

Министерство лесной, целлюлозно-бумажной
и деревообрабатывающей промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЛЕСОПИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ «СОЮЗНАУЧДРЕВПРОМ»
Центральный научно-исследовательский институт
механической обработки древесины

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Министра
В. М. Венцлавский

25 июня 1984 г.

Вводится с 1 января 1986 г.
на срок по 31 декабря 1990 г.

РУКОВОДЯЩИЕ
ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ТЕХНОЛОГИИ КАМЕРНОЙ СУШКИ
ДРЕВЕСИНЫ

АРХАНГЕЛЬСК — 1985

Руководящие технические материалы (РТМ) содержат технологические режимы, регламентирующие процесс камерной сушки пиломатериалов, и рекомендации по отдельным организационным и технологическим вопросам сушки.

В новом сборнике РТМ приведены последние разработки в области техники и технологии сушки пиломатериалов. С выходом этого издания сборники руководящих материалов 1971, 1977 и 1982 гг. издания считать утратившими силу.

Срок действия настоящего сборника руководящих технических материалов с 1 января 1986 г. по 31 декабря 1990 г.

В разработке руководящих технических материалов приняли участие сотрудники:

Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины — канд. техн. наук *Е. С. Богданов* (разделы 1, 2, 4, 5, 7, 8, приложения 1, 2), инженеры *А. А. Андреева* (раздел 2, приложение 2), *О. И. Гринькова* (раздел 1), *В. В. Кулакова* (раздел 5), *В. В. Новиков* (раздел 8);

Московского лесотехнического института — докт. техн. наук *П. С. Серговский* (разделы 3, 4, 6, 7), докт. техн. наук *Б. И. Уголев* (разделы 2—4), канд. техн. наук *Г. С. Шубин* (разделы 4, 6, 7, приложение 3), инженеры *Н. В. Скуратов* (раздел 3), *А. В. Чемоданов* (раздел 4), *И. А. Сорокина* (раздел 6);

Сибирского технологического института — канд. техн. наук *Л. Н. Кротов* (разделы 1, 3, 4) и канд. техн. наук *В. Н. Ослонович* (раздел 3);

Львовского лесотехнического института — канд. техн. наук *П. В. Билец* (раздел 4);

Ленинградской лесотехнической академии — канд. техн. наук *С. И. Акишенок* (раздел 2).

Руководители разработок: *Е. С. Богданов*, *П. С. Серговский*, *Г. С. Шубин*, *Б. И. Уголев*, *Л. Н. Кротов*.

Руководящие технические материалы подготовлены к печати лабораторией сушки древесины ЦНИИМОДА и кафедрой гидротермической обработки древесины МЛТИ.

Редакционная коллегия: канд. техн. наук *Е. С. Богданов* (ответственный редактор), докт. техн. наук *П. С. Серговский*, канд. техн. наук *Л. Н. Кротов*, канд. техн. наук *Г. С. Шубин*.

1. УКЛАДКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ШТАБЕЛЯ ДЛЯ КАМЕРНОЙ СУШКИ

1.1. ТИПЫ И РАЗМЕРЫ ШТАБЕЛЕЙ

При камерной сушке используются штабеля двух типов: пакетный (рис. 1.1.-I), формируемый при помощи подъемно-транспортных средств из нескольких пакетов, предварительно уложенных на пакетоформирующей машине или вручную;

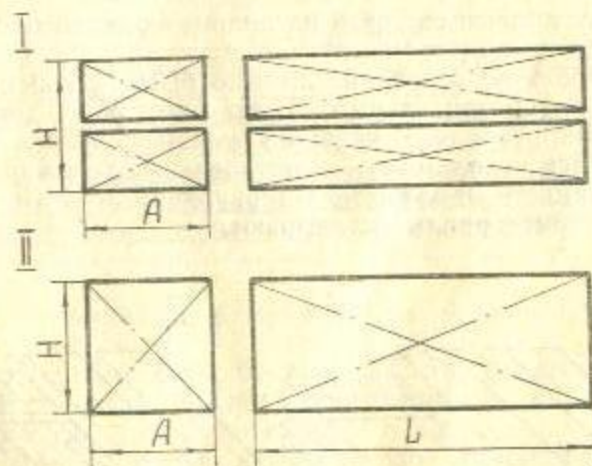


Рис. 1.1. Типы штабелей:
1 — пакетный; 2 — цельный.

цельный (рис. 1.1.-II), формируемый полностью на штабелеформирующей, пакетоформирующей машинах или вручную. Форма поперечного сечения пакетов и штабелей должна быть прямоугольной, а торцы их выровнены по вертикали.

Размеры пакетов и штабелей должны соответствовать конструкциям камер. Рекомендуемые предпочтительные размеры пакетов и штабелей приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Размеры пакетов и штабелей, м

Размеры	Камеры периодического действия	Камеры непрерывного действия	
		с продольной закаткой штабелей	с поперечной закаткой штабелей
Ширина	1,8	1,8	1,8; 2,0
Высота	2,6; 3,0	2,6; 3,0	3,0; 5,0
Длина*	2,5; 4,5; 6,5	4,5; 6,5	6,8**

* В камерах периодического действия при сушке заготовок длина штабеля равна или кратна длине заготовок.

** В зависимости от ширины камеры допускается длина штабеля до 7 м.

1.2. ПРАВИЛА УКЛАДКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПАКЕТЫ И ШТАБЕЛЯ

Штабель должен состоять из пиломатериалов одной породы и толщины.

Подштабельное основание должно быть прочным, жестким, а верх его — горизонтальным. Длина основания должна равняться длине штабеля. В качестве подштабельного основания рекомендуется использовать подштабельные тележки.

В зависимости от характера циркуляции агента сушки через штабель пиломатериалы укладывают:

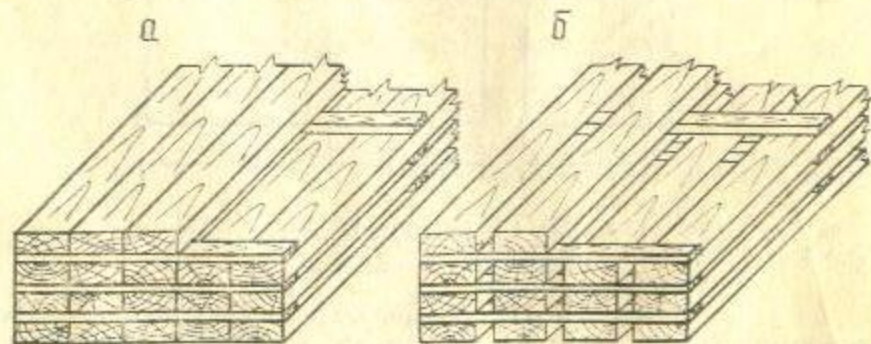


Рис. 1.2. Примеры укладки пиломатериалов: а — без шпаций; б — со шпациями.

а) сплошными рядами без промежутков (шпаций) между досками (рис. 1.2, а) для камер с горизонтальной циркуляцией поперек штабелей;

б) с промежутками (шпациями) между досками (рис. 1.2, б) для камер с горизонтальной циркуляцией вдоль штабелей и с вертикальной, в том числе естественной циркуляцией.

Необрезные доски укладывают комлями в разные стороны.

Если доски имеют разную ширину, то узкие укладывают в середину, а широкие — по краям пакета или штабеля. Если по ширине пакета или штабеля целое количество досок не размещается, то зазор оставляют в середине.

В штабелях или пакетах со шпациями общая ширина шпаций должна составлять при укладке обрезных досок — 35 %, необрезных — 57 % от ширины штабеля. Шпации должны быть распределены равномерно по ширине штабеля.

Допускается укладка в один пакет или штабель пиломатериалов, различных по длине, вразбежку. При этом длинные доски укладывают по краям пакета или штабеля, короткие — в середине. Стыкуемые пиломатериалы располагаются не менее чем на двух прокладках, при этом внешние торцы выравниваются по торцам пакета или штабеля (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Укладка пиломатериалов в ряду пакета или штабеля.

Горизонтальные ряды пиломатериалов в пакетах и штабелях должны разделяться межрядовыми прокладками, а пакеты по высоте штабеля — межпакетными.

Для закладки контрольных образцов в пакетах или штабелях оставляют свободные места (см. раздел 4). Контрольный образец должен располагаться не менее чем на двух прокладках.

1.3. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ ПРОКЛАДОК

Количество межрядовых прокладок по длине пакета или штабеля устанавливается в зависимости от породы древесины, толщины пиломатериалов и длины штабеля (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Рекомендуемое количество прокладок в горизонтальном ряду пиломатериалов по длине пакета или штабеля

Толщина пиломатериалов, мм	Хвойные породы			Лиственные породы		
	длина пакета или штабеля, м					
	2,5	4,0— 4,5	6,5— 6,8	2,5	4,0— 4,5	6,5— 6,8
16—19	5	8	12	7	10	14
22—25	5	7	10	6	9	12
32—40	4	5	7	5	7	9
50 и более	3	4	6	4	5	7

По высоте штабеля прокладки следует укладывать вертикально одна над другой. Крайние прокладки рекомендуется укладывать на расстоянии не более 25 мм от торцов пиломатериалов. Концы прокладок не должны выступать за боковые поверхности пакета или штабеля более чем на 25 мм.

При формировании пакетов и штабелей на машинах допускается размещать крайние прокладки на расстоянии до 100 мм от торцов штабеля и устанавливать количество прокладок по длине в соответствии с техническими параметрами формирующей машины.

Количество межпакетных прокладок по длине пакетного штабеля должно быть таким же, как и количество межрядовых прокладок (табл. 1.2). При формировании штабеля межпакетные прокладки должны размещаться в одном вертикальном ряду с межрядовыми прокладками пакетов.

1.4. РАЗМЕРЫ ПРОКЛАДОК И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

По назначению прокладки подразделяются на межрядовые для разделения рядов пиломатериалов, уложенных в штабель или пакет, и межпакетные для разделения пакетов при формировании пакетного штабеля. Размеры прокладок приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Назначение прокладок	Размеры, мм		
	толщина	ширина	длина
Межрядовые	25*	40	1800; 2000
Межпакетные	75; 100	75; 100	1800; 2000

* В штабелях высотой до 3 м допускается применять прокладки толщиной 22 мм, в штабелях высотой 5 м — толщиной до 32 мм и шириной до 50 мм.

Отклонения от установленных размеров допускаются не более: по толщине ± 1 мм; ширине ± 2 мм; длине ± 10 мм.

При укладке в штабель заготовок в качестве прокладок допускается использовать сами заготовки, если толщина их не более 32 мм, а ширина не более 70 мм.

Прокладки изготавливаются из древесины хвойных и лиственных пород, не имеющей гнили и синевы.

Влажность древесины для изготовления прокладок при сушке пиломатериалов до транспортной влажности не должна превышать 22 %, при сушке до эксплуатационной влажности — 10 %.

Значение параметра шероховатости поверхности рабочих пластей R_{max} должно быть 800 мкм по ГОСТ 7016—82.

Прокладки должны храниться в контейнерах, где их укладывают параллельно. Контейнеры с прокладками устанавливаются в местах, защищенных от дождя и снега.

Перед укладкой штабелей прокладки осматривают и при необходимости измеряют их размеры.

Толщина и ширина прокладок измеряется штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм.

Прокладки, имеющие отклонения от установленных размеров, а также деформированные и поломанные использовать не разрешается.

2. НОРМЫ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ СУШКИ

Требования распространяются на пиломатериалы и заготовки хвойных и лиственных пород. Устанавливают категории, показатели, нормы показателей качества камерной сушки и методы их определения.

2.1. КАТЕГОРИИ КАЧЕСТВА СУШКИ

В зависимости от назначения высушиваемых пиломатериалов (заготовок) устанавливается четыре категории качества сушки.

I, II, III категории качества предусматривают сушку пиломатериалов (заготовок) до средней эксплуатационной влажности 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 (некоторые соединения механики клавишных инструментов, точное машиностроение и приборостроение, деревянные строительные клееные несущие конструкции, производство моделей, лыж и т. п.);

II категория — механическую обработку и сборку деталей по ГОСТ 6449.1—82 для ответственных составных частей изделий (мебельное производство, футляры для радио- и телеаппарату-

ры, 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 (погонажные столярно-строительные изделия, товарное вагоностроение, сельхозмашиностроение, рядовая тара и т. п.).

По нулевой категории качества предусматривается сушка пиломатериалов (заготовок), в том числе экспортных, до транспортной влажности.

2.2. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СУШКИ

К показателям качества сушки относятся:

а) соответствие средней влажности высушенных пиломатериалов в штабеле заданной конечной влажности;

б) величина отклонений влажности отдельных досок или заготовок от средней влажности пиломатериалов в штабеле;

в) перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок);

г) остаточные напряжения в высушенных пиломатериалах (заготовках).

Показатели качества сушки пиломатериалов (заготовок) подлежат нормированию. Нормы устанавливаются в зависимости от категории качества сушки и условий эксплуатации изделий (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

Нормативные показатели качества сушки пиломатериалов и заготовок

Показатели качества сушки	Категории качества			
	I	II	III	0
Средняя конечная влажность пиломатериалов или заготовок в штабеле, %:				
при толщине пиломатериалов, мм:				
32 и менее	7; 10**	7; 10;	10;	16
38—50		15**	15**	18
свыше 50				20
Отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля пиломатериалов*, %:	не бо-лее	не бо-лее	не бо-лее	
при толщине пиломатериалов, мм:	±2	±3	±4	
32 и менее				±6
38—50				±4
свыше 50				±2,5

Показатели качества сушки	Категории качества			
	I	II	III	0
Среднее квадратическое отклонение влажности S, %:	±1,0	±1,5	±2,0	
при толщине пиломатериалов, мм:				
32 и менее				±3
38—50				±2
свыше 50				±1,25
Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок), %, при толщине, мм:	не бо-лее	не бо-лее	не бо-лее	не конт-роли-руется
13—22	1,5	2,0	2,5	
25—40	2,0	3,0	3,5	
45—60	2,5	3,5	4,0	
70—90	3,0	4,0	5,0	
Условный показатель остаточных напряжений (относительная деформация зубцов силовой секции), %:	не бо-лее	не бо-лее	не конт-роли-руется	не конт-роли-руется
	1,5	2,0		

* Допустимые отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля пиломатериалов принимаются равными $\pm 2S$.

** При сушке до эксплуатационной влажности средняя конечная влажность пиломатериалов в штабеле должна назначаться в зависимости от средних температур и относительной влажности воздуха в условиях эксплуатации изделий.

В табл. 2.1 приняты предельные значения конечной влажности для трех основных случаев:

$W_k = 7\%$, отопляемые помещения со среднегодовой температурой $t_{cp} = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, относительной влажностью $\varphi_{cp} = 0,4 \pm 0,1$;

$W_k = 10\%$, отопляемые помещения с повышенной влажностью при $t_{cp} = (7-20)^\circ\text{C}$ и $\varphi_{cp} = 0,6 \pm 0,1$;

$W_k = 15\%$, наружные условия эксплуатации при $t_{cp} = 4,3 \pm 1^\circ\text{C}$, $\varphi_{cp} = 0,75 \pm 0,2$.

Конкретные значения средней конечной влажности допускаются назначать в соответствии с техническими условиями на изделия и продукцию.

Для пиломатериалов, высушиваемых по 0 категории качества до транспортной влажности, конечная влажность назначается в зависимости от толщины пиломатериалов с тем, чтобы с вероятностью 95% влажность отдельных досок не превысила 22—23%.

2.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

2.3.1. Контроль средней влажности высушенных пиломатериалов (заготовок)

Для определения средней влажности партии пиломатериалов из различных зон контролируемого штабеля отбирают не менее 9 досок (заготовок). Зоны быстрого и замедленного просыхания устанавливаются предприятием для каждой камеры путем опытных сушек.

Из каждой отобранной доски (заготовки) на расстоянии не менее 0,3 м от торцов перпендикулярно длине вырезают два поперечных среза (секции влажности) размером вдоль волокон древесины 10—12 мм и определяют их влажность согласно ГОСТ 16588—79 сушильно-весовым методом.

Влажность пиломатериалов штабеля вычисляют как среднее арифметическое из значений влажности отобранных досок (заготовок).

Древесина секций не должна содержать кору и видимые пороки по ГОСТ 2140—81.

Влажность пиломатериалов (заготовок) в штабеле при толщине их не более 40 мм допускается контролировать электровлажномером согласно ГОСТ 16588—79.

2.3.2. Контроль отклонений влажности отдельных досок или заготовок от средней конечной влажности пиломатериалов в штабеле

Отклонение влажности отдельных досок (заготовок) в штабеле от средней конечной контролируют по среднему квадратическому отклонению S , которое вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - W_{cp})^2}{n-1}}$$

где W_i — влажность отдельных секций, %;
 W_{cp} — средняя влажность партии, %;
 n — количество замеров или секций.

При отклонении S больше допустимого (см. табл. 2.1) пиломатериалы (заготовки) подлежат влаготеплообработке или досушке (ГОСТ 19773—84).

2.3.3. Контроль перепада влажности по толщине пиломатериалов (заготовок)

Для определения перепада влажности по толщине (разность во влажности внутреннего и поверхностных слоев) пиломатериалов (заготовок) рядом с секциями влажности вырезают секции для определения послойной влажности. Секции выпиливают из пиломатериалов, отобранных из зоны штабеля с замедленным просыханием.

Количество пиломатериалов, из которых вырезают секции, должно быть не менее 5 для I категории качества, не менее 3 для II и III. При сушке по III категории качества перепад влажности контролируют в том случае, когда пиломатериалы поступают на раскрой по толщине.

Секции раскаивают (раскалывают) по схеме, приведенной на рис. 2.1.

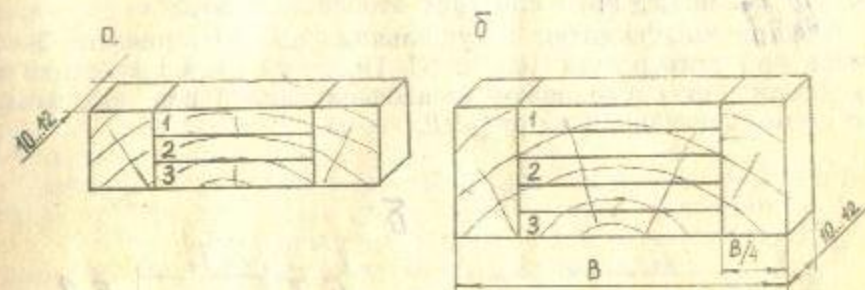


Рис. 2.1. Схема раскроя секций послойной влажности: а — для пиломатериалов (заготовок) толщиной до 32 мм; б — для пиломатериалов (заготовок) толщиной более 32 мм; В — ширина пиломатериалов (заготовок). 1, 3 — поверхностные и 2 — внутренние слои древесины секций.

Влажность внутреннего слоя и поверхностных слоев (взвешиваемых вместе) у каждой секции определяют по ГОСТ 16588—79 (методы 2 и 3).

Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок) вычисляют по формуле

$$\Delta W = W_{вн} - W_{пов.}$$

где $W_{вн}$ — влажность внутреннего слоя древесины секции, %;
 $W_{пов.}$ — влажность поверхностных слоев (средняя) древесины секции, %.

Среднее значение перепада влажности по толщине пиломатериалов вычисляют по формуле

$$\Delta W_{cp} = \frac{\sum (W_{вл} - W_{исп})}{n}$$

где n — количество секций влажности.

2.3.4. Контроль остаточных напряжений в высушенных пиломатериалах (заготовках)

Для контроля остаточных напряжений из пиломатериалов (заготовок), отобранных из зоны наиболее интенсивного просыхания, вырезают рядом с секциями влажности секции для определения напряжений (силовые секции). Количество пиломатериалов (заготовок), из которых вырезают секции, зависит от категории качества сушки. Для I категории качества сушки принимают не менее 5 секций, для II—3 секций, то есть вырезают секции из пяти или трех отобранных досок.

Секции выдерживают в сушильном шкафу в течение 2—3 часов при температуре 103 ± 2 °С. После охлаждения секций в эксикаторе их раскраивают (ленточной пилой или лобзиком) по схеме, показанной на рис. 2.2.

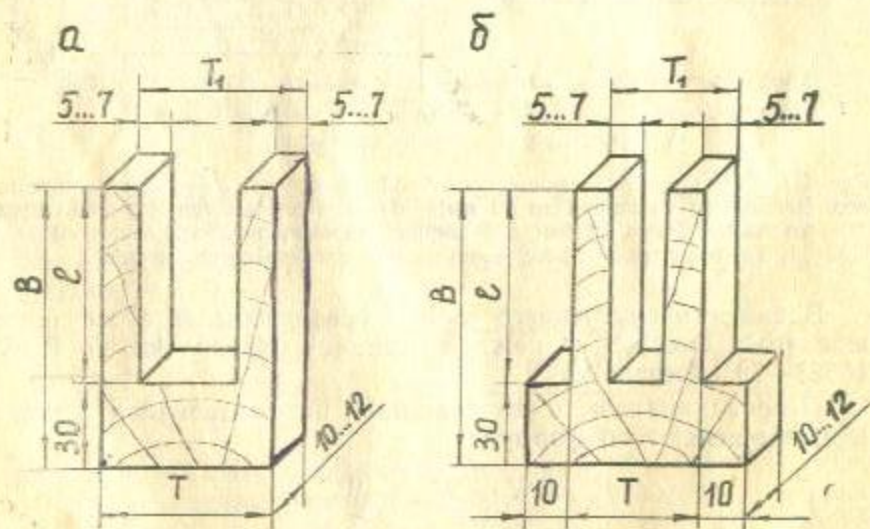


Рис. 2.2 Схема раскроя секции напряжений: а — для пиломатериалов (заготовок) толщиной до 40 мм; б — для пиломатериалов (заготовок) толщиной более 40 мм; В — ширина пиломатериалов (заготовок), мм; Т — толщина секции, мм; T_1 — расстояние между внешними гранями зубцов, мм.

У каждой секции измеряют индикаторной скобой или штангенциркулем с точностью 0,1 мм толщину T и расстояние T_1 между внешними гранями зубцов секции. При равенстве величин T и T_1 напряжений в пиломатериалах практически нет. Для пиломатериалов, высушиваемых по I—II категориям качества, относительная деформация зубцов секций f (в вершине) не должна превышать 1,5—2 %.

Относительную деформацию зубцов секции вычисляют по формуле в %

$$f = \frac{T - T_1}{2l} \cdot 100,$$

где l — длина зубца, мм.

За результат принимают среднее арифметическое значение отклонения зубцов контролируемых секций f_{cp} .

Среднюю конечную влажность пиломатериалов, отклонения влажности отдельных досок от средней, перепад влажности по толщине и остаточные напряжения по рекомендациям настоящего раздела допускается контролировать периодически при переходе на сушку пиломатериалов другой характеристики, при пуске камеры после ее ремонта или переналадки, а также по требованиям контрольных служб.

Текущую и конечную влажность древесины в камерах контролируют периодически в соответствии с рекомендациями раздела 4 «Проведение процесса сушки» для регулирования режимов сушки и определения времени ее окончания.

3. РЕЖИМЫ СУШКИ

Режимы регламентируют процесс сушки пиломатериалов и заготовок в камерах различных типов в зависимости от породы и размеров пиломатериалов, а также требований, предъявляемых к качеству высушенной древесины.

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Режимом сушки называется расписание параметров сушильного агента по времени или по состоянию древесины. В настоящих руководящих материалах режимы установлены в зависимости от влажности древесины.

Рациональным считается режим, применение которого обеспечивает наименьшую продолжительность процесса сушки и его экономичность при сохранении целостности сортиментов, заданной прочности и других естественных свойств древесины.

Интенсивность испарения влаги при сушке в среде заданного состояния характеризуется жесткостью режима. Жесткость

режима возрастает с увеличением психрометрической разности. При одинаковой степени насыщенности сушильного агента более жестким будет режим с повышенной температурой, а при одинаковой температуре — режим с меньшей степенью насыщенности.

При сушке пиломатериалов применяются режимы с повышающейся по ходу процесса жесткостью. В начальной стадии при определенной заданной температуре поддерживается высокая степень насыщенности, затем при снижении влажности древесины температура повышается, а степень насыщенности уменьшается. Такой характер изменения параметров сушильного агента при сушке обусловлен особенностями развития в древесине внутренних напряжений и требованием сохранения целостности высушиваемых досок и заготовок.

Свойство режима обеспечивать при сушке целостность сортиментов определенной породы и толщины характеризуется понятием «безопасность режима». Безопасен режим, при использовании которого максимальные напряжения в древесине не достигают предела ее прочности и, следовательно, не вызывают разрушения (растрескивания) пиломатериалов. Безопасность режима увеличивается по мере уменьшения его жесткости.

Приводимые далее таблицы режимов сушки и рекомендации по их применению составлены с учетом изложенных требований. В таблицах в качестве определяющих параметров сушильного агента приняты температура t , степень насыщенности φ , психрометрическая разность $\Delta t = t - t_m$, где t_m — температура смоченного термометра психрометра.

Режимы сушки регламентируют состояние сушильного агента при входе его в штабель. Это обуславливает место установки в камере психрометров или их датчиков. Если по конструктивным причинам датчики смонтированы не на месте входа потока в штабель, в их показания должны вводиться поправки, устанавливаемые путем контрольных измерений.

Настоящие технологические рекомендации не исключают корректировки содержащихся в них требований в зависимости от местных условий, а также применения особых режимов сушки пиломатериалов, разработанных для специальных сортиментов или специальных случаев использования древесины.

3.2. КАТЕГОРИИ РЕЖИМОВ СУШКИ

В зависимости от требований, предъявляемых к качеству древесины, пиломатериалы могут высушиваться режимами различных категорий по температурному уровню.

Различают режимы низкотемпературного и высокотемпературного процессов.

Режимы низкотемпературного процесса предусматривают использование в качестве сушильного агента влажного воздуха с температурой в начальной стадии сушки ниже 100°C . Установлены три категории этих режимов: мягкие, нормальные и форсированные.

Режимы высокотемпературного процесса предусматривают использование в качестве сушильного агента перегретого пара атмосферного давления с температурой выше 100°C .

В каждом конкретном случае режимы той или иной категории выбирают с учетом характера их воздействия на свойства древесины.

Мягкие режимы, обеспечивающие бездефектную сушку пиломатериалов при полном сохранении естественных физико-механических свойств древесины, в том числе ее прочности, цвета и состояния в ней смолы, рекомендуются для сушки до транспортной влажности экспортных пиломатериалов и в отдельных случаях пиломатериалов внутрисоюзного потребления высших сортов.

Нормальные режимы, обеспечивающие бездефектную сушку пиломатериалов при практически полном сохранении прочностных показателей древесины с возможными незначительными изменениями ее цвета, рекомендуются для сушки пиломатериалов внутрисоюзного потребления до любой конечной влажности.

Форсированные режимы, обеспечивающие бездефектную сушку пиломатериалов при сохранении прочности на статический изгиб, растяжение и сжатие, но при некотором (до 20 %) снижении прочности на скалывание и сопротивление раскалыванию с возможным потемнением древесины, рекомендуются для сушки до эксплуатационной влажности пиломатериалов, предназначенных для изделий и узлов, работающих с большим запасом прочности.

Высокотемпературные режимы, обеспечивающие бездефектную сушку при незначительном изменении прочности на статический изгиб, растяжение и сжатие, но при заметном (до 35 %) снижении прочности на скалывание и сопротивление раскалыванию с потемнением древесины, рекомендуются для сушки до эксплуатационной влажности пиломатериалов целевого назначения для изделий и узлов, работающих с большим запасом прочности.

3.3. РЕЖИМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ХВОЙНЫХ ПОРОД В ПАРОВОЗДУШНЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины сосны, ели, пихты, и кедра согласно ГОСТ 19773-84 приведены в табл. 3.1. Обозначение конкретного режи-

Таблица 3.1

Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины сосны, ели, пихты, кедра

Средняя влажность древесины, %	Параметры режима	Номер							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Толщина пиломатериалов, мм							
		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
Мягкие режимы (М)									
t , °C		57	57	57	55	55	55	52	52
Δt , °C		6	5	4	4	4	4	3	2
φ		0,73	0,77	0,81	0,81	0,81	0,81	0,84	0,90
t , °C	35-20	61	61	61	58	58	58	55	55
Δt , °C		10	9	8	7	7	7	6	5
φ		0,59	0,62	0,66	0,69	0,69	0,69	0,72	0,76
t , °C		77	77	77	75	75	75	70	70
Δt , °C	< 20	26	25	24	24	24	24	21	20
φ		0,27	0,29	0,31	0,30	0,30	0,30	0,33	0,35
Нормальные режимы (Н)									
t , °C		83	79	79	75	73	71	64	55
Δt , °C		9	7	6	5	5	4	3	2
φ		0,68	0,73	0,77	0,80	0,80	0,83	0,86	0,90
t , °C	35-25	88	84	84	80	77	75	68	58
Δt , °C		14	12	11	10	9	8	7	5
φ		0,55	0,59	0,62	0,64	0,66	0,70	0,71	0,77
t , °C		110	105	105	100	96	94	85	75
Δt , °C	< 25	36	33	32	30	28	27	24	22
φ		0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34
Форсированные режимы (Ф)									
t , °C		94	92	92	90	87	83	73	—
Δt , °C	> 35	11	10	8	7	6	5	4	—
φ		0,65	0,67	0,73	0,75	0,78	0,80	0,84	—
t , °C	35-25	99	97	97	95	92	88	78	—
Δt , °C		16	15	13	12	11	10	9	—
φ		0,54	0,55	0,60	0,62	0,64	0,66	0,66	—
t , °C		125	123	123	120	115	110	98	—
Δt , °C	< 25	42	41	39	37	36	32	29	—
φ		0,21	0,22	0,24	0,25	0,25	0,29	0,30	—

86/2 40

ма состоит из номера, характеризующего группу толщин, и прописной буквы (М, Н или Ф), указывающей категорию режимов. Например, нормальный режим сушки досок или заготовок толщиной 50 мм обозначается 5-Н.

Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины лиственницы приведены в табл. 3.2. Обозначение конкретного режима состоит из индекса Л (лиственницы) с номером, характеризующим группу толщин, и прописной буквы (Н или Ф), указывающей категорию режимов. Например, нормальный режим сушки досок или заготовок толщиной 40 мм обозначается Л4-Н.

Таблица 3.2

Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины лиственницы

Средняя влажность древесины, %	Параметры режима	Номер и индекс						
		Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7
		Толщина пиломатериалов, мм.						
		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
Нормальные режимы (Н)								
t , °C		70	70	70	65	60	60	60
Δt , °C	> 35	9	8	6	5	4	3	2
φ		0,64	0,68	0,76	0,78	0,81	0,86	0,90
t , °C	35-25	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
t , °C		80	80	80	75	70	70	70
Δt , °C	< 25	26	25	25	20	19	18	15
φ		0,28	0,29	0,30	0,38	0,37	0,39	0,47
Форсированные режимы (Ф)								
t , °C		90	90	82	75	75	72	70
Δt , °C	> 35	9	7	4	4	3	2	2
φ		0,69	0,75	0,84	0,84	0,87	0,92	0,91
t , °C	35-25	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
t , °C		112	110	108	100	100	95	90
Δt , °C	< 25	32	30	29	28	26	20	18
φ		0,30	0,32	0,32	0,32	0,35	0,44	0,47

Режимы (табл. 3.1 и 3.2) предусматривают трехступенчатое изменение параметров сушильного агента в зависимости от влажности древесины. Влажность, при которой переходят со ступени на ступень, называют переходной влажностью. Для хвойных пород установлена переходная влажность 35 и 25 %.

При начальной влажности ниже 35 % первую ступень режима не используют. При сушке до транспортной влажности не используют третью ступень режима.

Время перехода со ступени на ступень определяют по фактической влажности древесины. Процесс сушки прекращают при достижении древесиной заданной средней влажности.

Режимы, регламентируемые табл. 3.1. и 3.2, предназначены для сушильных камер, обеспечивающих скорость циркуляции сушильного агента в штабеле от 1 до 2,5 м/с. При фактической скорости в штабеле ниже 1 м/с психрометрическую разность на первой и второй ступенях процесса увеличивают по сравнению с табличной на 1 °С, а при фактической скорости выше 2,5 м/с — уменьшают на 1 °С.

В зависимости от назначения пиломатериалов сушку проводят:

до транспортной влажности — нормальными режимами в камерах с циркуляцией любой интенсивности, а в случаях, когда требуется сохранить естественный цвет древесины — мягкими режимами в камерах со скоростью циркуляции в штабеле не менее 1 м/с;

до эксплуатационной влажности — нормальными режимами в камерах с циркуляцией любой интенсивности. В случаях, когда предъявляются особо высокие требования к прочности древесины — мягкими режимами в камерах со скоростью циркуляции не менее 1 м/с, а в случаях, когда допустимо снижение прочности древесины, — форсированными режимами в камерах со скоростью циркуляции в штабеле не менее 1,5 м/с.

3.4. РЕЖИМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД В ПАРОВОЗДУШНЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов лиственных пород приведены в табл. 3.3. Режим, применяемый для сушки пиломатериалов конкретной породы и размера, обозначается номером (от 2 до 10), показывающим уровень температуры, и буквенным индексом (от А до Д), характеризующим степень насыщенности сушильного агента, например, 3-Б, 8-Д и т. п.

Режимы, приведенные в табл. 3.3, предусматривают трехступенчатое изменение параметров сушильного агента при переходной влажности древесины 30 и 20 %. Если начальная влажность пиломатериалов ниже 30 %, процесс начинают при параметрах второй ступени. Если конечная влажность выше 20 %, процесс заканчивают при параметрах второй ступени.

Для пиломатериалов с начальной влажностью более 60 %, высушиваемых до эксплуатационной влажности, допускается в целях сокращения продолжительности процесса повышать первую переходную влажность до 35 %, вторую до 25 %, если контрольными опытными сушками установлено, что при этом сохраняется целостность древесины.

Отнесение режимов, приведенных в табл. 3.3, к мягким, нормальным или форсированным, а также их выбор в зависимости от породы и толщины пиломатериалов, регламентируются табл. 3.4.

При сушке пиломатериалов с начальной влажностью выше 50 % в камерах со слабой циркуляцией применяют режимы рекомендуемого табл. 3.4. номера, но последующего индекса, например, вместо режима 3-Б режим 3-В.

Таблица 3.4

Рекомендуемые режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов лиственных пород

Порода	Категория режима	Толщина пиломатериалов, мм									
		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	6-Д	6-Г	6-В	6-В	7-В	8-В	—	—	—	—
	Н	3-Д	4-Г	4-В	5-В	6-В	7-В	8-В	9-В	—	—
	Ф	2-Д	3-Г	3-В	4-В	—	—	—	—	—	—
Осина, липа, тополь*	Н	3-Г	3-Б	4-Б	5-В	6-В	7-В	8-В	9-В	—	—
	Ф	2-Г	2-Б	3-Б	4-В	—	—	—	—	—	—
Бук, клен	Н	3-В	4-В	5-В	5-В	6-В	7-А	8-В	—	—	—
	Ф	2-Г	3-В	4-В	—	—	—	—	—	—	—
Дуб, ильм	Н	5-Г	6-В	6-Б	7-В	8-В	9-В	10-В	—	—	—
	Ф	3-Г	4-В	5-В	—	—	—	—	—	—	—
Орех Грб, ясень	Н	5-В	5-Б	6-Г	6-Б	7-В	8-В	9-В	—	—	—
	Н	6-В	6-А	7-Б	8-В	8-В	9-В	10-В	—	—	—

* Выбор режимов сушки древесины указанной группы пород является ориентировочным и может уточняться на основании производственного опыта.

Слабой считают естественную циркуляцию, а также принудительную со скоростью в штабеле 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 менее 200 ч.

В зависимости от назначения пиломатериалов сушку проводят:

до транспортной влажности — нормальными режимами в камерах с циркуляцией любой интенсивности, а в случаях, когда

Режимы низкотемпературного процесса

Индекс режима	Средняя влажность древесины, %	Номер режима и параметры											
		2			3			4			5		
		t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ
А	>30	82	3	0,88	75	3	0,87	69	3	0,87	63	2	0,91
	30—20	87	6	0,78	80	6	0,77	73	6	0,76	67	5	0,78
	<20	108	27	0,35	100	26	0,35	91	24	0,36	83	22	0,36
Б	>30	82	4	0,84	75	4	0,84	69	4	0,83	63	3	0,86
	30—20	87	8	0,72	80	8	0,70	73	7	0,72	67	6	0,75
	<20	108	29	0,32	100	28	0,32	91	25	0,34	83	23	0,34
В	>30	82	6	0,77	75	5	0,80	69	5	0,79	63	4	0,82
	30—20	87	10	0,66	80	9	0,66	73	8	0,69	67	7	0,71
	<20	108	31	0,30	100	29	0,31	91	26	0,33	83	24	0,32
Г	>30	82	8	0,71	75	7	0,73	69	6	0,76	63	5	0,78
	30—20	87	12	0,60	80	11	0,61	73	10	0,63	67	9	0,64
	<20	108	33	0,27	100	31	0,28	91	28	0,30	83	26	0,29
Д	>30	82	10	0,65	75	9	0,66	69	8	0,68	63	7	0,70
	30—20	87	14	0,55	80	13	0,55	73	12	0,56	67	11	0,58
	<20	108	35	0,24	100	33	0,25	91	30	0,26	83	27	0,28

требуется сохранить естественный цвет древесины — мягкими режимами в камерах со скоростью циркуляции не менее 1 м/с;

до эксплуатационной влажности — нормальными режимами в камерах с циркуляцией любой интенсивности; в случаях, когда предъявляются особо высокие требования к прочности древесины — мягкими режимами в камерах со скоростью циркуляции в штабеле не менее 1 м/с, а в случаях, когда допустимо снижение прочности древесины — форсированными режимами в камерах со скоростью циркуляции не менее 1,5 м/с.

3.5. РЕЖИМЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА СУШКИ В ПАРОВОЗДУШНЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Режимы высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов перегретым паром приведены в табл. 3.5. Режим, применяемый для сушки пиломатериалов конкретной породы и размера, обозначается римской цифрой (от I до VII).

Режимы высокотемпературного процесса сушки предусматривают двухступенчатое изменение параметров сушильного агента. С первой ступени режима переходят на вторую, когда древесина достигает переходной влажности $W = 20\%$.

сушки пиломатериалов лиственных пород

(t, °C; Δt, °C; φ) сушильного агента

Индекс режима	Средняя влажность древесины, %	Номер режима и параметры														
		6			7			8			9			10		
		t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ
57	>30	82	2	0,90	52	2	0,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30—20	87	5	0,78	55	4	0,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<20	108	21	0,36	70	20	0,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	>30	82	3	0,85	52	3	0,84	47	2	0,90	42	2	0,89	38	2	0,88
	30—20	87	6	0,74	55	5	0,76	50	5	0,75	45	4	0,79	41	4	0,77
	<20	108	22	0,34	70	21	0,33	62	18	0,36	57	17	0,36	52	16	0,36
77	>30	82	4	0,81	52	4	0,80	47	3	0,84	42	3	0,83	38	3	0,82
	30—20	87	7	0,70	55	7	0,68	50	6	0,70	45	5	0,74	41	5	0,72
	<20	108	23	0,32	70	22	0,31	62	19	0,33	57	18	0,34	52	17	0,33
57	>30	82	5	0,77	52	5	0,75	47	4	0,79	42	4	0,77	38	4	0,76
	30—20	87	9	0,62	55	8	0,64	50	7	0,66	45	6	0,69	41	6	0,67
	<20	108	25	0,29	70	23	0,29	62	21	0,29	57	20	0,29	52	18	0,30
61	>30	82	6	0,73	52	6	0,71	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30—20	87	10	0,59	55	9	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<20	108	26	0,27	70	24	0,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.5

Режимы высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов

Номер режима	Параметры сушильного агента (t, °C; Δt, °C; φ)					
	Первая ступень (W > 20 %)			Вторая ступень (W < 20 %)		
	t, °C	Δt, °C	φ	t, °C	Δt, °C	φ
I	130	30	0,35	130	30	0,35
II	120	20	0,50	130	30	0,35
III	115	15	0,58	125	25	0,42
IV	112	12	0,65	120	20	0,50
V	110	10	0,69	118	18	0,53
VI	108	8	0,75	115	15	0,58
VII	106	6	0,81	112	12	0,65

Для пиломатериалов с начальной влажностью более 60 % в целях сокращения продолжительности сушки допускается повышение переходной влажности до 25 %, если контрольными опытами сушками установлено, что при этом сохраняется целостность древесины.

Выбор высокотемпературных режимов для различных конкретных случаев зависит от породы и толщины пиломатериалов и регламентируется табл. 3.6.

Таблица 3.6

Рекомендуемые режимы высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов

Порода	Толщина пиломатериалов, мм				
	до 22	св. 22 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60
Сосна, пихта, кедр, ель	I	II	III	V	VI
Береза, осина	II	III	IV	VI	—
Лиственница	IV	V	VI	VII	—

Для высокотемпературных режимов температура смоченного термометра устанавливается $t_m = 100^\circ\text{C}$. Допускается снижение температуры смоченного термометра до 98°C . В этом случае соответственно снижается температура сушильного агента, но сохраняется заданная режимом психрометрическая разность.

Сушку высокотемпературными режимами используют в случаях, когда допускается снижение прочности и потемнение древесины. Скорость циркуляции сушильного агента в штабеле должна быть не менее 2 м/с.

3.6. РЕЖИМЫ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ГАЗОВЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В газовых камерах периодического действия, оборудованных индивидуальными устройствами для притока свежего воздуха с автономным (для каждой камеры) регулированием температуры по смоченному термометру, используются те же режимы сушки и рекомендации по их применению, что и в паровых камерах периодического действия при низкотемпературном процессе сушки (табл. 3.1—3.4).

При наличии увлажнительного пара в таких камерах можно сушить пиломатериалы любых пород. Без увлажнительного пара допускается только сушка древесины мягких хвойных (сосна, ель, пихта, кедр) и мягких лиственных (береза, осина) пород по III категории качества.

В газовых камерах с групповым подсосом свежего воздуха для блока в целом рекомендуются режимы с постоянной температурой смоченного термометра, приведенные в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Режимы сушки пиломатериалов в газовых камерах периодического действия

Влажность древесины, %	Номер режима и параметры сушильного агента (t , $^\circ\text{C}$; Δt , $^\circ\text{C}$; φ) перед штабелем при толщине пиломатериалов, мм											
	до 25				св. 25 до 50				св. 50 до 60			
	№	t	Δt	φ	№	t	Δt	φ	№	t	Δt	φ
Нормальные режимы ($t_m = 67^\circ\text{C}$)												
30	1-Гз	76	9	0,66	2-Гз	74	7	0,72	3-Гз	72	5	0,79
30—20		80	13	0,55		77	10	0,64		75	8	0,70
20		100	33	0,25		96	29	0,29		92	25	0,34
Форсированные режимы ($t_m = 75^\circ\text{C}$)												
30	4-Гз	86	11	0,63	5-Гз	83	8	0,71	6-Гз	81	6	0,77
30—20		90	15	0,53		86	11	0,63		84	9	0,68
20		120	45	0,20		115	40	0,22		110	35	0,25

Режимы табл. 3.7 предназначены для сушки по III категории качества пиломатериалов мягких хвойных (сосна, ель, пихта, кедр) и мягких лиственных (береза, осина) пород. Для последних пород режимы назначаются по ближайшей группе толщин.

3.7. РЕЖИМЫ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В КАМЕРАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

По принципу работы и характеру циркуляции сушильного агента камеры непрерывного действия делятся на камеры с позонной поперечной и камеры с противоточной циркуляцией.

Для камер с позонной поперечной циркуляцией, имеющих самостоятельную подготовку и регулирование параметров сушильного агента по зонам, рекомендуются режимы, предназначенные для камер периодического действия. В первой по ходу материала зоне (загрузочный конец камеры) поддерживаются параметры первой ступени режима, в последней (разгрузочный конец камеры) — параметры третьей ступени режима. В средних зонах камеры поддерживаются промежуточные параметры сушильного агента в соответствии с установленным изменением их в зависимости от влажности материала.

В противоточных камерах подготовка сушильного агента производится только перед подачей его в разгрузочный конец. Состояние сушильного агента по длине камеры изменяется без промежуточного регулирования только за счет испарения влаги из материала. При этом температура по смоченному термомет-

ру сохраняется приблизительно постоянной. Здесь режимы сушки, рекомендуемые для камер периодического действия, не применимы, поэтому необходимы специальные режимы, характеризующиеся стабильным (для данного материала) состоянием сушильного агента в разгрузочном и загрузочном концах камеры. Основное назначение противоточных камер — сушка до транспортной влажности (нулевая категория качества) пиломатериалов хвойных пород толщиной до 75 мм. Допускается сушка до эксплуатационной влажности пиломатериалов мягких хвойных (сосна, ель, пихта, кедр) пород такой же толщины и мягких лиственных (береза, осина) пород толщиной до 60 мм по III категории, а в отдельных случаях, в камерах с отсеками для конечной влаготеплообработки, по II категории качества.

Таблица 3.8

Режимы сушки пиломатериалов из древесины сосны, пихты, кедра

Номер и индекс режима	Средняя конечная влажность древесины, %	Толщина пиломатериалов, мм	Состояние сушильного агента в разгрузочном конце камеры			Максимальная психрометрическая разность Δt_2 в загрузочном конце при начальной влажности древесины	
			t_1 , °C	Δt , °C	φ	более 50%	до 50%

Мягкие режимы

1-М	18—22	До 22	55	15	0,40	4	6
2-М	18—22	Св. 22 до 25	55	14	0,44	4	5
3-М	18—22	> 25 > 32	55	12	0,50	3	5
4-М	18—22	> 32 > 40	55	11	0,53	3	4
5-М	18—22	> 40 > 50	55	10	0,57	3	4
6-М	18—22	> 50 > 60	55	9	0,60	2	3
7-М	18—22	> 60 > 75	55	8	0,64	2	3
8-М	10—12	До 22	58	19	0,31	4	6
9-М	10—12	Св. 22 до 25	58	17	0,36	4	5
10-М	10—12	> 25 > 32	58	15	0,42	3	5
11-М	10—12	> 32 > 40	58	13	0,48	3	4
12-М	10—12	> 40 > 50	58	12	0,51	3	4
13-М	10—12	> 50 > 60	58	11	0,54	2	3
14-М	10—12	> 60 > 75	58	10	0,58	2	2

Нормальные режимы

1-Н	18—22	До 22	94	25	0,35	7	9
2-Н	18—22	Св. 22 до 25	92	23	0,38	6	9
3-Н	18—22	> 25 > 32	89	20	0,43	5	8
4-Н	18—22	> 32 > 40	87	18	0,46	5	8
5-Н	18—22	> 40 > 50	85	16	0,50	5	8
6-Н	18—22	> 50 > 60	83	14	0,54	4	7
7-Н	18—22	> 60 > 75	80	11	0,61	4	6
8-Н	10—12	До 22	102	33	0,25	7	9
9-Н	10—12	Св. 22 до 25	100	31	0,28	6	9
10-Н	10—12	> 25 > 32	97	28	0,31	5	8
11-Н	10—12	> 32 > 40	94	25	0,35	5	8

Номер и индекс режима	Средняя конечная влажность древесины, %	Толщина пиломатериалов, мм	Состояние сушильного агента в разгрузочном конце камеры			Максимальная психрометрическая разность Δt_2 в загрузочном конце при начальной влажности древесины	
			t_1 , °C	Δt , °C	φ	более 50%	до 50%
12-Н	10—12	> 40 > 50	91	22	0,39	5	8
13-Н	10—12	> 50 > 60	87	18	0,46	4	7
14-Н	10—12	> 60 > 75	84	15	0,51	4	6
Форсированные режимы							
1-Ф	10—12	До 22	112	35	0,26	7	10
2-Ф	10—12	Св. 22 до 25	110	33	0,28	6	10
3-Ф	10—12	> 25 > 32	107	30	0,31	5	9
4-Ф	10—12	> 32 > 40	104	27	0,34	5	8
5-Ф	10—12	> 40 > 50	101	24	0,38	5	8
6-Ф	10—12	> 50 > 60	98	21	0,43	4	7
7-Ф	10—12	> 60 > 75	95	18	0,48	4	7

Режимы сушки до транспортной и эксплуатационной влажности пиломатериалов мягких хвойных пород согласно ГОСТ 18867-84 приведены в табл. 3.8. Конкретный режим обозначается номером, характеризующим группу толщин, и прописной буквой (М, Н, Ф), указывающей категорию режима. Например, нормальный режим сушки до транспортной влажности досок или заготовок толщиной 50 мм обозначается 5-Н.

Непосредственно по табл. 3.8 выбирают режимы сушки сосновых, кедровых и пихтовых пиломатериалов. Для еловых пиломатериалов режимы назначают по ближайшей меньшей группе толщин, для пиломатериалов мягких лиственных пород — по ближайшей большей группе толщин.

В зависимости от назначения пиломатериалов сушку проводят:

до транспортной влажности — нормальными режимами, а в случаях, когда требуется сохранить естественный цвет древесины, в частности, экспортных пиломатериалов — мягкими режимами;

до эксплуатационной влажности — нормальными режимами, в случаях, когда предъявляются особенно высокие требования к прочности древесины — мягкими режимами, в случаях, когда допускается снижение прочности древесины — форсированными режимами.

Режимы сушки до транспортной влажности пиломатериалов из древесины лиственницы приведены в табл. 3.9. Обозначение конкретного режима состоит из индекса Л (лиственница) с номером, характеризующим группу толщин, и прописной буквы

Режимы сушки пиломатериалов из древесины лиственницы

Номер и индекс режима	Средняя конечная влажность древесины, %	Толщина пиломатериалов, мм	Состояние сушильного агента в разгрузочной камере			Максимальная психрометрическая разность Δt_2 в разгрузочной камере
			$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	φ	
Мягкие режимы						
Л 1-М	18—22	До 22	55	15	0,40	1
Л 2-М	18—22	Св. 22 до 25	55	14	0,44	1
Л 3-М	18—22	» 25 » 32	55	12	0,50	1
Л 4-М	18—22	» 32 » 40	55	11	0,53	1
Л 5-М	18—22	» 40 » 50	55	10	0,57	1
Л 6-М	18—22	» 50 » 60	55	9	0,60	1
Л 7-М	18—22	» 60 » 75	55	8	0,64	1
Нормальные режимы						
Л 1-Н	18—22	До 22	85	23	0,35	1
Л 2-Н	18—22	Св. 22 до 25	85	20	0,41	1
Л 3-Н	18—22	» 25 » 32	85	17	0,47	1
Л 4-Н	18—22	» 32 » 40	85	15	0,52	1
Л 5-Н	18—22	» 40 » 50	85	13	0,57	1
Л 6-Н	18—22	» 50 » 60	85	11	0,63	1
Л 7-Н	18—22	» 60 » 75	85	9	0,69	1
Форсированные режимы						
Л 1-Ф	18—22	До 22	105	20	0,46	1
Л 2-Ф	18—22	Св. 22 до 25	105	18	0,50	1
Л 3-Ф	18—22	» 25 » 32	105	16	0,55	1
Л 4-Ф	18—22	» 32 » 40	105	14	0,60	1
Л 5-Ф	18—22	» 40 » 50	105	12	0,64	1
Л 6-Ф	18—22	» 50 » 60	105	11	0,67	1
Л 7-Ф	18—22	» 60 » 75	105	10	0,69	1

(М, Н, Ф), указывающей категорию режимов. Например, нормальный режим сушки досок или заготовок толщиной 40 мм обозначается Л 4-Н.

В зависимости от назначения древесины применяют: для товарных пиломатериалов общего назначения — нормальные режимы; в случаях, когда требуется сохранение естественного цвета древесины — мягкие режимы, а если допускается снижение прочности древесины — форсированные.

При отклонениях заданной конечной влажности от указанных в табл. 3.8 и 3.9 предельных значений на величину $\pm 2\%$ (при максимальной влажности не более 22 %) предусмотренные параметры сушильного агента не изменяются.

В камерах, оборудованных внутренними электродвигателями, не имеющими соответствующей теплозащиты, допускается применение мягких режимов сушки с одинаковой для пиломате-

риалов всех толщин температурой смоченного термометра $t_m = 40^\circ\text{C}$ при сохранении регламентируемой табл. 3.8 и 3.9 психрометрической разности.

В одной камере разрешается одновременная сушка только однородных по характеристике (породе, толщине, группам начальной и конечной влажности) пиломатериалов.

При переводе камеры на сушку пиломатериалов другой характеристики или сушке одновременно пиломатериалов двух разных характеристик поддерживают тот из режимов, по которому предусмотрена меньшая психрометрическая разность.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ

Указания раздела распространяются на сушку пиломатериалов и заготовок в камерах всех типов и характеризуют следующие технологические и контрольные операции: определение начальной и текущей влажности древесины, начальный прогрев древесины, управление камерой, контроль за режимом сушки и состоянием материала, влаготеплообработку и кондиционирующую обработку древесины.

В камеру загружают штабеля, уложенные в соответствии с рекомендациями раздела «Укладка пиломатериалов в штабеля для камерной сушки». Не допускается загрузка в камеру неполногабаритных штабелей, работа камеры при неполном количестве штабелей.

4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СУШКЕ

Начальную влажность древесины определяют по секциям (рис. 4.1), текущую — по контрольным образцам, выпиленным из досок, характерных по строению, плотности и влажно-

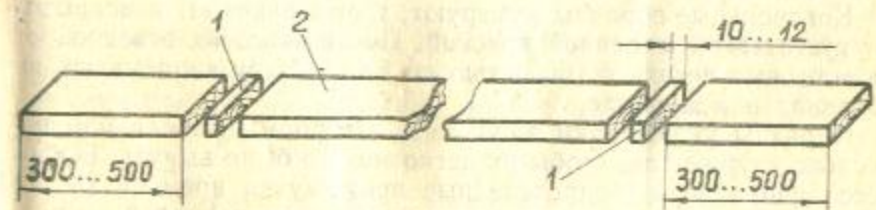


Рис. 4.1. Схема вырезки секций влажности 1 и контрольного образца 2.

сти для данной партии высушиваемых пиломатериалов. Контрольный образец вырезается длиной не менее 1 м.

Древесина секций не должна иметь гнили, засмолков, сучков и трещин. Выпиленные секции маркируют, защищают от заусе-

нцев и взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. Если сразу после выпиловки взвесить секции невозможно, то их завертывают в пленку или помещают в эксикатор и вынимают для взвешивания по одной. Массу записывают прямо на секциях и в журнале.

Взвешенные секции укладывают в сушильный шкаф так, чтобы они не соприкасались с поверхностями внутренней обшивки, и высушивают при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

Первый раз секции взвешивают через 5—6 часов после начала сушки, последующие — через каждые два часа. Если результат последнего взвешивания совпадает с предыдущим или отличается от него не более чем на 0,02 г, то его принимают за массу абсолютно сухой секции, записывают в журнал, а сушку заканчивают.

Перед взвешиванием секции охлаждают в эксикаторах с безводным хлористым кальцием или серной кислотой концентрацией не менее 94 % (плотность $1,84 \text{ г/см}^3$).

Влажность секций подсчитывают по формуле

$$W_{\text{нач}} = \frac{m_{\text{нач}} - m_c}{m_c} \cdot 100 \%,$$

где $m_{\text{нач}}$ — начальная масса секции, г;
 m_c — масса абсолютно сухой секции, г.

Среднее значение влажности, вычисленное по двум секциям доски (заготовки), принимается за начальную влажность $W_{\text{нач}}$ контрольного образца. По контрольному образцу определяют текущую влажность в процессе сушки.

В каждый сушильный штабель укладывают по два контрольных образца в места интенсивной и замедленной сушки, устанавливаемые из опыта эксплуатации камер. Средняя влажность их принимается за начальную влажность пиломатериалов в штабеле.

Контрольные образцы нумеруют, торцы очищают и покрывают густотертой масляной краской. После этого их взвешивают на торговых весах с точностью до 5 г. Массу записывают на образцах и в журнале.

Образцы укладывают заподлицо с торцом штабеля или несколько глубже так, чтобы их легко можно было вынуть. В процессе сушки через определенные промежутки времени (8—24 часа) в зависимости от характеристик пиломатериалов образцы вынимают из штабеля и взвешивают. В камерах непрерывного действия образцы вынимают для взвешивания только тогда, когда штабель с контрольным образцом подойдет к разгрузочной части. Текущую влажность образцов находят по формуле

$$W_T = \frac{M_T - M_c}{M_c} \cdot 100 \%,$$

где M_T — масса образца в момент определения текущей влажности, г;

M_c — масса образца в абсолютно сухом состоянии, г.

$$M_c = \frac{M_{\text{нач}} \cdot 100}{100 + W_{\text{нач}}},$$

где $M_{\text{нач}}$ — начальная масса образца, г.

По текущей влажности медленно сохнущего образца судят о времени перехода с одной ступени режима на другую, по средней влажности всех образцов, закладываемых в штабель, — о времени окончания процесса сушки. При этом необходимо учитывать, что контрольные образцы высыхают быстрее, чем остальные доски в штабеле, к концу сушки разница может достигать 2—3 %.

Если средняя влажность пиломатериалов (заготовок) в штабеле больше требуемой, пиломатериалы подлежат досушке. При меньшем значении средней влажности пиломатериалы подлежат влаготеплообработке.

Для уточнения средней конечной влажности после выкатки штабеля из камеры рекомендуется провести контрольную проверку так, как указано в разделе 2.3.

4.2. НАЧАЛЬНЫЙ ПРОГРЕВ ДРЕВЕСИНЫ

В камерах периодического действия первой технологической операцией после загрузки штабеля является начальная обработка материала (прогрев). Во время прогрева в камеру подают пар через увлажнительные трубы при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах.

4.2.1. Режимы начальной обработки пиломатериалов

Температуру среды $t_{\text{пр}}$ при прогреве пиломатериалов мягких хвойных пород (сосна, ель, кедр, пихта) поддерживают в зависимости от их толщины и категории режима сушки по табл. 4.1.

Таблица 4.1

Категория режима	Температура $t_{\text{пр}}$, °C при толщине пиломатериалов S , мм						
	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
М	67	67	64	64	63	60	60
Н	98	94	90	85	80	72	63
Ф	100	100	100	100	98	88	—
В	101	101	101	101	101	101	—

При прогреве пиломатериалов других пород устанавливают температуру среды для лиственницы и древесины твердых лиственных пород (дуб, бук, клен, ильм, орех, ясень, граб) — на 5 °С выше температуры начальной ступени режима сушки (но не выше 100 °С), для мягких лиственных пород (береза, ольха, осина, тополь, липа) — на 8 °С (но не выше 100 °С).

После достижения заданной температуры психрометрическую разность поддерживают на уровне $\Delta t = 0,5-1,5$ °С. Древесину прогревают до тех пор, пока разность между температурами среды $t_{пр}$ и в центре доски или заготовки $t_{ц}$ не достигнет 3 °С, после чего переходят на первую ступень режима сушки, поддерживая при этом психрометрическую разность Δt не выше заданной режимом.

Разность $(t_{пр} - t_{ц})$ измеряют в зоне камеры, где интенсивность прогрева минимальна.

При отсутствии устройств для контроля температуры древесины длительность прогрева определяется расчетом, методика которого приводится далее.

В зависимости от фактической скорости циркуляции агента сушки в штабеле, температуры $t_{пр}$ и толщины материала предпочтительный характер циркуляции определяется из рис. 4.2.

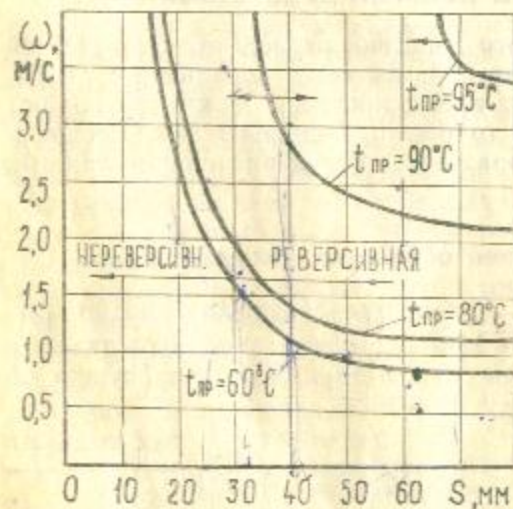


Рис. 4.2. График для определения предпочтительного характера циркуляции при начальном прогреве древесины.

4.2.2. Длительность начальной обработки пиломатериалов

Продолжительность прогрева (в часах) определяется по формуле

$$\tau = \tau_{исх} \cdot A_T \cdot A_B \cdot A_H \cdot A_{ш},$$

где

$\tau_{исх}$ — исходная продолжительность начального прогрева, рассчитанная для сосновых пиломатериалов при температуре среды $t_{пр} = 80$ °С, психрометрической разности $\Delta t = 1$ °С, нагреве сортимента на оси до температуры $t_{ц} = 77$ °С, влажности древесины 60 %, ее начальной температуре от 0 до -20 °С, ширине штабеля 1,8 м;

$A_T \cdot A_B \cdot A_H \cdot A_{ш}$ — коэффициенты, учитывающие начальную температуру древесины и температуру среды при прогреве A_T , влажность древесины A_B , ее породу A_H и ширину штабеля $A_{ш}$.

Исходную продолжительность нагрева $\tau_{исх}$ принимают в зависимости от толщины пиломатериалов S_1 , их ширины S_2 и скорости циркуляции агента обработки ω (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Исходная продолжительность $\tau_{исх}$ начального прогрева, ч, пиломатериалов в камерах

Толщина пиломатериалов, S_1 , мм	Ширина пиломатериалов, S_2 , мм	$\tau_{исх}$ при скорости циркуляции, м/с					
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
До 16	любая	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
19	любая	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1
22	любая	2,1	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1
25	любая	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
32	любая	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5
40	любая	3,7	3,0	2,6	2,3	2,1	1,9
50	60-70	4,3	3,6	3,0	2,7	2,4	2,2
50	более 70	4,8	3,9	3,2	2,9	2,7	2,4
60	60-70	4,8	3,9	3,2	2,9	2,7	2,5
60	80-130	5,1	4,2	3,5	3,2	2,8	2,7
60	140 и более	5,5	4,5	3,8	3,4	3,0	2,8
70	80-100	5,6	4,5	3,8	3,4	3,1	2,9
70	110-130	6,2	4,9	4,2	3,8	3,4	3,2
70	140-180	6,5	5,1	4,4	4,0	3,6	3,3
70	более 180	6,6	5,2	4,6	4,1	3,8	3,5
75	80-100	5,9	4,6	3,9	3,5	3,2	2,9
75	110-130	6,7	5,2	4,5	4,1	3,7	3,4
75	140-180	7,2	5,6	4,8	4,4	3,9	3,7
75	более 180	7,8	6,0	5,2	4,7	4,2	3,9

Примечание. При реверсивной циркуляции, когда она в соответствии с рис. 4.2 целесообразна, продолжительность прогрева уменьшается на 10 %.

Коэффициент A_T устанавливают в зависимости от начальной температуры древесины t_0 и температуры среды при прогреве $t_{пр}$ по табл. 4.3.

Таблица 4.3

Начальная температура t_0 , °C	A_T при температуре среды при прогреве, $t_{пр}$, °C			
	< 60	70—80	90	100
Ниже -20	1,05	1,1	1,15	1,2
-20—0	0,95	1,0	1,05	1,1
Выше 0	0,75	0,85	0,95	1,0

Коэффициент A_n находят по влажности древесины W , %, и ее температуре t_0 , °C по табл. 4.4.

Таблица 4.4

Начальная температура t_0 , °C	A_n при влажности древесины, W , %						
	30	40	60	80	100	120	140
Ниже 0	0,84	0,87	1,02	1,10	1,30	1,38	1,45
Выше 0	0,90	0,94	1,0	1,08	1,15	1,22	1,28

Коэффициент породы A_n принимают: для сосны и ольхи — 1, ели, кедра, тополя и осины — 0,9, березы — 1,15, бука, лиственницы, дуба, ясеня — 1,2.

Коэффициент $A_{ш}$ принимают: при ширине штабеля $B = 1,8$ —2,0 м, $A_{ш} = 1,0$; при $B > 2,0$ м, $A_{ш} = 1,15$.

Примечание. В камерах с пониженной тепловой мощностью вследствие медленного нарастания температуры среды до заданной продолжительность нагрева увеличивается в среднем на 10—15%.

Пример. Выбрать режим и рассчитать продолжительность начальной обработки при следующих условиях: прогреваются сосновые доски сечением 40×100 мм с начальной влажностью 80%. Температура материала $t_0 = -20^\circ\text{C}$. Скорость циркуляции агента обработки в штабеле $\omega_{\text{мат}} = 2$ м/с. Сушка предполагается по нормальному режиму.

а) Режим начальной обработки. В соответствии с табл. 4.1 принимаем температуру среды при прогреве $t_{пр} = 90^\circ\text{C}$. Из рис. 4.2 следует, что при заданных условиях должна быть выбрана нереверсивная циркуляция во время начальной обработки.

б) Продолжительность обработки. Исходная продолжительность (табл. 4.2) составляет $\tau_{\text{исх}} = 2,6$ ч; коэффициент температуры $A_T = 1,05$ (табл. 4.3), коэффициент влажности $A_n = 1,1$ (табл. 4.4); коэффициенты породы A_n и ширины штабеля $A_{ш}$ равны 1. Продолжительность прогрева составит

$$\tau = \tau_{\text{исх}} \cdot A_T \cdot A_n \cdot A_{ш} = 2,6 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,0 \text{ ч.}$$

Рекомендации по проведению прогрева древесины распространяются на камеры периодического действия, снабженные увлажнительной системой, и камеры непрерывного действия с отсеками для начальной влаготеплообработки.

В действующих противоточных камерах непрерывного действия прогрев материала осуществляется непосредственно влажным сушильным агентом, поступающим в загруженный штабель. Поэтому специальные режимы и продолжительность начального прогрева не регламентируются. Для того, чтобы охлаждение сушильного агента во вновь загруженном штабеле не приводило к длительному нарушению заданного режима сушки, необходимо загружать (и выгружать) материал по одному штабелю.

4.3. УПРАВЛЕНИЕ КАМЕРОЙ И КОНТРОЛЬ ЗА РЕЖИМОМ СУШКИ И СОСТОЯНИЕМ МАТЕРИАЛА

Управление камерой заключается в поддержании заданной по режиму температуры и степени насыщенности сушильного агента. Параметры сушильного агента регулируют вентилями на паровых магистралях и увлажнительных устройствах, задвижками на приточно-вытяжных каналах.

Температуру сушильного агента в камерах регулируют степенью открытия вентиля на трубопроводах подачи пара в калорифер. Для повышения степени насыщенности сушильного агента закрывают приточно-вытяжные каналы. Если необходимая степень насыщенности не достигается, в камеру подают пар через увлажнительные трубы. Категорически запрещается пользоваться увлажнительными трубами при открытых приточно-вытяжных каналах. Чтобы уменьшить степень насыщенности, открывают приточно-вытяжные каналы, и если в камеру поступал пар через увлажнительные трубы, обязательно сначала их перекрывают.

За состоянием сушильного агента в камере наблюдают периодически, а в отдельных случаях — непрерывно. Показания записывают в журнал каждый час.

Погрешность поддержания температуры не должна превышать $\pm 2^\circ\text{C}$ от заданной режимом. При этом погрешность измерения и поддержания психрометрической разности должна быть не более $\pm 1^\circ\text{C}$, для этого в психрометры подбирают термометры с одинаковыми показаниями.

Если регламентированная режимом температура не может быть достигнута по техническим причинам, допускается проводить сушку при более низкой температуре, но с обязательным поддержанием заданной степени насыщенности сушильного агента. Психрометрическую разность и температуру смоченного термометра, соответствующие фактической температуре и заданной степени насыщенности, устанавливают по справочной психрометрической табл. 4.5.

В камерах периодического действия контроль за режимом сушки и его регулирование ведут по состоянию сушильного агента, поступающего в штабель. В начале каждой смены (на основании определения влажности материала) устанавливают и записывают в журнал необходимое режимное состояние сушильного агента на всю смену.

В камерах непрерывного действия контроль и регулирование режима сушки ведут по состоянию сушильного агента в разгрузочном конце камеры. В загрузочном конце камеры психрометрическую разность Δt_2 контролируют дистанционным психрометром периодически перед каждой выгрузкой штабелей. Контроль производится при выходе сушильного агента из последнего штабеля. Если в загрузочном конце камеры нет стационарного психрометра, то допускается использовать переносной психрометр при пуске камеры или переводе ее на другой режим.

Если фактическая разность Δt_2 оказывается ниже заданной, то количество циркулирующего в камере воздуха необходимо уменьшить, если выше заданной — увеличить.

При отсутствии в камере устройств для управления количеством циркулирующего сушильного агента его психрометрическую разность Δt_2 в загрузочном конце поддерживают так: если величина Δt_2 больше заданной — повышают температуру смоченного термометра t_m , если меньше заданной — повышают температуру t_1 в разгрузочном конце.

В камерах периодического действия, оснащенных регулируемым электроприводом вентиляторов, например, трехскоростным электродвигателем, частота вращения вентиляторов устанавливается в зависимости от характеристики высушиваемых пиломатериалов, исходя из опыта эксплуатации этих камер в конкретных условиях. Например, прогреть материал при максимальной скорости сушильного агента, при сушке пиломатериалов мягких хвойных пород на первой ступени режима сушки применять максимальную частоту вращения вентиляторов, на II ступени — промежуточную, на III — минимальную.

Во время сушки периодически проверяют текущую влажность древесины и внутренние напряжения в ней. Текущая влажность определяется, как указано в п. 1 настоящего раздела, по контрольным образцам.

Для контроля за полными внутренними напряжениями во время сушки в штабель одновременно с контрольными образцами влажности закладывают (в быстро сохнущие места) 1—2 силовых отрезка примерно такой же длины, что и образцы для определения влажности (1—1,2 м). Торцы отрезков покрывают густой масляной краской. На расстоянии 10 см от торцов в нужные моменты отпиливают торцовые срезы (секции), из которых вырезают на ленточнопильном станке силовые секции по схеме, приведенной в разделе «Нормы требований к качеству сушки» (рис. 2.2). О знаке и примерных значениях напряжений судят по направлению и величине изгиба зубцов. Изгиб зубцов наружу свидетельствует о наличии растягивающих, изгиб внутрь — сжимающих напряжений в поверхностных зонах доски. Свежие пропилы силовых отрезков после отпиловки каждого торцового среза вновь покрывают масляной краской.

Контроль остаточных напряжений проводят по указаниям раздела 2. Если относительная деформация зубцов силовой секции после выдержки больше допустимой и зубцы изгибаются внутрь, то проводят дополнительную влаготеплообработку. Если изгиб образцов наружу, то в последующем при сушке подобного материала продолжительность конечной обработки сокращают на 25 %.

Если необходимо контролировать перепад влажности по толщине материала, то из силового отрезка рядом с силовой секцией выпиливают секцию для определения послойной влажности по схеме, приведенной в разделе 2 (рис. 2.1).

При перепаде влажности больше заданного по нормативам пиломатериалы подвергают кондиционирующей обработке.

4.4. ВЛАГОТЕПЛООБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Для снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений, возникающих в древесине при сушке, проводят конечную и промежуточную обработку древесины в среде повышенной температуры и влажности, называемую влаготеплообработкой. Для создания такой среды в сушильное пространство камеры периодического действия или в пропарочный отсек разгрузочного конца камеры непрерывного действия подают пар или распыленную горячую воду при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах. Если сушильные камеры не оборудованы увлажнительными системами или отсеками, конечная влаготеплообработка высушенных пиломатериалов может проводиться в специально предназначенных для этого пропарочных камерах. Влаготеплообработке подвергают пиломатериалы, высушиваемые до эксплуатационной влажности по I и II категориям качества сушки. Независимо от категории

качества влаготеплообработку проводят при высокотемпературных режимах и сушке пиломатериалов твердых лиственных пород и лиственницы.

Конечную влаготеплообработку проводят после достижения древесиной заданной конечной влажности. Во время обработки температуру среды в камерах периодического действия поддерживают на 8°C выше температуры на последней ступени режима сушки (в отсеках камер непрерывного действия на 6°C выше температуры в разгрузочном конце), но не более 100°C. Психрометрическую разность устанавливают равной 0,5—1,0°C (в отсеках камер непрерывного действия — 1—2°C). Если тепловая мощность камер недостаточна, то допускается влаготеплообработка при температуре, соответствующей последней ступени процесса сушки.

Продолжительность влаготеплообработки должна быть такой, чтобы зубцы силовых секций, выпиленных из контрольных образцов, досок или заготовок (см. раздел 2), после выдержки их в сушильном шкафу имели относительную деформацию изгиба не более 2 %.

Пиломатериалы, высушиваемые высокотемпературными режимами, охлаждают перед влаготеплообработкой до 95—100°C, для чего открывают приточно-вытяжные каналы и при необходимости двери камер при работающих вентиляторах.

После конечной влаготеплообработки пиломатериалы выдерживают в камере в течение 2—3 часов при психрометрической разности последней ступени режима сушки, затем прекращают подачу пара в калориферы и охлаждают древесину до 30—40°C при открытых приточно-вытяжных каналах.

В случаях, когда в древесине могут появиться внутренние трещины, проводят промежуточную влаготеплообработку. Рекомендуется подвергать промежуточной влаготеплообработке пиломатериалы, толщина которых превышает:

- для сосны, ели, пихты, 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 назначают в камерах периодического действия при переходе со второй на третью ступень при низкотемпературных режимах сушки или с первой на вторую — при высокотемпературных. Температуру среды поддерживают на 8°C выше температуры предшествующей обработке ступени режима сушки, но не более 100°C, а психрометрическую разность устанавливают равной 1,5—2°C. Продолжительность промежуточной влаготеплообработки должна быть такой, чтобы зубцы силовой секции, выпиленной из контрольных образцов, досок или заготовок, имели относительную деформацию

не более 2 %. Допускается уменьшать продолжительность обработки настолько, чтобы относительные деформации зубцов силовой секции не превышали 3—4 %, или не проводить ее, если контрольными опытными сушками установлено, что при этом не наблюдается внутренних трещин.

Ориентировочная общая продолжительность влаготеплообработок в зависимости от породы и толщины пиломатериалов приведена в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Толщина пиломатериалов, мм	Продолжительность влаготеплообработок, ч					
	осина, сосна, ель, пихта, кедр, липа, тополь	береза, ольха	лиственница	бук, клен	дуб, ильм, орех, граб, ясень	
До 22	1,5	2	3	3,5	4	
Св. 22 до 32	2	3	4	5	6	
Св. 32 до 40	3	6	8	10	12	
Св. 40 до 50	6	12	14	16	20	
Св. 50 до 60	9	18	21	24	30	
Св. 60 до 75	14	30	35	40	50	
Св. 75	24	60	65	70	80	

При отсутствии промежуточной обработки данные табл. 4.6 характеризуют продолжительность конечной обработки. В случаях, когда проводятся и промежуточная, и конечная обработки, на первую используется до 1/3, а на вторую оставшая часть указанного в таблице времени. При влаготеплообработке остывшего материала в специальных проварочных камерах ее продолжительность по сравнению с указанной в таблице сокращается приблизительно в 2 раза.

Поскольку необходимая продолжительность влаготеплообработок определяется рядом переменных факторов (параметры внешней среды, теплопроводность и герметичность ограждений, давление пара, фактическая температура среды при обработке и др.), приведенные в таблице рекомендации являются ориентировочными. В зависимости от конкретных условий и в соответствии с результатами контроля остаточных напряжений продолжительность влаготеплообработок должна корректироваться.

4.5. КОНДИЦИОНИРУЮЩАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Для выравнивания влажности древесины по объему штабеля и толщине пиломатериалов проводят кондиционирующую обработку. С этой целью в камере с помощью калориферов и увлажнительных устройств поддерживают такое состояние среды, при котором недосушенные сортаменты подсыхают, а пересушенные увлажняются.

При сушке низкотемпературными режимами температура среды во время кондиционирующей обработки поддерживается на уровне, соответствующем последней ступени режима сушки (но не выше 100°C), а степень насыщенности должна соответствовать (по диаграмме равновесной влажности, рис. 4.3) сред-

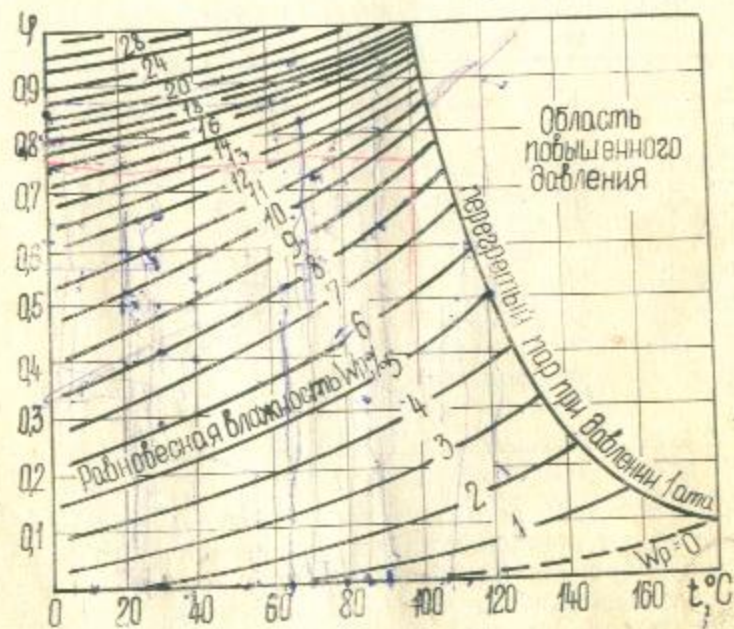


Рис. 4.3. Диаграмма равновесной влажности древесины.

ней заданной конечной влажности, увеличенной на 1%. При сушке высокотемпературными режимами в среде перегретого пара температура во время обработки снижается по сравнению с режимной до уровня, обеспечивающего требуемую степень насыщенности.

Примеры:

1. Определить состояние среды при кондиционирующей обработке, если температура на последней ступени режима $t_c =$

$= 85^{\circ}\text{C}$, а заданная конечная влажность $W_k = 7\%$. Устанавливаем необходимую при обработке равновесную влажность $W_p = 7 + 1 = 8\%$. Определяем по диаграмме (рис. 4.3) требуемую степень насыщенности. При $t_c = 85^{\circ}$ и $W_p = 8\%$ она равна 0,62.

2. Определить состояние среды во время кондиционирующей обработки после сушки форсированным режимом, если температура на последней ступени $t_c = 110^{\circ}\text{C}$, а заданная конечная влажность $W_k = 7\%$. Необходимая при обработке равновесная влажность, как в предыдущем примере, $W_p = 8\%$, а температура $t_c = 100^{\circ}$. Определяем по диаграмме (рис. 4.3) при $t_c = 100^{\circ}\text{C}$ и $W_p = 8\%$ требуемую степень насыщенности $\varphi = 0,69$.

3. Определить состояние среды во время обработки после сушки высокотемпературным режимом, если температура на последней ступени режима $t_c = 120^{\circ}\text{C}$, а заданная конечная влажность $W_k = 10\%$. Необходимая при обработке равновесная влажность $W_p = 10 + 1 = 11\%$. Определяем по диаграмме (рис. 4.3) требуемую степень насыщенности и температуру при обработке. Отыскиваем точку пересечения линии $W_p = 11\%$ с линией перегретого пара и находим $\varphi = 0,85$; $t_c = 105^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность кондиционирующей обработки зависит от многих факторов и назначается в соответствии с категорией качества сушки, а также особенностями камеры и материала.

Для пиломатериалов I категории качества кондиционирующая обработка обязательна. Ее продолжительность ориентировочно равна половине продолжительности конечной влаготеплообработки.

Для пиломатериалов II и III категории качества кондиционирующую обработку назначают по мере надобности в соответствии с результатами контроля равномерности конечной влажности по предшествующим сушкам аналогичного материала.

5. ХРАНЕНИЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ СУШКИ

Распространяется на пакетированные пиломатериалы транспортной и эксплуатационной влажности.

5.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Высушенные пиломатериалы для длительного хранения (более 15 суток) укладывают в пакетные штабеля. Для кратковременного хранения перед окончательной обработкой пиломатериалы укладывают также в пакетные штабеля под навесы или на открытой площадке. Высота фундамента не менее 300 мм. Штабеля, уложенные на открытом складе, покрывают съемными крышами или водонепроницаемой бумагой со свесами на всю

высоту штабеля. Плотные пакеты формируют в соответствии с ГОСТ 19041—73.

Пиломатериалы укладывают на хранение в закрытые и открытые склады, под навесы.

Каждый штабель пиломатериалов укладывают на фундамент из стационарных или переносных элементов — железобетонных, бетонных, деревянных опор и железобетонных или деревянных прогонов. Фундаменты на открытых складах устраиваются в соответствии с ГОСТ 3808.1—85 и ГОСТ 7319—85.

В закрытых неотапливаемых складах и под навесом высота фундамента должна быть не менее 300 мм, в отапливаемых — не менее 100 мм. Схемы подштабельных деревянных фундаментов для укладки пакетных штабелей в закрытом неотапливаемом складе краном и под навесом автопогрузчиком приведены на рис. 5.1.

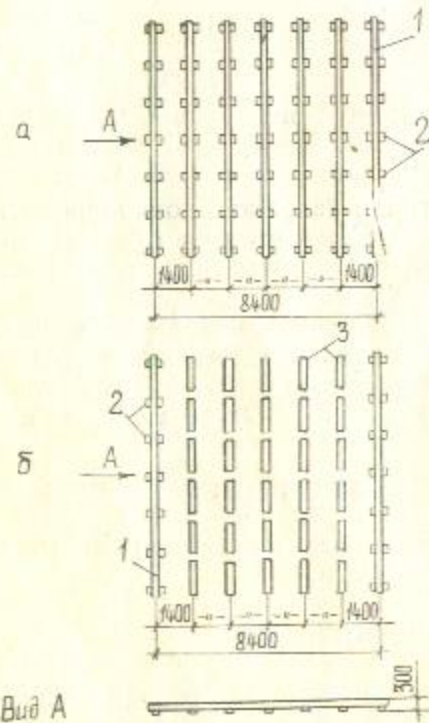


Рис. 5.1. Схема подштабельных фундаментов для укладки пакетных штабелей краном в закрытом неотапливаемом складе (а) и автопогрузчиком под навесом (б):

1 — прогон; 2 — опоры-подкладки; 3 — переносные подставки.

Размеры фундаментов и размещение опор должны соответствовать нагрузке от массы штабеля, размерам пакетов, конструкции штабеля, виду механизации, используемой на штабелевых работах.

В закрытом отапливаемом складе фундамент устраивают из деревянных брусков сечением не менее 100×100 мм. Закрытые склады оборудуются системами противопожарного водоснабжения согласно строительным нормам и правилам, утвержденным Госстроем СССР, и системами противопожарной автоматики.

Упаковка пиломатериалов в водонепроницаемые обертки должна проводиться согласно «Рекомендациям по хранению и отгрузке пакетированных пиломатериалов в водонепроницаемых обертках» (ЦНИИМОД, 1977).

5.2. ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ ШТАБЕЛЕЙ

Пакетный штабель пиломатериалов формируется из пакетов, одинаковых по размерам поперечного сечения, которые укладываются на фундамент горизонтальными и вертикальными рядами.

Пакеты различной длины стыкуются по длине, в нижний ряд укладывают более длинные пакеты.

Ширина штабеля определяется максимальной длиной укладываемых или суммой длин стыкуемых пакетов и должна быть не более 12 м. Высота штабеля зависит от типа склада и средств механизации и определяется ГОСТ 12.3.011—77, длина его — нормативно-технической документацией.

При укладке краном штабеля могут быть сплошные и секционные. В сплошном штабеле все вертикальные ряды пакетов связаны между собой межпакетными прокладками, в секционном — несколько вертикальных рядов (не менее трех) связаны общими межпакетными прокладками. Разрывы между секциями не менее 0,8 м.

В штабель укладываются пакеты, сформированные из пиломатериалов одного сорта, сечения и породы древесины. В секционный штабель допускается укладывать пиломатериалы нескольких сорторазмерных групп. На сторонах штабелей, обращенных к проездам, укрепляют табличку, в которой указывается порода, сорт, сечение, количество пиломатериалов, средняя влажность с допуском отклонением, дата укладки.

Горизонтальные ряды пакетов в штабеле отделяются друг от друга межпакетными прокладками квадратного сечения не менее 100×100 мм. Прокладки изготовляют из пиломатериалов влажностью не более 22% без гнили и синевы. Количество межпакетных прокладок в горизонтальном ряду штабеля должно соответствовать количеству прогонов в фундаменте. Длина межпакетных прокладок в штабелях, формируемых автопогрузчиком, принимается равной ширине пакета, при формировании кранами — из расчета перекрытия прокладками не менее трех смежных пакетов. При стыковании коротких пакетов допуска-

ется укладка дополнительных прокладок, чтобы каждый пакет опирался не менее чем на две прокладки.

Расстояние между вертикальными рядами пакетов зависит от параметров грузозахватных приспособлений.

В закрытом складе пиломатериалы укладывают в пакетные штабеля группами, которые отделяются друг от друга проездами или противопожарными разрывами. Штабеля в группе отделяются друг от друга и от выступающих частей здания разрывом шириной не менее 0,8 м. Ширина проезда должна быть не менее 6 м. Рекомендуемые схемы размещения пакетов и штабелей в складах приведены на рис. 5.2.

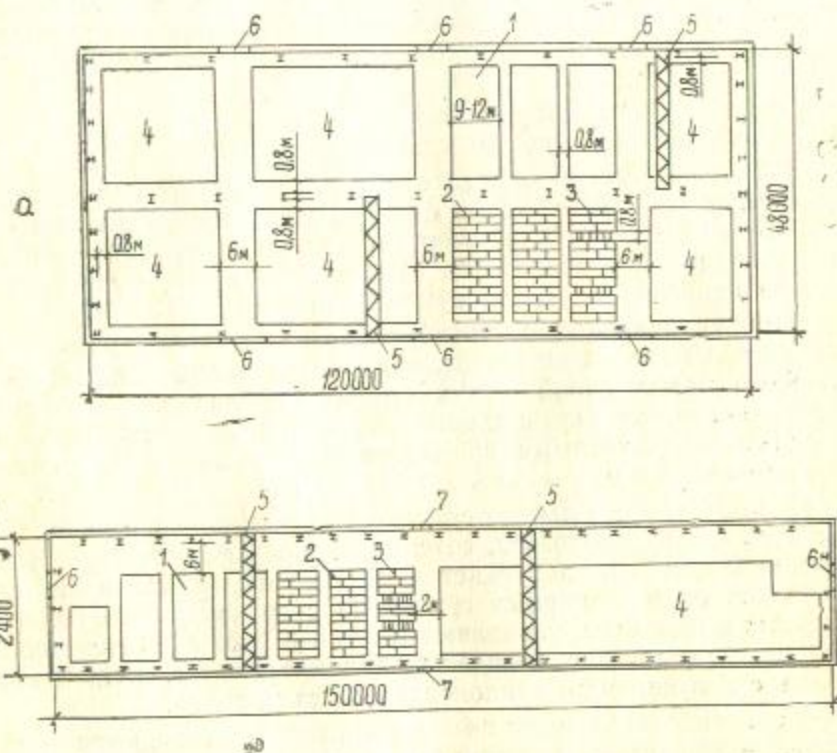


Рис. 5.2. Схема размещения штабелей и пакетов в закрытых складах с поперечными (а) и продольными (б) проездами:

1 — штабель; 2 — размещение пакетов в сплошном штабеле; 3 — размещение пакетов в секционном штабеле; 4 — группа штабелей; 5 — мостовой кран; 6 — ворота; 7 — дверь.

На открытом складе пиломатериалы укладывают в пакетные штабеля отдельными группами с учетом параметров подъемно-транспортного оборудования, а также требований противопожарных норм проектирования складов лесных материалов по

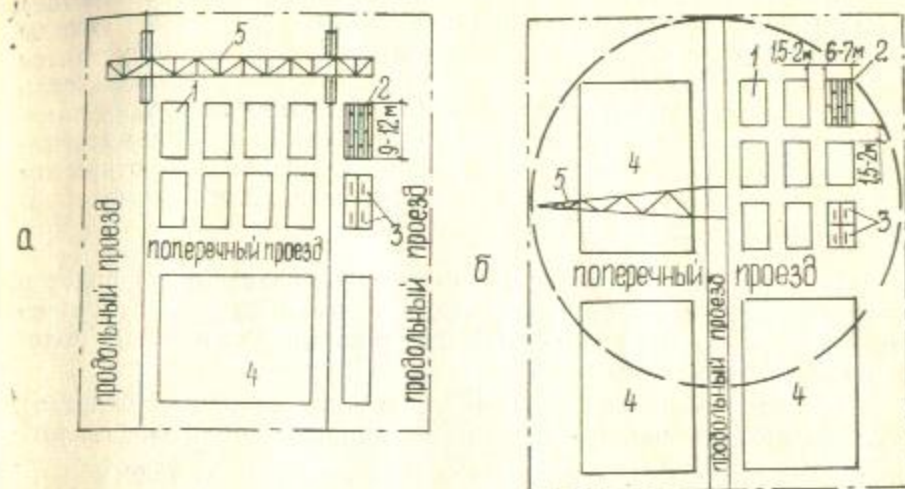


Рис. 5.3. Схемы размещения штабелей и пакетов на открытом складе при укладке козловым (а) и башенным (б) кранами:

1 — штабель; 2 — размещение пакетов в штабеле; 3 — съемные крыши; 4 — группа штабелей; 5 — кран.

СН 473—75. Штабеля в группе отделяют друг от друга межштабельными разрывами шириной не менее 1 м. Рекомендуемые схемы размещения пакетов и штабелей на открытом складе приведены на рис. 5.3. Законченный вертикальный ряд пакетов (или несколько рядов) закрывают односкатной или двухскатной секционной съемной крышей.

5.3. ТРЕБОВАНИЯ К ХРАНЕНИЮ ВЫСУШЕННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

5.3.1. Пиломатериалы транспортной влажности

Перед укладкой на хранение проверяется влажность пиломатериалов в пакете, которая должна удовлетворять требованиям, изложенным в разделе 2.

Влажность определяется по ГОСТ 16588—79.

Пиломатериалы в зависимости от сорта, норм допускаемой синевы, породы и назначения разделяются по условиям хранения на две группы:

I группа — лиственные пиломатериалы 1 и 2-го сортов; хвойные пиломатериалы экспортные бессортные и 4-го сорта; хвойные пиломатериалы внутрисоюзного назначения отборного, 1, 2 и 3-го сортов.

II группа — лиственные пиломатериалы 3-го сорта; хвойные пиломатериалы экспортные 5-го сорта; хвойные пиломатериалы внутрисоюзного назначения 4-го сорта.

Пиломатериалы I группы (пакеты в односторонней обертке) укладывают на хранение в закрытые неотапливаемые склады или под навесы с плотными торцовыми стенами. Допускается хранение пиломатериалов I группы на открытом складе, если пакеты оснащены пяти- или трехсторонней оберткой. Для пакетов в односторонней обертке, сформированных из пиломатериалов высших сортов, допустимый срок хранения на открытом складе в весенне-летний период до 2 месяцев, для пиломатериалов 3-го и 4-го сортов — до 4 месяцев.

При хранении в осенне-зимний период штабеля из пакетов пиломатериалов I группы в односторонней обертке следует со всех сторон закрывать деревянными щитами или другими водонепроницаемыми средствами.

Пиломатериалы II группы (пакеты в односторонней обертке) укладывают на хранение в закрытые склады, под навесы с плотными торцовыми стенами, а также на открытом складе.

5.3.2. Пиломатериалы эксплуатационной влажности

Пиломатериалы, высушенные в камере до эксплуатационной влажности, могут храниться в закрытом отапливаемом складе, на открытом складе или в закрытом неотапливаемом складе с ограниченными сроками хранения.

В отапливаемом складе температура и относительная влажность (степень насыщенности) воздуха поддерживается отопительно-вентиляционной системой. Сроки хранения определяют в зависимости от конечной влажности пиломатериалов, категории качества сушки и равновесной влажности (при положительных температурах) по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Наибольшая допустимая равновесная влажность древесины в помещении отапливаемого склада, % (при положительных температурах)

Категория качества сушки	Конечная влажность пиломатериалов W_k , %	При длительности хранения, месяцы		
		до 1	от 1 до 2	свыше 2
I	7±2	11	11	10
	10±2	14	14	13
	7±3	12	11	10
II	10±3	15	14	13
	15±3	20	19	18
	15±3	16	14	13
III	10±4	21	19	18
	15±4			

Например, для пиломатериалов, высушенных по II категории качества до 10 %, установить допустимый срок хранения, если средняя температура в складе 15°, а относительная влажность воздуха 70 %. По данным параметрам воздуха по диаграмме (рис. 5.4) определяем равновесную влажность $W_p = 13,3$ %. По табл. 5.1 допустимый срок хранения составляет 2 месяца.

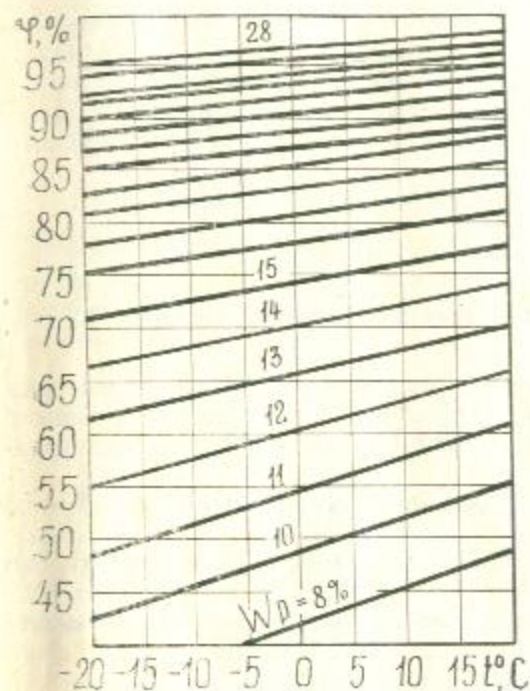


Рис. 5.4. Диаграмма равновесной влажности.

При длительности хранения 1—2 месяца средняя влажность пакета при заданных в табл. 5.1 значениях равновесной влажности может увеличиться на 1 %, но влажность досок за допустимые верхние границы при этом не выйдет, так как среднее квадратическое отклонение влажности досок в пакете при хранении уменьшается.

При длительности хранения более двух месяцев равновесная влажность задана так, чтобы средняя влажность пакета не изменялась более чем на 0,5 %.

При хранении пиломатериалов в складе равновесную влажность сравнивают с приведенными в табл. 5.1 значениями для уточнения возможного срока хранения.

Допускается хранение пиломатериалов на открытом складе, если пакеты защищены с пяти сторон водонепроницаемой упаковкой, со сроками хранения, приведенными в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Категория качества сушки	W _к , %	Климатические зоны				W _{p-max} , %
		1-я	2-я	3-я	4-я	
I	10±2	май-июнь	апрель-июль	апрель-август	апрель-сентябрь	14
II	7±3	май, июнь*	май, июнь*	май-июнь	май-июль	12
II; III	10±3; 10±4	апрель-июль	апрель-август	апрель-август	апрель-сентябрь	15
II; III	15±3; 15±4	январь-октябрь	январь-октябрь	январь-ноябрь	январь-ноябрь	20

* Срок хранения в течение одного из указанных месяцев.

Например, для пиломатериалов, высушенных по I категории качества до влажности 10 %, установить допустимые месяцы и срок хранения на открытом складе, расположенном в Ленинградской области.

По ГОСТ 3808.1—85 определяем номер климатической зоны Ленинградской обл. — вторая.

Допускаемое время хранения по табл. 5.2 — с апреля по июль включительно, срок — 4 месяца.

Сроки хранения пиломатериалов в закрытом неотапливаемом складе приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Категория качества сушки	W _к , %	Климатические зоны				W _{p-max} , %
		1-я	2-я	3-я	4-я	
II	7±3	не допускается	не допускается	май, июль*	май, июль, июль*	11
I; II; III	10±2; 10±3; 10±4	май-июль	апрель-июль	апрель-август	апрель-сентябрь	14
II; III	15±3; 15±4	март-сентябрь	февраль-октябрь	февраль-ноябрь	февраль-ноябрь	19

* Срок хранения в течение одного из указанных месяцев.

Сроки хранения (табл. 5.3) соответствуют среднемесячным многолетним данным температуры и относительной влажности воздуха географических мест, относящихся к 1—4 климатическим зонам.

Если среднемесячная равновесная влажность W_p превышает табличное значение на 1 %, срок хранения не должен превышать 1 месяца.

Исходными данными для определения среднемесячной W_p являются среднемесячная температура воздуха, определяемая по долгосрочному месячному прогнозу, и среднемесячная относительная влажность воздуха, определяемая по многолетним данным, поскольку в настоящее время влажность воздуха не прогнозируется.

5.4. КОНТРОЛЬ ЗА ВЛАЖНОСТЬЮ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

При хранении (увлажнении) максимально допустимая влажность контролируется по нижним доскам (пакет в обертке) или по верхним (пакет без обертки) электровлагомером. Количество образцов не менее 3.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КАМЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В разделе приводится укрупненный метод расчета продолжительности сушки пиломатериалов, основанный на применении расчетных формул. Формулы записываются в виде произведения исходной продолжительности сушки на поправочные коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов. Исходную продолжительность сушки и поправочные коэффициенты находят по таблицам, составленным на основании расчетов по графоаналитическому методу (приложение 3). Укрупненный метод предназначен для производственных расчетов, связанных с определением производительности камер, календарным планированием работы сушильных цехов и т. п.

6.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ В КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ПРОЦЕССЕ*

Общая продолжительность сушки, включая начальный прогрев и влаготеплообработку, находится по формуле

$$\tau = \tau_{исх} \cdot A_p \cdot A_c \cdot A_n \cdot A_k \cdot A_z, \quad (1)$$

* Метод применим также и для камер непрерывного действия с отдельной циркуляцией по зонам.

где

$\tau_{исх}$ — исходная продолжительность собственно сушки пиломатериалов заданной породы и размеров нормальным режимом от начальной влажности 60 % до конечной 12 % в камерах с реверсивной циркуляцией средней интенсивности (расчетная скорость сушильного агента по материалу 1 м/с), ч;

$A_p, A_{ц}, A_{в}, A_{к}, A_{д}$ — коэффициенты, учитывающие категорию режимов сушки A_p , интенсивность циркуляции $A_{ц}$, начальную и конечную влажность $A_{в}$, качество сушки $A_{к}$, длину материала $A_{д}$.

Исходную продолжительность сушки $\tau_{исх}$ находят в зависимости от породы, толщины S_1 и ширины S_2 пиломатериалов по табл. 6.1.

Для коэффициента A_p установлены следующие значения: мягкие режимы — $A_p = 1,70$; нормальные — 1,00; форсированные — 0,80.

Коэффициент $A_{ц}$ находят в зависимости от произведения $\tau_{исх} \cdot A_p$ и скорости циркуляции сушильного агента по материалу $\omega_{мат}$ из табл. 6.2.

Таблица 6.2

Значения коэффициента $A_{ц}$ в формуле (1) для камер с реверсивной циркуляцией

Произведение $\tau_{исх} \cdot A_p$, ч	Скорость циркуляции $\omega_{мат}$ м/с							
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
20	3,14	1,80	1,00	0,78	0,63	0,54	0,49	0,46
40	2,30	1,65	1,00	0,81	0,67	0,59	0,54	0,52
60	2,03	1,58	1,00	0,84	0,72	0,64	0,60	0,58
80	1,76	1,42	1,00	0,85	0,76	0,72	0,68	0,67
100	1,56	1,32	1,00	0,88	0,81	0,79	0,78	0,77
140	1,31	1,15	1,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,86
180	1,15	1,10	1,00	0,96	0,93	0,94	0,93	0,92
220 и более	1,08	1,05	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Примечание. При нереверсивной циркуляции табличный коэффициент $A_{ц}$ умножается на 1,1.

В тех случаях, когда $\omega_{мат}$ неизвестна, для приближенных предварительных расчетов ее можно принимать следующей: для камер в строительных ограждениях:

- с естественной циркуляцией — 0,2 м/с;
- с циркуляцией слабой интенсивности (например, ЦНИИМОД-39) — 0,5 м/с;
- с циркуляцией средней интенсивности (например,

Таблица 6.1

Исходная продолжительность сушки пиломатериалов, ч, в камерах периодического действия при низкотемпературном процессе

Толщина пиломатериалов S_1 , мм	Ширина пиломатериалов S_2 , мм				Толщина пиломатериалов S_1 , мм	Ширина пиломатериалов S_2 , мм				Лиственница	Береза, ольха
	40—50	60—70	80—100	110—130		140—180	110—130	140—180	более 180 и для необрезных		
До 16	23	25	26	27	16	58	63	64	67	68	39
19	29	31	32	33	19	68	72	74	77	77	48
22	34	37	39	39	22	75	80	83	86	87	55
25	45	50	53	55	25	83	88	91	92	93	84
32	59	63	68	72	32	94	99	104	108	110	94
40	71	79	84	86	40	113	129	144	157	166	107
50	93	99	100	104	50	182	182	224	256	279	158
60	103	114	122	125	60	235	235	304	361	400	249
70	147	161	178	178	70	431	431	521	585	635	377
75	156	177	197	197	75	466	466	574	650	737	420
100	340	340	354	379	100	432	432	511	600	714	463
До 16	29	31	33	34	16	36	37	37	38	39	39
19	36	38	39	40	19	44	45	47	47	48	48
22	43	45	47	53	22	50	51	53	54	55	55
25	59	62	64	66	25	67	73	78	81	83	84
32	73	80	84	88	32	81	81	88	91	92	94
40	81	87	93	96	40	96	96	100	101	105	107
50	98	109	116	116	50	115	115	130	141	149	158
60	128	140	152	164	60	155	155	187	213	231	249
75	112	112	253	282	75	311	344	377	420	463	514

Толщина пиломатериалов, S_1 , мм	Ширина пиломатериалов S_2 , мм					Толщина пиломатериалов, S_3 , мм	Ширина пиломатериалов S_4 , мм					более 180 и для необрезных	
	Ширина пиломатериалов S_2 , мм						Толщина пиломатериалов, S_3 , мм	Ширина пиломатериалов S_4 , мм					
	40-50	60-70	80-100	110-130	140-180			40-50	60-70	80-100	110-130		140-180
До 16	58	59	61	63	63	16	84	85	85	87	87	88	
19	65	68	71	73	73	19	88	91	94	96	96	97	
22	73	77	80	81	82	22	97	101	104	105	106	107	
25	91	94	96	99	101	25	117	125	132	136	138	140	
32	102	109	116	118	120	32	146	173	193	206	214	221	
40	114	126	140	152	159	40	183	234	269	293	307	321	
50		170	199	225	239	50		365	431	488	520	551	
60		250	286	339	367	60		562	679	777	841	905	
75			591	657	728	75		1086	1209	1340	1483		

Дуб, орех, граб

Бук, клен, берест, ясень, ильм

ЦНИИМОД-23, ВИАМ, эжекционные Гипродревпрома) — 1 м/с; с циркуляцией повышенной интенсивности (например, ВК-4, СПЛК-2) — 2 м/с.
 для сборно-металлических:
 с нереверсивной циркуляцией (например, СКД) — 2 м/с;
 с реверсивной циркуляцией (например, СПВ-62, УЛ-1, УЛ-2, СПМ-2К) — 2,5 м/с.
 Коэффициент A_n , зависящий от начальной W_n и конечной W_k влажности, определяют по табл. 6.3.

Таблица 6.3

Значения коэффициента A_n в формуле (6.1)

Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность W_k , %											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
120	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
100	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,65	1,75
90	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	0,86	0,93	1,00	1,09	1,18	1,23	1,29	1,35	1,43	1,51	1,61
70	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	0,96	1,05	1,10	1,16	1,23	1,30	1,38	1,48
60	0,62	0,68	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	0,69	0,77	0,85	0,94	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,38
50	0,51	0,57	0,63	0,71	0,79	0,89	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	0,80	0,86	0,93	1,00	1,08	1,18
35	0,29	0,35	0,43	0,49	0,57	0,66	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	0,68	0,75	0,82	0,90	1,00
28	0,15	0,21	0,27	0,35	0,43	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	0,86	0,96
26	0,10	0,16	0,23	0,31	0,38	0,48	0,54	0,59	0,66	0,73	0,82	0,91
24	0,06	0,11	0,18	0,27	0,33	0,43	0,49	0,54	0,61	0,68	0,77	0,86
22	—	0,06	0,13	0,22	0,28	0,38	0,43	0,49	0,56	0,63	0,71	0,81
20	—	—	0,07	0,14	0,22	0,32	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75

Коэффициент A_n , учитывающий длительность влагообработки и кондиционирования древесины в камере, имеет следующие значения: I категория качества — 1,2; II категория — 1,15; III — 1,05; 0 — 1,00.

Коэффициент A_1 для заготовок находят в зависимости от отношения длины материала L к ее толщине S_1 по табл. 6.4. Для пиломатериалов $A_1 = 1$.

Таблица 6.4

Отношение длины заготовок L к ее толщине S ₁	Значения коэффициента A _д								
	≥ 10	35	30	25	20	15	10	7	5
A _д	1	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,80	0,7	0,6

Если заданные для расчетов определяющие факторы имеют промежуточные, не указанные в табл. 6.1—6.4 значения, исходную продолжительность сушки и коэффициенты A_ц, A_в находят по таблицам путем интерполяции.

Пример 1. Определить продолжительность сушки нормальным режимом сосновых обрезных заготовок сечением 40 × 160 мм длиной 1 м по II категории качества от начальной влажности 60 % до конечной 8 % в эжекционной камере Гипродревпрома (реверсивная циркуляция, ω_{мат} = 1 м/с).

Продолжительность сушки $\tau = \tau_{исх} \cdot A_p \cdot A_{ц} \cdot A_k \cdot A_v \cdot A_d$. Находим: $\tau_{исх} = 88$ ч (табл. 6.1); A_p = 1,00; A_ц = 1,00 (табл. 6.2); A_k = 1,15; A_v = 1,25 (табл. 6.3); A_д = 0,93 (табл. 6.4). Отсюда

$$\tau = 88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 0,93 = 117,6 \text{ ч.}$$

Пример 2. Определить продолжительность сушки форсированным режимом еловых необрезных пиломатериалов толщиной 50 мм длиной 6 м по III категории качества от начальной влажности 80 % до конечной 10 % в камере СПЛК-2 (реверсивная циркуляция, ω_{мат} = 2 м/с). Находим: $\tau_{исх} = 105$ ч. (табл. 6.1); A_p = 0,8; произведение $\tau_{исх} \cdot A_p = 105 \cdot 0,8 = 84$; A_ц = 0,77 (по табл. 6.2 с интерполяцией); A_v = 1,29 (табл. 6.3); A_k = 1,05; A_д = 1 (табл. 6.4). Отсюда

$$\tau = 105 \cdot 0,8 \cdot 0,77 \cdot 1,29 \cdot 1,05 \cdot 1 = 87,5 \text{ ч.}$$

6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ В КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ПРОЦЕССЕ

Общая продолжительность сушки, включая начальный прогрев и влаготеплообработку, определяется по формуле

$$\tau = \tau_{исх} \cdot A_{п} \cdot A_{ц} \cdot A_v \cdot A_{т} \cdot A_{д} \cdot A_{к}, \quad (2)$$

где $\tau_{исх}$ — исходная продолжительность собственно сушки сосновых пиломатериалов заданных размеров стандартным высокотем-

пературным режимом от начальной влажности 60 % до конечной 12 % в камерах с реверсивной циркуляцией при скорости сушильного агента по материалу 2 м/с, ч; A_п, A_ц, A_в, A_т, A_д, A_к — коэффициенты, учитывающие породу древесины (A), интенсивность циркуляции (A_ц), начальную и конечную влажность (A_в), фактическую температуру сушильного агента, если она отличается от заданной по режиму (A_т), длину материала (A_д), качество сушки (A_к).

Исходную продолжительность сушки $\tau_{исх}$ находят в зависимости от толщины S₁ и ширины S₂ пиломатериалов по табл. 6.5.

Таблица 6.5

Исходная продолжительность сушки $\tau_{исх}$ пиломатериалов, ч, в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе

Толщина пиломатериалов S ₁ , мм	Ширина пиломатериалов S ₂ , мм					
	40—50	60—70	80—100	110—130	140—180	более 180 и для необрезных
19	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
22	5,5	5,7	6,0	6,2	6,4	6,8
25	6,5	7,0	7,4	7,9	8,3	8,8
32	9,5	11,0	11,6	12,5	13,5	14,3
40	14,7	16,2	17,7	19,4	20,4	21,5
50	—	25,5	28,7	32,5	34,5	37,0
60	—	40,0	45,0	52,0	57,3	61,6

Установлены следующие значения коэффициента A_п: для ели, сосны, пихты, кедра — 1,0; осины — 1,1; березы — 1,4; лиственницы — 4,0.

Коэффициент A_ц при реверсивной циркуляции принимают в зависимости от скорости сушильного агента по материалу ω_{мат} равным: 1,0 м/с — 1,4; 1,5 м/с — 1,18; 2,0 м/с — 1,00; 2,5 м/с — 0,85; 3,0 м/с — 0,76; 3,5 м/с — 0,70.

При нереверсивной циркуляции приведенные значения умножаются на 1,1.

Коэффициент A_в, зависящий от начальной и конечной влажности, определяют по табл. 6.6.

Значения коэффициента A_2 в формуле (2)

Начальная влажность $W_n, \%$	Конечная влажность $W_k, \%$											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
120	1,98	2,01	2,05	2,09	2,14	2,20	2,24	2,29	2,34	2,40	2,47	2,57
110	1,78	1,81	1,85	1,89	1,94	2,00	2,04	2,09	2,14	2,20	2,27	2,37
100	1,58	1,61	1,65	1,69	1,74	1,80	1,84	1,89	1,94	2,00	2,07	2,17
90	1,38	1,41	1,45	1,49	1,54	1,60	1,64	1,69	1,74	1,80	1,87	1,97
80	1,18	1,21	1,25	1,29	1,34	1,40	1,44	1,49	1,54	1,60	1,67	1,77
70	0,98	1,01	1,05	1,09	1,14	1,20	1,24	1,29	1,34	1,40	1,47	1,57
65	0,88	0,91	0,95	0,99	1,04	1,10	1,14	1,19	1,24	1,30	1,37	1,47
60	0,78	0,81	0,85	0,89	0,94	1,00	1,04	1,09	1,14	1,20	1,27	1,37
55	0,68	0,71	0,75	0,79	0,84	0,90	0,94	0,99	1,04	1,10	1,17	1,27
50	0,58	0,61	0,65	0,69	0,74	0,80	0,84	0,89	0,94	1,00	1,07	1,17
45	0,48	0,51	0,55	0,59	0,64	0,70	0,74	0,79	0,84	0,90	0,97	1,07
40	0,38	0,41	0,45	0,49	0,54	0,60	0,64	0,69	0,74	0,80	0,87	0,97
35	0,28	0,31	0,35	0,39	0,44	0,50	0,54	0,59	0,64	0,70	0,77	0,87
30	0,18	0,21	0,25	0,29	0,34	0,40	0,44	0,49	0,54	0,60	0,67	0,77
28	0,14	0,17	0,21	0,25	0,30	0,36	0,40	0,45	0,50	0,56	0,63	0,73
26	0,10	0,13	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,41	0,46	0,52	0,59	0,69
24	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	0,55	0,65
22	—	0,05	0,09	0,13	0,18	0,24	0,28	0,33	0,38	0,44	0,51	0,61
20	—	—	0,04	0,08	0,13	0,19	0,23	0,28	0,33	0,39	0,46	0,56

Коэффициент A_2 , учитывающий отклонения фактической температуры сушильного агента на первой и второй ступенях процесса $t_{с.ф.}$ от температуры, нормированной стандартным режимом сушки $t_{с.н.}$, рассчитывают по формуле

$$A_2 = \frac{A_{T1} \cdot \Delta W_1 + A_{T2} \cdot \Delta W_2}{W_n - W_k}, \quad (3)$$

где A_{T1} и A_{T2} — составляющие коэффициенты, характеризующие первую и вторую ступень режима; находят их по диаграммам (рис. 6.1);

ΔW_1 — разность между начальной и переходной влажностью ($\Delta W_1 = W_n - 20 \%$);

ΔW_2 — разность между переходной и конечной влажностью ($\Delta W_2 = 20 - W_k, \%$).

Коэффициент A_3 для заготовок находят в зависимости от отношения длины материала L к его толщине S_1 по табл. 6.4. Для пиломатериалов $A_3 = 1$.

Коэффициент A_4 , учитывающий длительность влаготеплообработки и кондиционирования, а также время подъема температуры и подсушки материала, определяют по табл. 6.7 в зависи-

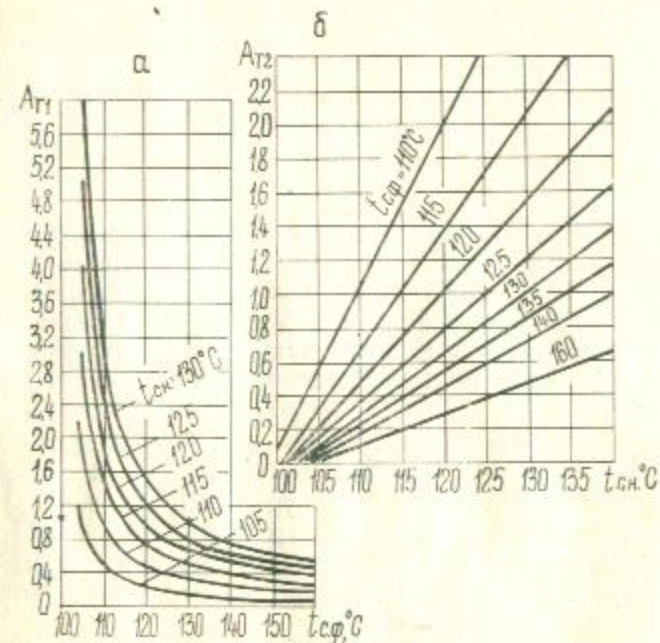


Рис. 6.1. Диаграммы для определения коэффициентов A_{T1} и A_{T2} для первой (а) и второй (б) ступеней процесса.

мости от категории качества, толщины материала и производства

$$\tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_v \cdot A_T \cdot A_d.$$

Таблица 6.7

Значения коэффициента A_4 в формуле (2)

$\tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_v \cdot A_T \cdot A_d, ч$	A_4 при толщине $S_1, мм$		$\tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_v \cdot A_T \cdot A_d, ч$	A_4 при толщине $S_1, мм$	
	19—35	40—60		19—35	40—60
1,0	10,0	13,0	9,0	2,0	2,3
1,5	7,0	9,0	10,0	1,90	2,20
2,0	5,5	7,0	12,0	1,75	2,00
2,5	4,6	5,8	14,0	1,65	1,85
3,0	4,0	5,0	16,0	1,55	1,75
3,5	3,6	4,5	18,0	1,50	1,65
4,0	3,2	4,0	20,0	1,45	1,60
5,0	2,8	3,4	30,0	1,30	1,40
6,0	2,5	3,0	40,0	1,20	1,30
7,0	2,3	2,7	60,0	1,15	1,20
8,0	2,1	2,5	100 и более	1,10	1,12

Примечание. В табл. 6.7 указаны значения A_k для материала III категории качества. Для материала I и II категории качества они умножаются на 1,05.

Если заданные для расчетов определяющие факторы имеют промежуточные, не приведенные в таблицах значения, исходную продолжительность сушки и коэффициенты A_n , A_u , A_b , A_k находят по таблицам путем интерполяции.

Пример 3. Определить продолжительность сушки высокотемпературным режимом сосновых досок сечением 50×130 мм длиной 3 м по III категории качества от начальной влажности 100 % до конечной влажности 8 % в камере с реверсивной циркуляцией при скорости агента сушки по материалу 2,5 м/с. Фактическое состояние сушильного агента соответствует стандартному режиму.

Применяем формулу (2): $\tau = \tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_b \cdot A_t \cdot A_d \cdot A_k$.
Находим: $\tau_{исх} = 32,5$ ч (табл. 6.5); $A_n = 1,0$; $A_u = 0,85$; $A_b = 2,00$ (табл. 6.6); $A_t = 1$ (по условиям примера); $A_d = 1$. Тогда $\tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_b \cdot A_t \cdot A_d$ равно $32,5 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 2,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 55,2$, чему соответствует коэффициент $A_k = 1,22$ (по табл. 6.7 с интерполяцией). Отсюда искомая продолжительность сушки $\tau = 55,2 \cdot 1,22 = 67,4$ ч.

Пример 4. Определить продолжительность сушки по условиям примера 3., но при температуре сушильного агента, отклоняющейся от регламентируемой стандартным режимом: по стандартному режиму $t_{1н} = 110^\circ\text{C}$, $t_{2н} = 118^\circ\text{C}$, фактически $t_{1ф} = 107^\circ\text{C}$, $t_{2ф} = 112^\circ\text{C}$.

Находим по рис. 6.1 значения коэффициентов A_{t1} и A_{t2} : $A_{t1} = 1,4$; $A_{t2} = 1,6$.

Вычисляем $A_t = \frac{\Delta W_1 \cdot A_{t1} + \Delta W_2 \cdot A_{t2}}{W_n - W_k} = \frac{(100-20) \cdot 1,4 + (20-8) \cdot 1,6}{100-8} = 1,42$. Значения $\tau_{исх}$ и коэффициентов A_n , A_u , A_b и A_d остаются такими же, как в примере 3.

Находим произведение $\tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_b \cdot A_t \cdot A_d = 32,5 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 2,00 \cdot 1,42 \cdot 1,0 = 78,5$; новое значение коэффициента $A_k = 1,16$ (табл. 6.6); продолжительность сушки $= 78,5 \cdot 1,16 = 91$ ч.

6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ В КАМЕРАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

По принципу работы и характеру циркуляции агента сушки камеры непрерывного действия делятся на камеры с позонной поперечной циркуляцией и противоточные камеры.

В камерах с позонной циркуляцией в загрузочном конце поддерживается состояние сушильного агента по первой ступени, а в разгрузочном — по третьей ступени стандартных режимов суш-

ки. Продолжительность сушки пиломатериалов в этих камерах определяется по формуле (1) и рекомендациям подраздела 6.1.

В противоточных камерах непрерывного действия продолжительность сушки, включая начальный прогрев и влаготеплообработку (когда она проводится в камере), находят по формуле

$$\tau = \tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_u \cdot A_b \cdot A_k, \quad (4)$$

где $\tau_{исх}$ — исходная продолжительность сушки сосновых пиломатериалов заданных размеров от начальной влажности 60 % до конечной 12 % в камерах с поперечной штабелевкой при объеме циркулирующего сушильного агента, обеспечивающем минимальную себестоимость процесса при сохранении целостности материала, ч.;

A_n, A_u, A_b, A_k — коэффициенты, учитывающие породу древесины A_n интенсивность циркуляции A_u , начальную и конечную влажность A_b , качество сушки A_k .

Исходную продолжительность сушки $\tau_{исх}$ находят в зависимости от категории режимов, а также толщины S_1 и ширины S_2 пиломатериалов из табл. 6.8.

Установлены следующие значения коэффициента A_n : ель, пихта — 0,90; сосна, кедр — 1,00; осина — 1,10; береза — 1,45; лиственница — 2,3*.

Коэффициент A_u для обрезного материала находят по табл. 6.9 в зависимости от толщины материала S_1 , конструкции камер, категории режимов сушки и расчетной скорости циркуляции ($\omega_{габ.р}$, м/с), которая представляет собой отношение секундной производительности циркуляционных вентиляторов ($V_{в.с}$, м³/с) к площади габаритного сечения штабеля ($F_{габ.}$, м²), перпендикулярного направлению в нем сушильного агента,

$$\omega_{габ.р} = \frac{V_{в.с}}{F_{габ.}}. \quad (5)$$

Для необрезного материала табличные значения коэффициента A_n умножают на поправочный коэффициент из табл. 6.10.

Производительность вентиляторов определяют непосредственными измерениями скорости сушильного агента в циркуляционном канале или (для ориентировочных расчетов) принимают по паспортной характеристике вентиляторной установки.

* Коэффициент A_n для лиственницы в связи с недостатком опытов ее сушки в камерах непрерывного действия является ориентировочным и может уточняться по результатам опытных сушек на конкретном предприятии.

Исходная продолжительность сушки пиломатериалов, ч,
в противоточных камерах непрерывного действия (сосна)

Толщина пиломатериалов S_1 , мм	$t_{исх}$ при ширине пиломатериалов S_2 , мм					более 180 мм для необрезны
	40—50	60—70	80—100	110—130	140—180	
Мягкие режимы						
До 16	27	29	31	32	32	33
19	35	39	42	43	45	46
22	42	48	52	53	55	57
25	48	56	62	64	66	68
32	61	72	80	86	90	93
40	72	90	112	121	126	132
50		112	133	148	160	169
60		130	168	190	201	216
70			203	237	256	286
75			220	265	290	319
Нормальные режимы						
До 16	16	17	18	18	18	18
19	21	22	24	24	25	26
22	25	28	30	31	32	32
25	29	32	35	37	38	39
32	36	42	46	48	50	52
40	41	51	59	63	65	68
50		63	74	81	87	92
60		75	90	102	110	118
70			107	125	136	148
75			116	138	149	163
Форсированные режимы						
До 16	11	12	12	13	13	13
19	14	15	16	16	17	17
22	17	19	20	21	21	22
25	20	22	24	24	25	27
32	26	30	33	35	36	37
40	32	38	45	48	50	52
50		49	57	62	66	70
60		59	72	82	86	93
70			87	100	108	118
75			94	111	121	132

Значение коэффициента $A_{ц}$ в формуле (4)
для камер различной конструкции

Толщина пиломатериалов S_1 , мм	С поперечной штабелюшкой и прямолинейной циркуляцией				С зигзагообразной циркуляцией				С продольной штабелюшкой и прямолинейной циркуляцией	
	скорость $v_{габ.р.}$ м/с	$A_{ц}$ при режимах			скорость $v_{габ.р.}$ м/с	$A_{ц}$ при режимах			скорость $v_{габ.р.}$ м/с	$A_{ц}$ при нормальных режимах
		мягких	нормальных	форсированных		мягких	нормальных	форсированных		
16	0,6	1,94	2,24	2,80	0,3	2,30	2,60	—	0,9	1,89
	0,8	1,50	1,71	2,40	0,4	1,62	1,88	—	1,0	1,64
	1,0	1,18	1,37	1,97	0,5	1,36	1,44	2,60	1,2	1,32
	1,2	0,97	1,12	1,68	0,6	1,15	1,22	1,99	1,4	1,10
	1,4	0,85	0,95	1,44	0,7	1,00	1,14	1,65	1,6	0,97
	1,6	0,77	0,84	1,26	0,8	0,90	0,91	1,43	2,0	0,79
	2,0	0,71	0,66	0,97	0,9	0,83	0,80	1,27	2,4	0,64
	2,8	0,68	0,49	0,72	1,0	0,78	0,72	1,15	2,8	0,53
22	0,6	1,77	1,94	2,47	0,2	3,0	—	—	0,9	1,61
	0,8	1,32	1,45	2,03	0,3	1,85	2,20	—	1,0	1,43
	1,0	1,03	1,16	1,68	0,4	1,39	1,60	2,90	1,2	1,17
	1,2	0,88	0,95	1,41	0,5	1,12	1,20	1,86	1,4	1,01
	1,4	0,80	0,81	1,18	0,6	0,97	1,03	1,47	1,6	0,90
	1,6	0,77	0,71	1,01	0,7	0,86	0,90	1,27	2,0	0,73
	2,0	0,72	0,56	0,80	0,8	0,79	0,78	1,13	2,4	0,60
	2,8	0,70	0,48	0,67	0,9	0,75	0,70	1,03	2,8	0,52
32	0,6	1,46	1,68	2,20	0,2	2,40	—	—	0,9	1,36
	0,8	1,07	1,27	1,75	0,3	1,48	1,94	2,80	1,0	1,21
	1,0	0,93	1,00	1,40	0,4	1,11	1,32	1,80	1,2	1,04
	1,2	0,88	0,84	1,16	0,5	0,95	1,05	1,39	1,4	0,94
	1,4	0,86	0,75	0,98	0,6	0,86	0,92	1,15	1,6	0,88
	1,6	0,84	0,72	0,90	0,7	0,82	0,84	1,03	2,0	0,80
	2,0	0,80	0,68	0,80	0,8	0,80	0,80	0,94	2,4	0,74
	2,8	0,77	0,66	0,76	0,9	0,80	0,76	0,88	2,8	0,69
40	0,6	1,25	1,58	2,01	0,2	2,00	—	—	0,9	1,27
	0,8	0,99	1,18	1,57	0,3	1,26	1,77	2,40	1,0	1,15
	1,0	0,90	0,96	1,24	0,4	1,01	1,22	1,59	1,2	1,06
	1,2	0,87	0,85	1,04	0,5	0,93	0,97	1,22	1,4	0,93
	1,4	0,85	0,80	0,94	0,6	0,88	0,89	1,06	1,6	0,89
	1,6	0,83	0,76	0,88	0,7	0,85	0,83	0,98	2,0	0,84
2,0	0,82	0,73	0,82	0,8	0,84	0,81	0,92	2,4	0,80	
50	0,4	1,53	2,29	2,73	—	—	—	—	—	—
	0,6	1,04	1,50	1,82	0,2	1,65	—	—	0,9	1,17
	0,80	0,92	1,10	1,40	0,3	1,08	1,60	2,00	1,0	1,06
	1,0	0,88	0,93	1,08	0,4	0,94	1,10	1,36	1,2	0,96
	1,2	0,86	0,86	0,96	0,5	0,90	0,91	1,11	1,4	0,92
	1,4	0,85	0,83	0,90	0,6	0,88	0,86	0,99	1,6	0,90
1,6	0,84	0,80	0,86	0,7	0,88	0,84	0,93	2,0	0,86	
2,0	0,83	0,76	0,83	0,8	0,87	0,83	0,88	2,4	0,84	

Толщина пиломатериала S_1 , мм	С поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией				С зигзагообразной циркуляцией				С продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией		
	скорость v габ.р. м/с	$A_{ц}$ при режимах			скорость v габ.р. м/с	$A_{ц}$ при режимах			скорость v габ.р. м/с	$A_{ц}$ при нормальных режимах	
		мягких	нормальных	форсированных		мягких	нормальных	форсированных			
60	0,4	1,22	2,13	2,49					0,9	1,12	
	0,6	0,94	1,40	1,65	0,2	1,35	2,60	2,80	1,0	1,03	
	0,8	0,89	1,04	1,27	0,3	0,99	1,45	1,76	1,2	0,95	
	1,0	0,86	0,92	1,00	0,4	0,91	1,04	1,26	1,4	0,91	
	1,2	0,85	0,89	0,92	0,5	0,89	0,92	1,06	1,6	0,90	
	1,4	0,84	0,85	0,89	0,6	0,88	0,88	0,96	2,0	0,87	
	1,6	0,84	0,82	0,85	0,7	0,87	0,86	0,91	2,4	0,85	
	2,0	0,83	0,78	0,83	0,8	0,87	0,86	0,90			
	75	0,2	1,93	3,48	4,48					0,9	1,04
		0,4	0,99	1,95	2,28					1,0	0,98
0,6		0,88	1,27	1,45	0,2	1,06	2,07	2,50	1,2	0,93	
0,8		0,85	0,98	1,11	0,3	0,92	1,23	1,55	1,4	0,91	
1,0		0,85	0,92	0,96	0,4	0,88	1,01	1,12	1,6	0,90	
1,2		0,84	0,90	0,91	0,5	0,88	0,94	0,99	2,0	0,88	
1,4		0,84	0,86	0,88	0,6	0,87	0,91	0,93	2,4	0,86	
1,6		0,84	0,84	0,85	0,7	0,87	0,90	0,90			
2,0		0,83	0,80	0,84	0,8	0,87	0,89	0,90			

Таблица 6.10

Поправочный коэффициент к величине $A_{ц}$ для необрезного материала

Скорость v габ.р. м/с	Толщина пиломатериалов S_1 (мм) при режимах					
	мягких			нормальных и форсированных		
	до 25	32—40	50 и более	до 25	32—40	50 и более
0,4	0,61	0,74	0,86	0,57	0,57	0,64
0,6	0,68	0,80	0,90	0,63	0,64	0,76
0,8	0,73	0,86	0,93	0,65	0,82	0,82
1,0	0,80	0,91	0,95	0,67	0,76	0,88
1,2	0,84	0,94	0,97	0,72	0,82	0,92
1,4	0,88	0,96	0,98	0,75	0,88	0,95
1,6	0,90	0,97	0,99	0,80	0,91	0,97
2,0	0,95	0,99	1,00	0,85	0,96	1,00
2,8	1,00	1,00	1,00	0,90	0,98	1,00

Коэффициент A_n определяют в зависимости от начальной W_n и конечной W_k влажности, а также толщины пиломатериалов S_1 и категории режимов сушки по табл. 6.11.

Таблица 6.11

Значения коэффициента A_n в формуле (4)

Начальная влажность W_n , %	Толщина пиломатериалов S_1 , мм	Нормальные и форсированные режимы					Мягкие режимы			
		конечная влажность W_k , %								
		8	10	12	18	20—22	10—12	18	20—22	
120	16	2,30	2,23	2,20	2,20	2,20	1,84	1,72	1,65	
	19	2,22	2,14	2,09	2,06	2,06	1,70	1,54	1,46	
	22	2,14	2,06	2,00	1,96	1,94	1,60	1,41	1,32	
	25	2,08	1,99	1,92	1,86	1,83	1,54	1,33	1,23	
	32	1,98	1,87	1,78	1,66	1,64	1,46	1,22	1,13	
	40	1,91	1,77	1,68	1,52	1,49	1,43	1,18	1,08	
	50	1,81	1,68	1,57	1,39	1,32	1,43	1,18	1,08	
	60 и более	1,69	1,58	1,43	1,19	1,15	1,43	1,18	1,08	
	110	16	2,09	1,01	1,99	1,99	1,99	1,70	1,58	1,51
		19	2,03	1,95	1,91	1,87	1,87	1,59	1,43	1,35
22		1,98	1,89	1,84	1,79	1,71	1,52	1,32	1,23	
25		1,93	1,85	1,77	1,71	1,69	1,46	1,26	1,15	
32		1,86	1,76	1,66	1,55	1,50	1,41	1,17	1,07	
40		1,80	1,68	1,57	1,43	1,39	1,38	1,11	1,03	
50		1,74	1,60	1,50	1,32	1,25	1,38	1,11	1,03	
60 и более		1,61	1,45	1,35	1,12	1,05	1,38	1,11	1,03	
100		16	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,56	1,44	1,37
		19	1,84	1,77	1,72	1,69	1,69	1,48	1,32	1,24
	22	1,80	1,72	1,66	1,61	1,60	1,41	1,22	1,13	
	25	1,78	1,69	1,62	1,55	1,53	1,37	1,16	1,06	
	32	1,74	1,63	1,54	1,42	1,40	1,33	1,09	1,00	
	40	1,70	1,57	1,47	1,32	1,28	1,31	1,06	0,96	
	50	1,65	1,52	1,41	1,23	1,16	1,31	1,06	0,96	
	60 и более	1,58	1,43	1,32	1,08	1,00	1,31	1,06	0,96	
	90	16	1,69	1,63	1,59	1,59	1,59	1,42	1,30	1,22
		19	1,66	1,59	1,54	1,50	1,50	1,35	1,19	1,11
22		1,64	1,56	1,50	1,44	1,44	1,31	1,12	1,03	
25		1,63	1,55	1,47	1,41	1,39	1,29	1,08	1,07	
32		1,62	1,51	1,42	1,30	1,27	1,26	1,01	0,94	
40		1,59	1,46	1,36	1,22	1,18	1,25	1,00	0,89	
50		1,55	1,42	1,31	1,14	1,07	1,25	1,00	0,89	
60 и более		1,54	1,38	1,28	1,05	0,97	1,25	1,00	0,89	
80		16	1,50	1,43	1,40	1,40	1,40	1,28	1,16	1,09
		19	1,49	1,42	1,37	1,34	1,34	1,23	1,07	0,99
	22	1,48	1,40	1,34	1,29	1,28	1,21	1,02	0,93	

Продолжение табл. 6.11

Начальная влажность $W_n, \%$	Толщина пиломатериалов $S_1, \text{мм}$	Нормальные и форсированные режимы					Мягкие режимы			
		конечная влажность $W_k, \%$					10-12	18	20-22	
		8	10	12	18	20-22				
70	25	1,48	1,39	1,32	1,25	1,23	1,20	0,99	0,89	
	32	1,48	1,37	1,28	1,18	1,14	1,18	0,94	0,85	
	40	1,47	1,35	1,25	1,11	1,06	1,18	0,93	0,83	
	50	1,45	1,32	1,21	1,03	0,96	1,18	0,93	0,83	
	60 и более	1,44	1,29	1,18	0,95	0,87	1,18	0,93	0,83	
	16	1,31	1,23	1,21	1,20	1,19	1,14	1,02	0,95	
	19	1,31	1,22	1,19	1,16	1,14	1,12	0,96	0,88	
	22	1,32	1,23	1,17	1,12	1,11	1,01	0,92	0,82	
	25	1,32	1,24	1,16	1,10	1,07	1,11	0,90	0,80	
	32	1,33	1,22	1,13	1,03	1,00	1,10	0,86	0,77	
60	40	1,34	1,23	1,12	0,99	0,94	1,10	0,85	0,74	
	50	1,35	1,22	1,11	0,93	0,86	1,10	0,85	0,74	
	60 и более	1,37	1,22	1,11	0,89	0,80	1,10	0,85	0,74	
	16	1,10	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,81	
	19	1,12	1,05	1,00	0,98	0,97	1,00	0,84	0,76	
	22	1,14	1,06	1,00	0,95	0,94	1,00	0,81	0,72	
	25	1,16	1,07	1,00	0,93	0,91	1,00	0,79	0,69	
	32	1,20	1,09	1,00	0,88	0,86	1,00	0,76	0,67	
	40	1,23	1,11	1,00	0,85	0,81	1,00	0,75	0,65	
	50	1,24	1,11	1,00	0,82	0,75	1,00	0,75	0,65	
50	60 и более	1,26	1,11	1,00	0,78	0,69	1,00	0,75	0,65	
	16	0,89	0,83	0,79	0,79	0,79	0,86	0,74	0,68	
	19	0,91	0,85	0,81	0,78	0,78	0,87	0,71	0,64	
	22	0,98	0,89	0,84	0,77	0,77	0,89	0,71	0,60	
	25	1,00	0,91	0,84	0,77	0,74	0,89	0,69	0,58	
	32	1,05	0,95	0,85	0,74	0,71	0,89	0,65	0,55	
	40	1,11	0,99	0,88	0,72	0,68	0,88	0,64	0,54	
	50	1,13	0,90	0,89	0,71	0,64	0,88	0,64	0,54	
	60 и более	1,15	1,00	0,89	0,66	0,57	0,88	0,64	0,54	
	40	16	0,69	0,64	0,59	0,59	0,59	0,71	0,59	0,52
19		0,75	0,67	0,63	0,59	0,59	0,73	0,58	0,50	
22		0,79	0,71	0,65	0,60	0,57	0,75	0,57	0,47	
25		0,83	0,73	0,67	0,60	0,57	0,75	0,54	0,43	
32		0,89	0,80	0,69	0,59	0,56	0,75	0,51	0,42	
40		0,96	0,83	0,73	0,58	0,53	0,74	0,50	0,39	
50		0,99	0,85	0,75	0,57	0,51	0,74	0,50	0,39	
60 и более		1,01	0,86	0,75	0,53	0,43	0,74	0,50	0,39	
30		16	0,50	0,43	0,40	0,40	0,40	0,54	0,42	0,35
		19	0,55	0,48	0,43	0,40	0,40	0,56	0,40	0,32
	22	0,59	0,51	0,45	0,40	0,39	0,57	0,38	0,29	

Продолжение табл. 6.11

Начальная влажность $W_n, \%$	Толщина пиломатериалов $S_1, \text{мм}$	Нормальные и форсированные режимы					Мягкие режимы		
		конечная влажность $W_k, \%$							
		8	10	12	18	20-22	10	18	20-22
25	25	0,63	0,54	0,47	0,40	0,38	0,57	0,36	0,26
	32	0,72	0,61	0,52	0,40	0,37	0,57	0,33	0,24
	40	0,78	0,65	0,55	0,40	0,36	0,57	0,32	0,22
	50	0,81	0,68	0,57	0,39	0,32	0,57	0,32	0,22
	60 и более	0,83	0,68	0,57	0,33	0,26	0,57	0,32	0,22
	16	0,39	0,32	0,29	0,29	—	0,40	0,28	—
	19	0,43	0,36	0,31	0,29	—	0,42	0,26	—
	22	0,48	0,40	0,34	0,29	—	0,44	0,25	—
	25	0,52	0,43	0,36	0,29	—	0,46	0,23	—
	32	0,60	0,49	0,40	0,28	—	0,47	0,23	—
20	40	0,65	0,54	0,43	0,28	—	0,47	0,22	—
	50	0,68	0,55	0,44	0,26	—	0,47	0,22	—
	60 и более	0,71	0,56	0,45	0,23	—	0,47	0,22	—
	16	0,30	0,23	0,20	0,20	—	0,27	0,15	—
	19	0,34	0,27	0,22	0,20	—	0,30	0,14	—
	22	0,38	0,30	0,24	0,19	—	0,31	0,12	—
	25	0,42	0,33	0,26	0,19	—	0,32	0,11	—
	32	0,49	0,38	0,29	0,17	—	0,32	0,08	—
	40	0,53	0,41	0,30	0,15	—	0,32	0,07	—
	50	0,56	0,43	0,32	0,14	—	0,32	0,07	—
60 и более	0,58	0,43	0,32	0,10	—	0,32	0,07	—	

Коэффициент A_k , учитывающий длительность влаготеплообработки при наличии специального отсека, примыкающего к разгрузочному концу камеры, равен

$$A_k = \frac{n_{\text{общ.}}}{n_{\text{общ.}} - n_{\text{отс.}}} \quad (6)$$

где $n_{\text{общ.}}$ — общее число штабелей в камере;
 $n_{\text{отс.}}$ — число штабелей в отсеке.

При отсутствии отсека для влаготеплообработки значение A_k принимают в соответствии с категорией качества по рекомендациям для камер периодического действия.

Если заданные для расчетов определяющие факторы имеют промежуточные, не указанные в табл. 6.9—6.11 значения, исходную продолжительность сушки и коэффициенты $A_{\text{п.}}$, $A_{\text{в.}}$ находят по таблицам путем интерполяции.

Пример 5. Определить продолжительность сушки по 0 категории качества сосновых обрезных досок сечением $32 \times$

× 100 мм мягким режимом от начальной влажности 80 % до конечной 18 % в камере с поперечной штабелевкой типа СП-5КМ (длина штабеля 7 м, высота 2,9 м) при производительности вентиляционной установки 120 тыс. м³/ч.

Площадь габаритного сечения штабеля $F_{\text{габ.}} = 7,0 \cdot 2,9 = 20,3 \text{ м}^2$. Расчетная скорость $w_{\text{габ.р}} = \frac{V_{\text{в.ч}}}{3600 \cdot F_{\text{габ.}}} = \frac{120000}{3600 \cdot 20,3} = 1,64 \text{ м/с}$. Продолжительность сушки $\tau = \tau_{\text{исх}} \cdot A_{\text{п}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{к}}$. Находим: $\tau_{\text{исх}} = 80 \text{ ч}$ (табл. 6.8); $A_{\text{п}} = 1,0$; $A_{\text{в}} = 0,83$ (по табл. 6.9 с интерполяцией); $A_{\text{к}} = 0,94$ (табл. 6.11); $A_{\text{к}} = 1,0$. Отсюда $\tau = 80 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 62 \text{ ч}$.

Пример 6. Определить продолжительность сушки нормальным режимом по III категории качества сосновых обрезных досок сечением 40 × 170 мм от начальной влажности 80 % до конечной 10 % в камере ЦНИИМОД-32 (с зигзагообразной циркуляцией, без отсека для влаготеплообработки, длина штабеля 6,5 м, высота 2,6 м) при производительности вентиляционной установки 35 тыс. м³/ч.

Площадь габаритного сечения штабеля $F_{\text{габ.}} = 6,5 \cdot 2,6 = 16,9 \text{ м}^2$. Расчетная скорость $w_{\text{габ.р}} = \frac{V_{\text{в.ч}}}{3600 \cdot F_{\text{габ.}}} = \frac{35000}{3600 \cdot 16,9} = 0,575 \text{ м/с}$. Находим: $\tau_{\text{исх}} = 65,0 \text{ ч}$ (табл. 6.8); $A_{\text{п}} = 1,0$; $A_{\text{в}} = 0,91$ (по табл. 6.9 с интерполяцией); $A_{\text{к}} = 1,35$ (табл. 6.11); $A_{\text{к}} = 1,05$. Отсюда продолжительность сушки

$$\tau = 65 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 1,35 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 84 \text{ ч.}$$

7. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР

Раздел содержит методы расчетов по определению производительности лесосушильных камер и переводу объема высушенных или подлежащих сушке пиломатериалов (досок и заготовок) в объем условного материала.

7.1. МЕТОД РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР НА МАТЕРИАЛЕ ЗАДАННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Производительность камеры при сушке пиломатериалов определенной характеристики (породы, начальной и конечной влажности) рассчитывается в кубометрах древесины за заданное календарное время (месяц, квартал, год) по формуле

$$П = n \cdot E, \quad (1)$$

где n — число оборотов камеры (сушильных циклов) в течение заданного времени;

E — вместимость (емкость) камеры, м³ древесины.

Число оборотов камеры определяется по выражению

$$n = \frac{T}{\tau}, \quad (2)$$

Здесь T — время, за которое определяется производительность, в часах или сутках;

τ — продолжительность оборота камеры в тех же единицах, что и T .

В камерах периодического действия

$$\tau = \tau_{\text{суш}} + \tau_{\text{з.р}}, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{суш}}$ — продолжительность процесса сушки;

$\tau_{\text{з.р}}$ — продолжительность загрузки и разгрузки камеры.

В камерах непрерывного действия, загрузка и разгрузка которых производится без остановки сушильного процесса, $\tau_{\text{з.р}} = 0$ и $\tau = \tau_{\text{суш}}$.

Для определения нормативной (плановой) производительности камеры $\tau_{\text{суш}}$ рассчитывается в соответствии с рекомендациями раздела «Определение продолжительности камерной сушки пиломатериалов», а $\tau_{\text{з.р}}$ (в камерах периодического действия) принимается равной 0,1 суток.

Для определения действительной производительности камеры при оценке ее отчетных показателей, обследованиях и испытаниях, значение $\tau_{\text{суш}}$ и $\tau_{\text{з.р}}$ берут по фактическим данным.

При проектировании, испытаниях и сравнительной оценке лесосушильных камер, а также планировании объемов сушки на предприятиях необходимо определять годовую производительность камер. Число оборотов камеры в год составляет

$$n = \frac{365}{\tau} \cdot C, \quad (4)$$

где C — коэффициент технического использования камер (отношение планируемой продолжительности работы камер в году к общему числу дней в году).

Вместимость (емкость) камеры рассчитывается по выражению

$$E = L \cdot B \cdot H \cdot m \cdot \beta, \quad (5)$$

где L , B , H — размеры штабеля (длина, ширина, высота), м;

m — число штабелей в камере;

β — объемный коэффициент заполнения штабеля.

В свою очередь объемный коэффициент заполнения

$$\beta = \beta_d \cdot \beta_{ш} \cdot \beta_v \cdot \frac{100 - U_0}{100}, \quad (6)$$

где $\beta_d, \beta_{ш}, \beta_v$ — линейные коэффициенты заполнения штабеля по длине, ширине, высоте;

U_0 — объемная усушка древесины, учитывающая уменьшение ее объема при высыхании до номинальной влажности товарных пиломатериалов ($W = 15\%$). U_0 принимается в среднем равным 7% .

Коэффициент заполнения по длине штабеля β_d показывает отношение средней длины уложенных в штабель пиломатериалов L_{cp} к его длине L .

$$\beta_d = \frac{L_{cp}}{L}. \quad (7)$$

Для штабеля пиломатериалов различной длины β_d принимается в среднем равным $0,85$. Если длина всех досок или заготовок в штабеле одинакова ($L_{cp} = L$), то $\beta_d = 1$.

Коэффициент заполнения по ширине $\beta_{ш}$ — отношение суммарной ширины пиломатериалов в горизонтальном ряду штабеля к его ширине. Он зависит от вида пиломатериалов и способа укладки. Рекомендуемые для расчетов средние значения $\beta_{ш}$ приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Вид пиломатериалов	Значения коэффициента $\beta_{ш}$	
	Способ укладки	
	без шпаций	со шпациями
Обрезные	0,90	0,65
Необрезные	0,60	0,43

Коэффициент заполнения штабеля по высоте β_v характеризует отношение суммарной толщины пиломатериалов в вертикальном ряду штабеля к его высоте. Он определяется по выражению

$$\beta_v = \frac{S}{S + S_{пр}}, \quad (8)$$

где S — толщина пиломатериалов;
 $S_{пр}$ — толщина прокладок, обычно равная 25 мм. В отдельных случаях применяются прокладки толщиной 22 и 32 мм.

Если в штабель укладываются заготовки, используемые также в качестве прокладок, то коэффициент β_v будет несколько больше, чем по формуле (8) при $S = S_{пр}$, так как объем прокладок включается в полезный объем штабеля. При этом с уменьшением длины заготовок уменьшается шаг между прокладками и коэффициент β_v увеличивается. Для такого штабеля β_v принимается следующим: длина заготовки $0,5$ м — $0,6$; 1 м — $0,58$; от 1 до 2 м — $0,55$.

Нормативные значения объемного коэффициента заполнения штабеля из обрезных или необрезных пиломатериалов, уложенного на прокладках практически используемых толщин, рассчитанные по формуле (6) при $\beta_d = 0,85$ с учетом выражения (8) и табл. 7.1, приведены в табл. 7.2.

Обозначив произведение $L \cdot B \cdot H \cdot \pi$ в выражении (5) символом Γ , характеризующим габаритный объем штабелей (m^3), загружаемых в камеру, получим элементарную формулу для определения нормативной вместимости камеры (кубометров древесины)

$$E = \Gamma \cdot \beta. \quad (9)$$

Фактическая вместимость камеры при ее обследовании и испытаниях определяется по размерам и числу уложенных в штабеля досок путем суммирования их табличного объема.

Таблица 7.2

Нормативные значения объемного коэффициента заполнения штабеля

Номинальная толщина пиломатериалов, S_1 , мм	Способ укладки								
	со шпациями				без шпаций				
	обрезные		необрезные		обрезные		необрезные		
Толщина прокладок, $S_{пр}$, мм									
	22	25	22	25	22	25	32	22	25
13	0,191	0,176	0,126	0,116	0,264	0,244	0,206	0,176	0,162
16	0,216	0,201	0,143	0,133	0,300	0,278	0,237	0,200	0,185
19	0,238	0,222	0,158	0,147	0,330	0,307	0,265	0,220	0,205
22	0,257	0,241	0,170	0,159	0,356	0,333	0,290	0,237	0,222
25	0,273	0,257	0,181	0,170	0,378	0,356	0,312	0,252	0,237
32	0,304	0,288	0,201	0,191	0,422	0,399	0,356	0,281	0,266
40	0,331	0,316	0,219	0,209	0,459	0,438	0,395	0,306	0,292
45	0,345	0,330	0,228	0,219	0,478	0,458	0,416	0,319	0,305
50	0,357	0,342	0,236	0,227	0,494	0,474	0,434	0,329	0,316
60	0,376	0,362	0,249	0,243	0,521	0,502	0,464	0,347	0,335
70	0,391	0,379	0,259	0,250	0,541	0,525	0,488	0,361	0,350
75	0,397	0,385	0,263	0,255	0,550	0,533	0,499	0,367	0,356
90	0,413	0,402	0,273	0,266	0,572	0,557	0,525	0,381	0,371
100	0,421	0,411	0,279	0,272	0,583	0,569	0,539	0,389	0,379

$\frac{24}{22 + 25}$