измельченной древесины с вероятностью 95% (в 95 случаях из 100) будет находиться в пределах $W_{\rm cp}\pm 2\sigma$.

Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок) контролируют по секциям послойной влажности, которые выпиливают из отобранных досок рядом с секциями для определения общей влажности. Секции раскалывают по схемам, приведенным

на рис. 120: при толщине досок до 32 мм — на рис. 120, α , при толщине 32 мм и выше — на рис. 120, δ . Разница во влажности боковых (взвешиваемых вместе) и средних полосок показывает перепад влажности.

Остаточные напряжения в высушенных пиломатериалах устанавливают по силовым секциям (см. § 31), выпиливаемым рядом с секциями послойной влажности из каждой отобранной доски. Можно считать, что древесина практически свободна от остаточных напряжений, если относительное отклонение зубцов секции (в вершине) от нормального положения не превышает 1,5 ... 2% длины зубца, т. е. $(S_1 - S) 100/(2l) < 2$ (обозначения см. на рис. 83, a).

Таблица 28. Нормы показателей качества сушки пиломатериалов и заготовок

		Категори	и качества	
Показатели	0	ı	11	111
Средняя конечная влажность пиломатериалов или заготовок в штабеле, %, при толщине пиломатериалов, мм: 32 и менее 3850 свыше 50 Отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля пиломатериалов, %, не более, при толщине пиломатериа-	16 18 20	7; 10*	7 ; 10; 15*	10; 15*
лов, мм: 32 и менее 3850 свыше 50 Перепад влажности по толщине пи- ломатериалов (заготовок), %, не бо-	$\left.\begin{array}{c}\pm6\\\pm4\\\pm2,5\end{array}\right\}$	±2	±3	±4
лее, при толщине, мм: 1322 2540 4560 7090 Условный показатель остаточных напряжений (относительная деформация зубцов силовой секции), %	Не конт- ролиру- ется Не конт- ролиру- ется	1,5 2,0 2,5 3,0 Не более 1,5	2,0 3,0 3,5 4,0 Не более 2,0	2,5 3,5 4,0 5,0 Не конт- ролиру- ется

^{*} При сушке до эксплуатационной влажности средняя конечная влажность пиломатериалов в штабеле должна назначаться в зависимости от средней температуры и относительной влажности воздуха в условиях эксплуатации изделий. В таблице приняты значения конечной влажности для трех основных случаев: $W_{\rm R}\!\!=\!\!7\%$, отапливаемые помещения со среднегодовой температурой $t_{\rm cp}\!\!=\!\!(20\pm2)^{\circ}{\rm C}$, относительной влажностью $\Phi_{\rm cp}\!\!=\!\!0.4\pm0.1$; $W_{\rm R}\!\!=\!\!10\%$, отапливаемые помещения с повышенной влажностью при $t_{\rm cp}\!\!=\!\!7...20\,^{\circ}{\rm C}$ и $\Phi_{\rm cp}\!\!=\!\!0.6\pm0.1$; $W_{\rm R}\!\!=\!\!15\%$, наружные условия эксплуатации при $t_{\rm cp}\!\!=\!\!(4.3\pm1)\,^{\circ}{\rm C}$, $\Phi_{\rm cp}\!\!=\!\!0.75\pm0.2$.

Высушенная древесина должна по качеству сушки соответствовать своему назначению. Назначение древесины различно, поэтому различны и требования, предъявляемые к качеству сушки. Нормы показателей качества сушки пиломатериалов регламентируются РТМ (табл. 28).

Требуемая величина средней конечной влажности шпона и измельченной древесины колеблется в широких пределах и регламентируется стандартами и техническими условиями. Нормы средней конечной влажности шпона даны в табл. 29, а измельченной древесины — ниже.

Таблица 29. Нормы средней конечной влажности шпона

Конечная продукция	Қлей	Порода древесины	₩ _{ср} , %		
Фанера высоководоупор- ная при толщине шпо- на, мм: до 0,8 свыше 0,8 Фанера рядовая Фанера рядовая, водо- упорная, трехслойная	ная смола и бакели- товая пленка Карбамидные смолы Фенолоформальдегид- ная смола «Ватекс- 244»	сосна Береза, ольха То же	610 Не выше 8,0 » 10 » 12 » 7		
упорная, многослойная Фанера рядовая Шпон, намазанный смолой Шпон, пропитанный смолой Шпон, строганый	ная смола Все виды клеев	Сосна Береза ольха, сосна Береза Дуб, бук, крас- ное дерево	» 8 812 Не выше 6,0 » 10		

Нормы средней конечной влажности измельченной древесины $W_{\rm cp},~\%,$ в производстве ДСтП (перед введением связующего)

Плита на фенолоформальдегидных смолах	12
	38
	59 36

Контроль за качеством сушки осуществляет отдел технического контроля предприятия и лаборатория сушки.

Контрольные вопросы. 1. Что называется стандартом? 2. Как различают стандарты по их назначению? 3. Какими показателями характериуется качество сушки? 4. Каковы причины видимых дефектов сушки и каковы меры их предупреждения? 5. Как определяют среднюю величину конечной влажности контролируемой партии древесины? 6. Как устанавливают равномерность конечной влажности? 7. Дайте характеристику четырем категориям качества сушки пиломатериалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сушка древесины является обязательной и одновременно с этим самой дорогой и длительной операцией в технологическом процессе каждого деревообрабатывающего производства. От того, как проведена сушка, в значительной степени зависит качество изделий из древесины. Недостаточное внимание к технике и технологии сушки приводит к значительным убыткам, которые несет производство. Брак, допущенный во время сушки в результате неправильного ведения процесса, существенно снижает полезный выход древесины и может явиться причиной больших потерь древесины, например при удалении зон с видимыми дефектами. При продольном раскрое пиломатериалов и заготовок с неснятыми внутренними напряжениями происходит их коробление, снижающее процент полезного выхода. Применение непросушенной древесины вызывает, как правило, нарушение целостности изделий из древесины уже в процессе их эксплуатации. Отсюда следует, что первейшая обязанность сушильщиков и операторов сушильных установок — тщательное соблюдение технологии сушки и систематический контроль за качеством высущенного материала.

Сушильщик — оператор сушильных установок — должен всегда стремиться к максимальному увеличению производительности сушильных камер, снижению себестоимости сушки при

безусловном обеспечении требуемого ей качества.

Настоящий учебник позволяет изучить лишь основы сушильного дела. С развитием техники сушки древесины и совершенствованием ее технологии роль рабочего на производстве повышается. Доля интеллектуального труда у него возрастает. Поэтому нельзя ограничивать свои знания в области сушки рамками этого учебника. Рабочий-новатор должен постоянно углублять знания по своей специальности путем изучения специальной технической литературы, следить за публикациями в журналах «Деревообрабатывающая промышленность», «Лесная промышленность» и в нормативных технических материалах.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеев Э. Д., Харитонович Э. Ф., Дружков Г. Ф. Оборудование для лесопиления и сортировки бревен. М., 1989.

Васечкин Ю. В., Кириллов А. Н. Производство фанеры. М., 1985. Кречетов И. В. Сушка и защита древесины. М., 1987.

Михайличенко А. Л., Садовничий Ф. П. Древесиноведение и лесное товароведение. М., 1987.

Никитин Л. И. Охрана труда на деревообрабатывающих предприятиях. М., 1987.

Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. Архангельск, 1985.

Серговский П. С., Расев А. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М., 1987.

Симонов А. С., Воронов В. А. Производство и сортировка луще-

ного и строганого шпона. М., 1989.

Соколов П. В., Харитонов Г. Н., Добрынин С. В. шильные камеры. М., 1987.

Тюкина Ю. П., Макарова Н. С. Технология лесопильно-деревообрабатывающего производства. М., 1988.

Приложение	48 49	49 52	51 54	54 57	57 60	60 63	63 67	67 71	71 75	75 79	79 84
При	47	46	48	51	54	26	59	63	. 29	71	75
	46	43	45	48	50	53	56	59	63	99	70
	45	40	42	34	47	50	53	56	59	62	99
	44	38	39	42	44	47	50	52	55	58	62
	43	- 35	37	39	41	44	46	49	52	55	58
	43	32	34	36	39	41	43	46	49	52	55
	41	98	32	34	33	38	40	42	45	48	51
	40		30	31	83	35	37	39	42	45	48
	39	83	27	29	31	33	34	37	39	41	44
	38	24	53	27	23	98	32	34	36	88	41
ر	37	22		25	28	8	98	31	33	35	38
2 M	36	20	21	23	24	98	27	23	31	33	35
Berme	35		19	21	22	24	25	27	8	30	32
цуха	34			19	22	21	23	24	36	- 78	29
i B03,	33					61	21	22	24	25	27
осте	37						19	8	21	8	25
скор	31								10	21	22
иля	30					 					20
блица	29										
я та	28										
ческа	27										
етри	26										
Психрометрическая таблица для скоростей воздуха выше 2 м/с	25										
ПС		71	2	66	88	<i>L</i> 9	98	65	64	63	62

49	68	94	i	1	ſ	l]	ı	1	1	1	
43	84 8	6 68	94			<u> </u>					-	
	<u> </u>				<u> </u>							
47	79	84	68	94						<u> </u>		
46	74	79	8	68	94							
45	70	74	79	84	68	94						
4	99	70	74	78	83	68	94			 		
43	62	99	70	74	78	83	88					
42	58	62	65	69	73	78	83					
14	54	85	61	65	69	73	78					
40	51	54	57	19	65	69	73					= 38%
39	47	50	53	57	09	64	89					9-
38	43	46	50	53	57	09	64					45°C
37	40	43	46	49	52	56	59					.¥.
36	37	39	42	49	48	52	55					ۯ۬
35	34	36	39	42	45	48	51					= 72
34	31	33	36	38	14	44	47					p: tc
33	29	31	33	35	38	40	44					Пример: $t_c = 72$ °C; $t_M = 45$ °C; $\varphi =$
32	26	28	30	32	35	37	40		·			П
31	24	26	28	30	32	34	37					
90	22	73	25	27	29	31	34					
29	19	21	22	24	26	28	31					
82		19	20	22	24	25	78					
27				19	21	23	25					
36						20	22				<u> </u>	!
25							19					
	19	8	59	58	57	56	55	54	53	52	5.	

75	36	88	39	41	42	44	46	48	20	22
74	35	36	 88	33	14	42	4	46	48	49
22	æ	35	36	37	98	40	42	43	45	47
8	32	33	35	×	37	88	64	41	-24	45
11	30	32	33	34	88	37	æ	. 40	14	£43
5	83	8	31	88	8	35	37	88	39	41
69	27	23	98	31	33	34	35	98	æ	33
88	92	27	23	တ္ထ	31	32	33	35	36	37
29	25	52	27	8	23	31	32	33	34	36
99	23	24	25		28	53	31	32	33	첧
25	21	23	24	25	97	27	29	တ္တ	31	32
49	20	22	23	24	25	93	27	8	29	93
£		20	21	22	23	24	25	27	28	29
62			202	21	22	23	24	23	92	22
61				20	21	22	23	24	25	92
8					19	20	21	22	ಜ	24
50							82	21	22	83
88								61	8	21.
57										20
99										
10			-							
54										
22										
22										
150										
26										
	8	66	86	26	8	53	94	အ	35	91

75	54	56	58	99	63	65	88	7.1	74	11
74	51	53	56	28	8	62	65	89	71	74
73	49	51	53	55	57	09	62	જી	89	71
72	47	49	51	53	55	57	59	62	65	89
11	45	47	49	51	52	55	57	59	62	64
70	43	44	46	48	50	52	54	56	59	61
69	41	42	44	46	48	50	52	54	56	58
89	39	40	42	44	46	48	49	52	53	55
29	37	88	40	42	43	45	47	49	51	53
95	35	37		40	14	43	45	47	49	51
65	34	35	36	38	39	4	43	45	46	48
49	32	33	35	38	37	33	41	42	44	46
89	98	31	88	34	98	37	39	40	42	44
62	29	30	31	32	34	33.	37	 &	40	42
19	27	8	23	31	32	33	35	98	88	39
8	25	27	28	29	30	32	33	왔	98	37
29	24	25	26	27	88	30	31	32	34	38
58	22	24	25	52	27	88	29	31	33	34
57	21	22	23	24	25	27	788	29	90	- XX
<u>%</u>	22	21	22	23	24	25	56	77	28	30
55		202	21	21	22	23	25	26	27	78
54				20	21	72	- 23	24	25	56
	- -				-61	-12	22	23	24	25
25						-61	-8	21	22	-83
15								-02	21	-22
- 22		 	<u> </u>						<u> </u>	8
							4		2	
l	8	68	8	87	98	85	84	83	83	8

75	&	1 %	&	l &	&	1	1		l	
74	11	- 08	84	88	36	%				
73	74	11	98	25	88	85	96			
22	11	74	11	8	84	88	92	-96		
11	29	71	73	92	08	84	88	92	8	
02	49	19	70	73	9/	80	84	88	92	96
99	19	64	29	02	73	9/	8	84	88	92
88	28	61	64	29	70	73	76	88	22	88
29	55	58	19	64	99	70	73	76	08	84
99	53	55	58	19	63	99	69	72	76	98
65	52	53	55	57	8	63	99	69	72	76
64	48	20	52	55	57	99	83	99	69	72
83	46	48	50	52	54	57	59	62	65	69
65	43	45	47	49	52	54	57	59	62	65
19	14	43	45	47	49	51	54	26	59	62
09	39	14	43	44	46	49	51	54	26	59
- 63	37	33	40	42	44	46	48	51	53	56
88	35	37	- 88 88	40	42	44	46	48	20	53
57		35	36	38	40	41	4	46	48	50
56	31	33	34	36	37	39	41	43	- 54	47
55	29	31	32	34	88	37	39	41	43	45
25	28	53	30	32	8	88	37	39	40	42
- 83	26	27	29	30	31	33	35	- 8	88	40
- 22	-24	8	27	28	8	31	33	34	98	38
51	23	24	25	27	-82	29	31	32	끃	35
25	21	22	24	25	792	-82	29	ಜ	32	33
	8	79	78	77	76	7.5	74	73	72	71

75	[
74										
73										
72										
71										
02										
89	96									
- 89	92	96								
29		16	96							
99	84	87	91	95						
- 59	08	83	87	91	95					
79	76	19	83	87	91	- 35				
63	72	75	62	83	87	91	95			
62	89	72	75	79	83	87	16	95		
19	65		71	75	78	82	87	16	92	
09	19	2	89	11	74	78	82	87	91	95
59	28	61	64	29	70	74	78	82	87	91
928	55		61	64	99	70	74	78	82	98
22	52	55	57	09	63	99	02	74	11	85
98	20	52	54	57	09	63	99	70	73	77
	47	49	51	54	57	99	63	99	69	73
24	44	47	49	-12	54	- 56	59	62	- 65	69
	42	44	46 4	-84	51	23	92	59	62	65
33	39-4	40-	43-4	45	- 84	20-	53	55	-82	-119
51 52	37	39 4	41 4	- 2	45-	47	20	- 25	-32	-82
\ <u> </u>	35	37 8	38	40-	42	-54	47	49	25	55
20		69 3	88 3		66 4	65 4	64 4	83	62	- 19
1	18	Jφ	Ø	<i>L</i> 9	9	١٣	1	1		921

74 75										
72 73			_	-	_	-				
11										
02				_						
69										
29										
99										
1 65										
					ļ					
89										
- 62										
0 61					ļ 					
9										
	95									
57 58	06 98	90 95	95							
2 2		6 98	6 06		96		9 ———	9		9
55 5	77 81	8 8	85 9		6 06					
54 5	73 7	77 8	8 8		85 9					
- 53	2 69	72 7	76 8		8 08	1 1	!I	ll	ll	11
52 5	65 (-89	72		92	I I	1 1 1	1 1 1 1		
21	61	64	89		72	72	72 76 80	76 89 89 84	72 80 84 89	89 89 89 89
20	22	19	64		29	67	67 72 75	67 72 75 80	67 75 75 80 84	67 75 80 84 89
	09	59	58		57	57	57 56 55	57 56 55 55 55	57 56 55 55 53	57 56 55 54 53 53

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Свойства обрабатывающей среды и древесниы в процессах	7
сушки	7
§ 1. Общие сведения об обрабатывающей среде. Влажный воздух	
§ 2. Диаграммы влажного воздуха	12
§ 3. Топочные газы. Іdα-диаграмма	15
§ 4. Основные процессы изменения состояния сушильного агента	17
§ 5. Вода в древесине	21
6 6. Гигроскопичность древесины. Равновесная влажность	23
§ 7. Усушка и разбухание древесины. Плотность древесины	25
§ 8. Влияние сушки древесины на ее прочность	28
Глава И. Технические измерения в процессах сушки древесины	30
§ 9. Приборы и инструменты для измерения линейных размеров,	-
массы и объема	30
§ 10. Приборы для контроля за состоянием сушильного агента	33
§ 11. Приборы для измерения скорости движения сушильного	00
агента	40
§ 12. Приборы для измерения давления	41
§ 13. Основные способы определения влажности древесины	43
Глава III. Способы и основные закономерности процессов сушки дре-	45
весниы	45
§ 14. Способы сушки древесины	45
§ 15. Закономерности движения влаги в древесние и характерис-	
тика основных процессов сушки	46
§ 16. Напряжения в древесине при сушке. Влаготеплообработка	49
§ 17. Основные принципы построения рациональных режимов	
сушки	51
Глава IV. Классификация сушильных устройств и их оборудования.	
Тепловое и циркуляционное оборудование	53
§ 18. Классификация и принципиальные схемы сушильных уст-	
ройств	53
§ 19. Классификация оборудования сушильных устройств	56
§ 20. Тепловое оборудование	57
§ 21. Вентиляторы. Вентиляторные и эжекционные установки	65
y 21. Dentanatopa. Dentanatopane a sacantonane yetanobka	70
Глава V. Сушильные камеры для пиломатериалов	10
§ 22. Классификация сушильных камер. Ограждения. Укладка пи-	70
ломатериалов в штабеля	70 74
§ 23. Камеры периодического действия	· 86
§ 24 Камеры непрерывного лействия	94
§ 25. Принципы выбора сушильных камер	
Глава VI. Транспорт в лесосушильных цехах	97
§ 26. Основные правила формирования штабелей	97
A	223
	220