



ОАО «Научдревпром – ЦНИИМОД»

УТВЕРЖДЕНЫ

**Генеральным директором
Н.А. Федоровым**

**1 июня 1999 г.
Вводится с 1 июля 1999 г.**

**РУКОВОДЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ТЕХНОЛОГИИ КАМЕРНОЙ СУШКИ
ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

**АРХАНГЕЛЬСК
2000**

Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов / ОАО «Научдревпром – ЦНИИМОД».- Архангельск, 2000.- 125 с.

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

В новом сборнике РТМ приведены последние разработки техники и технологии сушки пиломатериалов. С выходом этого издания РТМ 1971, 1977, 1982 и 1985 гг. издания считать утратившими силу.

Срок действия настоящего сборника руководящих материалов с 1 июля 1999 г. до издания следующего сборника РТМ.

В разработке руководящих технических материалов приняли участие сотрудники:

Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины – к.т.н. Е.С. Богданов, к.т.н. А.А. Горяев, инженеры А.А. Андреева, О.И. Гринькова, В.В. Кулакова, В.В. Новиков, В.А. Копяков.

Московского лесотехнического института – д.т.н. П.С. Серговский
д.т.н. Б.Н. Уголев, д.т.н. Г.С. Шубин, инженеры Н.В. Скуратов, А.В. Чемоданов, И.А. Сорокина.

Сибирского технологического института – к.т.н. Л.Н. Кротов, к.т.н. В.Н. Ослонович.

Львовского лесотехнического института – д.т.н. П.В. Билей.

Санкт-Петербургской лесотехнической академии – к.т.н. С.И. Акишенков.

Руководящие технические материалы подготовлены к печати лабораторией сушки ОАО «Научдревпром – ЦНИИМОД».

1. УКЛАДКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ШТАБЕЛЯ ДЛЯ КАМЕРНОЙ СУШКИ

1.1. ТИПЫ И РАЗМЕРЫ ШТАБЕЛЕЙ

При камерной сушке используются штабеля двух типов:

п а к е т н ы й (рис.1.1.-I), формируемый при помощи подъемно-транспортных средств из нескольких пакетов, предварительно уложенных на пакетоформирующей машине или вручную;

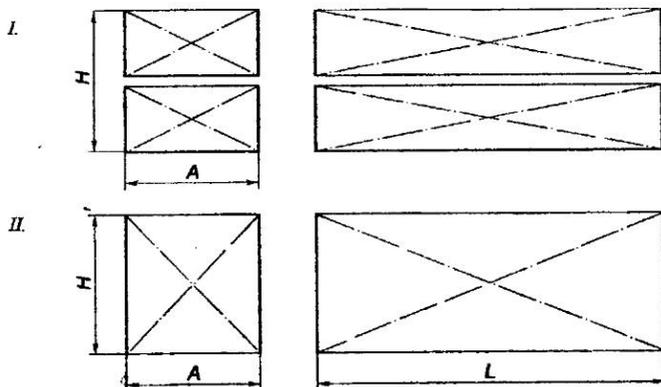


Рис. 1.1. Типы штабелей: I - пакетный; II - цельный.

ц е л ь н ы й (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.

Т а б л и ц а 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:

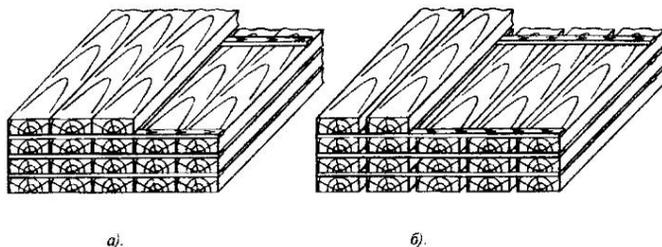


Рис. 1.2. Примеры укладки пиломатериалов: а - без шпаций; б - со шпациями.

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).

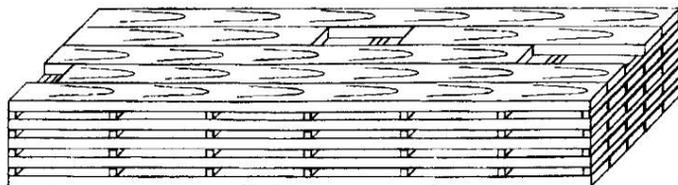


Рис. 1.3. Укладка пиломатериалов в ряду пакета или штабеля.

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).

Т а б л и ц а 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.

Т а б л и ц а 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 имеющих 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 $R_{m\max}$ должно быть 800 мкм по ГОСТ 7016-82.

Прокладки должны храниться в контейнерах, где их укладывают параллельно. Контейнеры с прокладками устанавливают 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 сломанные 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 телеаппаратуры, корпуса клавишных инструментов, столярно-строительные изделия, деревянные строительные ограждающие конструкции, пассажирское вагоно- и автостроение и т.п.);

III категория – механическую обработку и сборку деталей по ГОСТ 6449.1-82 для менее ответственных составных частей изделий (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 38 – 50 свыше 50	7; 10**	7; 10; 15**	10; 15**	16 18 20
Отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля пиломатериалов*, % при толщине пиломатериалов, мм: 32 и менее 38 – 50 свыше 50	не более ±2	не более ±3	не более ±4	±6 ±4 ±2,5
Среднее квадратическое отклонение влажности S, % при толщине пиломатериалов, мм: 32 и менее 38 – 50 свыше 50	±1,0	±1,5	±2,0	±3 ±2 ±1,25

Показатели качества сушки	Категории качества			
	I	II	III	0
Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок), %, при толщине, мм	не более	не более	не более	не контролируется
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 более 1,5	не более 2,0	не контролируется	не контролируется

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

**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:

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

$W_k = 10\%$, отапливаемые 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 $t_{cp} = 4,3 \pm 1^\circ\text{C}$ и $\varphi_{cp} = 0,75 \pm 0,2$.

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

Для пиломатериалов, высушиваемых по 0 категориям 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 секции 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 досухе (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.

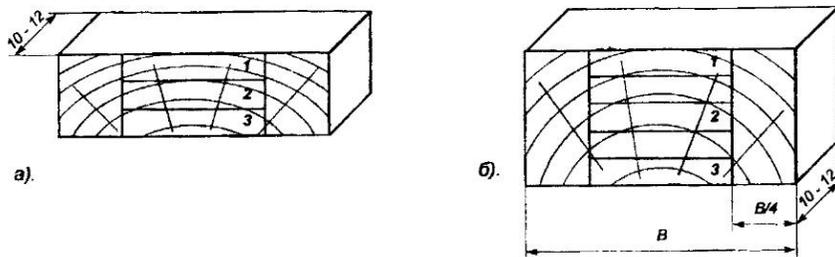


Рис. 2.1. Схема раскроя секций послойной влажности:

а - для пиломатериалов (заготовок) толщиной до 32 мм;

б - для пиломатериалов (заготовок) толщиной более 32 мм;

В - ширина пиломатериалов (заготовок); 1, 3 - поверхностные слои 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

$$\Delta W = W_{\text{вн}} - W_{\text{пов}},$$

где $W_{\text{вн}}$ – влажность внутреннего слоя древесины секции, %;

$W_{\text{пов}}$ – влажность поверхностных слоев (средняя) древесины секции, %.

Среднее значение перепада влажности по толщине пиломатериалов вычисляют по формуле

$$\Delta W_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_{\text{вн}i} - W_{\text{пов}i})}{n},$$

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 категорий качества сушки. Для I категории качества сушки принимают не менее 5 секций, для II – 3 секции, то есть вырезают секции из пяти или трех отобранных досок.

Секции выдерживают в сушильном шкафу в течение 2 – 3 часов при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$. После охлаждения секций в эксикаторе их раскаивают (ленточной пилой или лобзиком) по схеме, показанной на рис. 2.2.

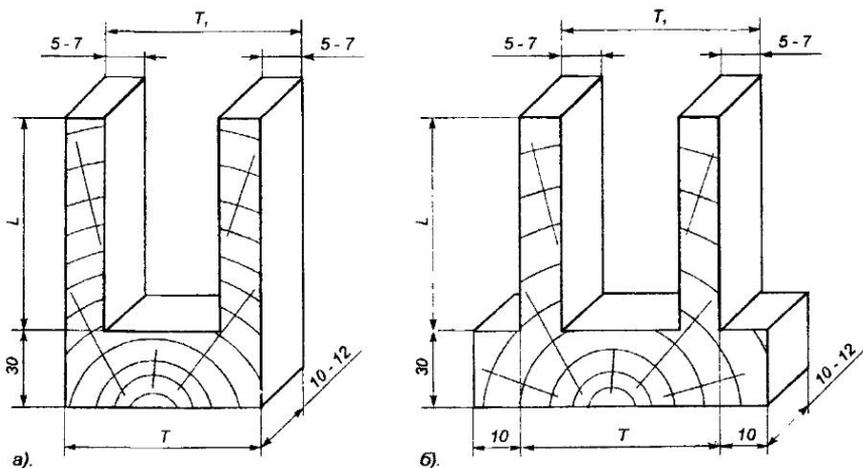


Рис. 2.2. Схема раскроя секции напряжений: а - для пиломатериалов (заготовок) толщиной до 40 мм; б - для пиломатериалов (заготовок) толщиной более 40 мм; В - ширина пиломатериалов (заготовок); Т - толщина секции, мм; Т₁ - расстояние между внешними гранями зубцов, мм.

У каждой секции измеряют индикаторной скобкой или штангенциркулем с точностью до 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 $f_{\text{ср}}$.

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 переаладки, 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 разрывов (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.

Режима 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 внутрисюжного 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 внутрисюжного 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 скальвание 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 скальвание 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 режима 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.

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
	Ед. изм.	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
> 35 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	61	61	61	58	58	58	55	55
35 - 20 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
< 20 Δt	°C	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

Средняя влажность древесины, %	Пара-метры режима	Номер							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Толщина пиломатериалов, мм							
Ед. изм.	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	
Нормальные режимы (Н)									
t	°C	83	79	79	75	73	71	64	55
> 35 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	88	84	84	80	77	75	68	58
35 - 25 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
< 25 Δt	°C	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	-
> 35 Δt	°C	11	10	8	7	6	5	4	-
φ		0,65	0,67	0,73	0,75	0,78	0,80	0,84	-
t	°C	99	97	97	95	92	88	78	-
35 - 25 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	-
< 25 Δt	°C	42	41	39	37	36	32	29	-
φ		0,21	0,22	0,24	0,25	0,25	0,29	0,30	-

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.

**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						
		Ед. изм	до 22	св. 22 до 25	св. 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60
Нормальные режимы (Н)								
t	°C	70	70	70	65	60	60	60
> 35 Δt	°C	9	8	6	5	4	3	2
φ		0,64	0,68	0,76	0,78	0,81	0,86	0,90
t	°C	75	75	75	70	65	65	65
35 – 25 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
< 25 Δt	°C	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
> 35 Δt	°C	9	7	4	4	3	2	2
φ		0,69	0,75	0,84	0,84	0,87	0,92	0,91
t	°C	98	96	87	80	80	78	76
35 – 25 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
< 25 Δt	°C	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°C, а при фактической скорости выше 2,5 м/с – уменьшают на 1°C.

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 требова-

**Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов
лиственных пород**

Индекс режима	Номер режима и параметры сушального агента (t, °C; Δt, °C; φ)																											
	2			3			4			5			6			7			8			9			10			
	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ	
А	>30	3	0,88	75	3	0,87	69	3	0,87	63	2	0,91	57	2	0,90	52	2	0,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-20	87	6	0,78	80	6	0,77	73	6	0,76	67	5	0,78	61	5	0,78	55	4	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<20	108	27	0,35	100	26	0,35	91	24	0,36	83	22	0,36	77	21	0,36	70	20	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Б	>30	82	4	0,84	75	4	0,84	69	4	0,83	63	3	0,86	57	3	0,85	52	3	0,84	47	2	0,90	42	2	0,89	38	2	0,88
	30-20	87	8	0,72	80	8	0,70	73	7	0,72	67	6	0,75	61	6	0,74	55	5	0,76	50	5	0,75	45	4	0,79	41	4	0,77
	<20	108	29	0,32	100	28	0,32	91	25	0,34	83	23	0,34	77	22	0,34	70	21	0,33	62	18	0,36	57	17	0,36	52	16	0,36
В	>30	82	6	0,77	75	5	0,80	69	5	0,79	63	4	0,82	57	4	0,81	52	4	0,80	47	3	0,84	42	3	0,83	38	3	0,82
	30-20	87	10	0,66	80	9	0,66	73	8	0,69	67	7	0,71	61	7	0,70	55	7	0,68	50	6	0,70	45	5	0,74	41	5	0,72
	<20	108	31	0,30	100	29	0,31	91	26	0,33	83	24	0,32	77	23	0,32	70	22	0,31	62	19	0,33	57	18	0,34	52	17	0,33
Г	>30	82	8	0,71	75	7	0,73	69	6	0,76	63	5	0,78	57	5	0,77	52	5	0,75	47	4	0,79	42	4	0,77	38	4	0,76
	30-20	87	12	0,60	80	11	0,61	73	10	0,63	67	9	0,64	61	9	0,62	55	8	0,64	50	7	0,66	45	6	0,69	41	6	0,67
	<20	108	33	0,27	100	31	0,28	91	28	0,30	83	26	0,29	77	25	0,29	70	23	0,29	62	21	0,29	57	20	0,29	52	18	0,30
Д	>30	82	10	0,65	75	9	0,66	69	8	0,68	63	7	0,70	57	6	0,73	52	6	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-20	87	14	0,55	80	13	0,55	73	12	0,56	67	11	0,58	61	10	0,59	55	9	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<20	108	35	0,24	100	33	0,25	91	30	0,26	83	27	0,28	77	26	0,27	70	24	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ния 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 ЦАРОВОЗДУШНЫХ 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-Б	7-Б	8-Б	9-Б
	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-Б	6-Б	7-А	8-Б	-
	Ф	2-Г	3-В	4-В	-	-	-	-	-
Дуб, ильм	Н	5-Г	6-В	6-Б	7-Б	8-Б	9-В	10-Б	-
	Ф	3-Г	4-В	5-В	-	-	-	-	-
Орех, граб, 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-Б	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 циркулирующей любой интенсивности, а в случаях, когда 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 циркулирующей 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.

В случаях, когда требуется высокое качество при сушке восточного (кавказского) и карпатского бука Львовским лесотехническим институтом разработаны многоступенчатые режимы сушки с промежуточными влаготеплообработками.

Они применимы в том случае, если есть возможность непрерывно контролировать влажность древесины в процессе сушки (табл. 3.5 – 3.10).

Таблица 3.5

Режимы сушки буковых пиломатериалов.

Режим № 3, толщина до 22 мм

Влажность древесины W , %	Вид обработки	Параметры среды				Продолжительность обработки T , ч
		t_c , °C	t_m , °C	Δt , °C	φ , %	
W_n	прогрев	82	82	0	100	4 – 6
$W_n - 35$	сушка	75	70	5	80	-
35	тепловлаго-	82	82	0	100	2 – 3
35 – 20	обработка сушка	100	70	12	62	-
20	тепловлаго-	100	99	1	97	2
20 – W_k	обработка сушка	100	71	29	32	-

Таблица 3.6

Режимы сушки буковых пиломатериалов.

Режим № 4, толщина 23 – 30 мм

Влажность древесины W , %	Вид обработки	Параметры среды				Продолжительность обработки T , ч
		t_c , °C	t_m , °C	Δt , °C	φ , %	
W_n	прогрев	75	75	0	100	4 – 6
$W_n - 35$	сушка	70	65	5	80	-
35	тепловлаго-	75	75	0	100	2 – 4
35 – 20	обработка сушка	75	66	9	66	-
20	тепловлаго-	93	92	1	97	2 – 4
20 – W_k	обработка сушка	93	67	26	33	-

Таблица 37

**Режимы сушки буковых пиломатериалов.
Режим № 6, толщина 31 – 40 мм**

Влажность древесины $W, \%$	Вид обработки	Параметры среды				Продолжительность обработки $T, \text{ч}$
		$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	
W_H	прогрев	68	68	0	100	6 – 8
$W_H - 40$	сушка	64	60	4	81	-
40	тепловлаго- обработка	68	68	0	100	3 – 4
40 – 30	сушка	68	62	6	75	-
30	тепловлаго- обработка	73	73	0	100	3 – 4
30 – 20	сушка	73	64	9	66	-
20	тепловлаго- обработка	90	89	1	96	3 – 4
20 – W_K	сушка	90	66	24	35	-
W_K	кондиционирование	90	71	19	67	8

Таблица 38

**Режим сушки буковых пиломатериалов.
Режим № 8, толщина 41 – 50 мм**

Влажность древесины $W, \%$	Вид обработки	Параметры среды				Продолжительность обработки $T, \text{ч}$
		$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	
W_H	прогрев	63	63	0	100	8 – 10
$W_H - 40$	сушка	59	55	4	81	-
40	тепловлаго- обработка	63	63	0	100	4 – 6
40 – 30	сушка	63	57	6	75	-
30	тепловлаго- обработка	67	67	0	100	4 – 6
30 – 20	сушка	67	59	8	67	-
20	тепловлаго- обработка	83	82	1	96	4 – 6
20 – W_K	сушка	83	61	22	36	-
W_K	кондиционирование	83	72	11	62	10

Таблица 3.9

Режим сушки буковых пиломатериалов.
Режим № 12, толщина 51 – 60 мм

Влажность древесины $W, \%$	Вид обработки	Параметры среды				Продолжительность обработки $T, \text{ч}$
		$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	
W_n	прогрев	62	62	0	100	10 – 12
$W_n - 45$	сушка	56	53	3	85	-
45	тепловлаго-обработка	59	59	0	100	6 – 8
45 – 35	сушка	59	55	4	81	-
35	тепловлаго-обработка	63	63	0	100	6 – 8
35 – 25	сушка	63	57	6	74	-
25	тепловлаго-обработка	69	68	1	96	6 – 8
25 – 15	сушка	69	59	10	61	-
15	тепловлаго-обработка	78	77	1	96	6 – 8
15 – W_k	сушка	78	59	19	40	-
W_k	кондиционирование	78	67	11	61	12

Таблица 3.10

Режим сушки буковых пиломатериалов.
Режим № 16, толщина 61 – 70 мм

Влажность древесины $W, \%$	Вид обработки	Параметры среды				Продолжительность обработки $T, \text{ч}$
		$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	
W_n	прогрев	57	57	0	100	12 – 16
$W_n - 45$	сушка	53	51	2	89	-
45	тепловлаго-обработка	55	55	0	100	8 – 10
45 – 35	сушка	55	52	3	85	-
35	тепловлаго-обработка	58	58	0	100	8 – 10
35 – 25	сушка	58	53	5	76	-
25	тепловлаго-обработка	64	63	1	96	8 – 10
25 – 15	сушка	64	55	9	64	-
15	тепловлаго-обработка	70	69	1	96	8 – 10
15 – W_k	сушка	70	55	15	47	-
W_k	кондиционирование	70	60	10	61	16

В таблицах режимов приняты такие обозначения:

- W_n, W_k - начальная и конечная влажность древесины, %;
 t_c, t_m - температура агентов сушки по сухому и мокрому термометру, °С;
 Δt - психрометрическая разность, °С;
 ϕ - степень насыщения воздуха водяными парами, %;
 T - продолжительность обработки, ч.

Номер режима показывает на ориентировочную продолжительность процесса сушки в сутках. Меньшее значение времени принимается для нижнего предела толщины, а большее – для верхнего значения толщины материала. Если величина начальной влажности W_n отличается от влажности древесины последующей влаготеплообработки менее чем на 10%, то режим сушки начинают с последующей ступени, приняв температуру t_c первой ступени за температуру прогрета при $\phi = 100\%$.

3.5. РЕЖИМЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА СУШКИ В ПАРОВОЗДУШНЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Режимы высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов перегретым паром приведены в табл. 3.11. 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 $W = 20\%$.

Таблица 3.11

Режимы высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов

Номер режима	Параметры сушильного агента ($t, ^\circ\text{C}; \Delta t, ^\circ\text{C}; \phi$)					
	Первая ступень ($W > 20\%$)			Вторая ступень ($W < 20\%$)		
	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	ϕ	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	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 опытными сушками установлено, что при этом сохраняется целостность древесины.

Выбор высокотемпературных режимов для различных конкретных случаев зависит от породы и толщины пиломатериалов и регламентируется табл. 3.12.

Таблица 3.12

**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. 3.13.

Таблица 3.13

**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. 3.14 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 степени режима, в последней (разгрузочный конец камеры) – параметры третьей степени 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 термометру 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 3.14

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	
			$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	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

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	
			$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	ϕ	более 50%	до 50%
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
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. 3.14. 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. 3.14 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. 3.15. Обозначение конкретного режима состоит из индекса Л (лиственница) с номером, характеризующим группу толщин, и прописной буквы (М,Н,Ф), указывающей категорию режимов. Например, нормальный режим сушки досок или заготовок толщиной 40 мм обозначается Л 4-Н.

Таблица 3.15

Режимы сушки пиломатериалов из древесины лиственницы

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 камеры
			$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	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

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 камеры
			t_1 , °C	Δt_1 , °C	φ	
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

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. 3.14 - 3.15 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 пиломатериалов всех толщин температурой смоченного термометра $t_m = 40^\circ\text{C}$ при сохранении регламентируемой табл. 3.14 - 3.15 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 сечениям (рис. 4.1), текущую – по контрольным образцам, выпиленным из досок, характерных по строению, плотности и влажности для данной партии высушиваемых пиломатериалов. Контрольный образец вырезается длиной не менее 1 м.

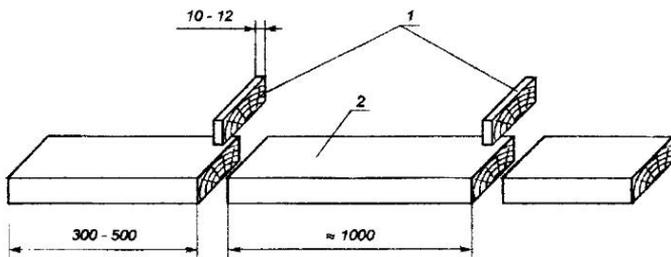


Рис. 4.1. Схема вырезки сечений влажности 1 и контрольного образца 2.

Древесина сечений не должна иметь гнили, засмолков, сучков и трещин. Выпиленные сечения маркируют, зачищают от заусенцев и взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. Если сразу после выпилки взвесить сечения невозможно, то их завертывают в шленку или помещают в эксикатор и вынимают для взвешивания по одной. Массу записывают прямо на сечениях и в журнале.

Взвешенные сечения 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 сечения 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 сечения, записывают в журнал, а сушку заканчивают.

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

Влажность сечений подсчитывают по формуле

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

где

$m_{\text{нач}}$ – начальная масса сечения, г,

$m_{\text{с}}$ – масса абсолютно сухой сечения, г.

Среднее значение влажности, вычисленное по двум секциям доски (заготовки), принимается за начальную влажность $W_{нач}$ 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.

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

где

$M_{нач}$ - 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 $t_{пр}$ 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 $t_{пр}$ °С при толщине пиломатериалов S_1 , 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 $\Delta t = 0,5 - 1,5^\circ\text{C}$. 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

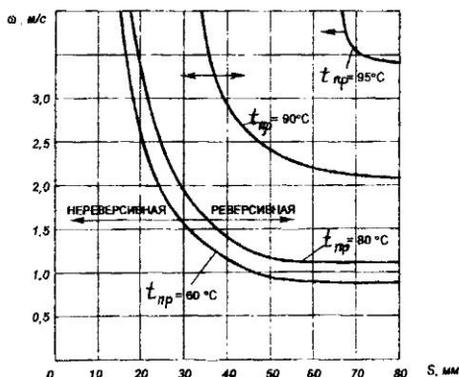


Рис. 4.2. График для определения предпочтительного характера циркуляции в зависимости от фактической скорости циркуляции агента сушки в штабеле ω , температуры $t_{пр}$ и толщины материала S при начальном прогреве древесины.

4.2.2. Длительность начальной обработки пиломатериалов

Продолжительность прогрева (в часах) определяется по формуле

$$\tau = \tau_{\text{исх}} \cdot A_{\text{т}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{п}} \cdot A_{\text{ш}}$$

где

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

$A_{\text{т}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{п}} \cdot A_{\text{ш}}$ - коэффициенты, учитывающие начальную температуру древесины и температуру среды при прогреве $A_{\text{т}}$, влажность древесины $A_{\text{в}}$, ее породу $A_{\text{п}}$ и ширину штабеля $A_{\text{ш}}$

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

Т а б л и ц а 4.2

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

Толщина пиломатериалов, S_1 , мм	Ширина пиломатериалов, S_2 , мм	$\tau_{\text{исх}}$ 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_{np} по табл. 4.3.

Таблица 4.3

Начальная температура t_0 , °C	A_T при температуре среды при прогреве, t_{np} °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_B находят по влажности древесины W , %, и ее температуре t_0 , °C по табл. 4.4.

Таблица 4.4

Начальная температура t_0 , °C	A_B 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_D 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%.

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

а) Режим начальной обработки. В соответствии с табл. 4.1 принимаем температуру среды при прогреве $t_{np} = 90^\circ\text{C}$. 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 $\tau_{исх} = 2,6$ ч; коэффициент температуры $A_T = 1,05$ (табл. 4.3), коэффициент влажности $A_B = 1,1$ (табл. 4.4); коэффициенты породы A_D и ширины штабеля $A_{ш}$ равны 1. Продолжительность прогрева составит

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

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 calorifer. 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 регламентируемая 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, соответствующую 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 луске камеры или переводе ее на другой режим.

Таблица 4.5
 Степень насыщенности (φ в %) сушального агента при скорости движения его 1,5-2,5 м/с по показаниям ртутных и электрических психрометров.

Температура сушаль- ного агента, t °С		Психрометрическая разность Δt, °С																												Температура сушаль- ного агента, t °С		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34		36	38
30	100	93	87	79	73	66	60	55	50	44	39	34	30	25	20	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
32	100	94	87	80	73	67	62	57	52	46	41	36	32	28	23	19	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
34	100	94	87	81	74	68	63	58	54	48	43	38	34	30	26	22	19	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
36	100	94	88	81	75	69	64	59	55	50	45	40	36	32	28	25	21	18	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
38	100	94	88	82	76	70	65	60	56	51	46	42	38	34	30	27	24	20	17	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38
40	100	94	88	82	76	71	66	61	57	53	48	44	40	36	32	29	26	23	20	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
42	100	94	89	83	77	72	67	62	58	54	49	46	42	38	34	31	28	25	22	19	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42
44	100	94	89	83	78	73	68	63	59	55	50	47	43	40	36	33	30	27	24	21	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44
46	100	94	89	84	79	74	69	64	60	56	51	48	44	41	38	34	31	28	25	22	20	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46
48	100	95	90	84	79	74	70	65	61	57	52	49	46	42	39	36	33	30	27	24	22	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48
50	100	95	90	84	79	75	70	66	62	58	54	50	47	44	41	37	34	31	29	26	24	19	14	-	-	-	-	-	-	-	-	50
52	100	95	90	84	80	75	71	67	63	59	55	51	48	45	42	38	36	33	30	27	25	20	16	-	-	-	-	-	-	-	-	52
54	100	95	90	84	80	76	72	68	64	60	56	52	49	46	43	39	37	34	32	29	27	22	18	14	-	-	-	-	-	-	-	54
56	100	95	90	85	81	76	72	68	64	60	57	53	50	47	44	41	38	35	33	30	28	23	19	15	-	-	-	-	-	-	-	56
58	100	95	90	85	81	77	73	69	65	61	58	54	51	48	45	42	39	36	34	31	29	25	20	17	-	-	-	-	-	-	-	58

Температура сушильно-го агента, t, °С		Психрометрическая разность Δt, °С																				Температура сушильно-го агента, t, °С										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					20	22	24	26	28	30	32
60	100	95	90	86	81	77	73	69	65	61	58	55	52	49	46	43	40	37	35	32	30	26	22	18	14	-	-	-	-	-	-	60
62	100	95	91	86	82	78	74	70	66	62	59	56	53	50	47	44	41	38	36	33	31	27	23	19	16	-	-	-	-	-	-	62
64	100	95	91	86	82	78	74	70	67	63	60	57	54	51	48	45	42	39	37	34	32	28	24	20	17	-	-	-	-	-	-	64
66	100	95	91	86	82	78	75	71	67	63	60	57	54	51	49	46	43	40	38	35	33	29	25	22	18	15	-	-	-	-	-	66
68	100	95	91	87	82	78	75	71	68	64	61	58	55	52	49	46	44	41	39	36	34	30	26	23	19	16	-	-	-	-	-	68
70	100	96	91	87	83	79	76	72	68	64	61	58	55	52	50	47	44	41	39	37	35	31	27	24	20	17	-	-	-	-	-	70
72	100	96	91	87	83	79	76	72	69	65	62	59	56	53	50	47	45	42	40	38	36	32	28	25	21	18	-	-	-	-	-	72
74	100	96	92	87	84	80	76	72	69	65	63	60	56	53	51	48	46	43	41	39	37	33	29	26	22	19	14	-	-	-	-	74
76	100	96	92	87	84	80	77	73	70	66	64	61	57	54	52	49	47	44	42	40	38	34	30	27	23	20	15	-	-	-	-	76
78	100	96	92	88	84	80	77	73	70	66	64	61	58	55	53	50	48	45	42	40	38	34	31	27	24	21	16	-	-	-	-	78
80	100	96	92	88	84	80	77	73	70	66	64	61	58	55	53	50	48	45	43	41	39	35	31	28	25	22	17	-	-	-	-	80
82	100	96	92	88	84	80	77	74	71	67	65	62	59	56	54	51	49	46	44	42	40	36	32	29	26	23	18	-	-	-	-	82
84	100	96	92	88	84	80	77	74	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	42	40	36	32	29	26	23	19	14	-	-	-	84
86	100	96	92	88	84	80	78	75	72	69	66	63	60	57	55	52	50	47	45	43	41	37	33	30	27	24	20	15	-	-	-	86
88	100	96	92	89	85	81	78	75	72	69	66	63	60	57	55	52	50	48	46	44	42	38	34	31	28	25	21	16	-	-	-	88
90	100	97	93	89	85	81	79	75	72	69	66	63	61	58	56	53	51	49	47	45	43	39	35	32	29	26	22	18	-	-	-	90
92	100	97	93	90	86	82	79	76	73	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45	43	39	36	33	30	26	22	19	16	-	-	92

Температура сушьлно-то агента, t°С		Психометрическая разность Δt, °С																		Температура сушьлно-то агента, t°С											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38		
94	100	97	93	90	86	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	54	52	50	48	46	44	40	37	33	30	27	23	20	17	-	94
96	100	97	93	90	87	83	80	76	73	70	68	65	62	60	58	55	53	51	48	46	44	41	37	34	31	28	24	21	18	-	96
98	100	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68	65	63	60	58	55	53	51	49	47	45	41	38	34	31	28	25	22	19	16	98
100	100	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68	66	63	61	59	56	54	52	49	47	45	42	38	35	32	29	26	23	20	17	100
102	-	94	91	88	84	81	78	75	72	69	67	64	62	59	56	54	52	50	48	46	42	38	35	32	29	26	23	21	18	102	
104	-	-	-	88	84	81	78	75	72	69	67	64	62	60	57	55	53	50	48	46	42	39	35	32	30	27	24	22	19	104	
106	-	-	-	-	81	78	75	72	69	67	64	62	60	57	55	53	50	48	46	43	39	36	33	30	27	24	22	20	106		
108	-	-	-	-	-	-	75	72	69	67	64	62	60	57	55	54	51	49	46	43	40	36	33	31	28	25	23	21	108		
110	-	-	-	-	-	-	-	-	69	67	65	63	61	58	56	54	51	49	46	43	41	37	34	32	29	26	24	21	110		
112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	63	61	58	56	54	52	50	47	44	42	38	35	33	30	27	24	22	112		
114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	58	56	54	52	50	48	45	42	38	35	33	30	27	25	22	114		
116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	55	53	51	49	46	43	39	36	34	31	28	25	23	116		
118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	51	49	46	43	40	37	34	32	29	26	23	118			
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	47	44	41	38	35	32	29	26	24	120				
125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	38	35	33	30	27	25	125			
130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	

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, прогревать 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 зубцов 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 полойной 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 высу-

шенных 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 температуру 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 табл. 4.6 времени. При влаготеплообработке остывшего материала в специальных пропарочных камерах ее продолжительность по сравнению с указанной в данной 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 табл. 4.6 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 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) средней 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.

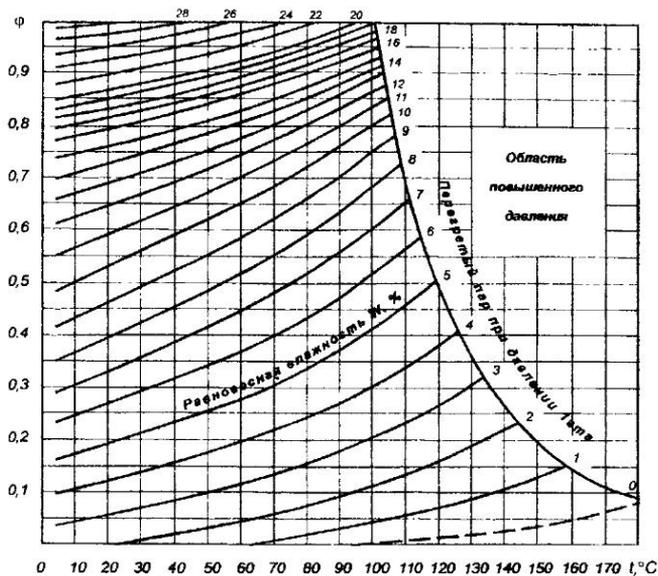


Рис. 4.3. Диаграмма равновесной влажности древесины.

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 $t_c = 85^{\circ}\text{C}$ 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 $t_c = 100^{\circ}\text{C}$. Определяем по диаграмме (рис. 4.3) при $t_c = 100^{\circ}\text{C}$ и $W_p = 8\%$ требуемую степень насыщенности $\phi = 0,69$.

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 $\phi = 0,85$; $t_c = 105^{\circ}\text{C}$.

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.

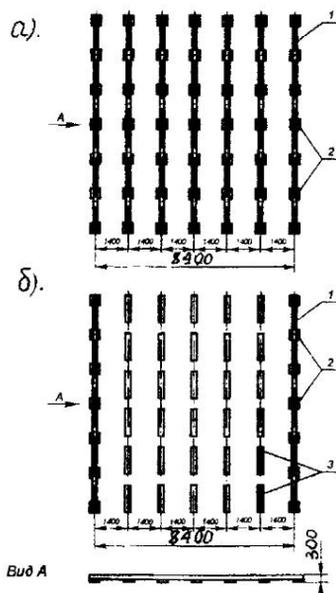


Рис. 5.1. Схема подштабельных фундаментов для укладки пакетных штабелей краном в закрытом неотапливаемом складе (а) и автопогрузчиком под навесом (б):
1 - прогон; 2 - опоры-подкладки, 3 - переносные подставки.

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

В закрытом отапливаемом складе фундамент устраивают из деревянных брусков сечением не менее 100 x 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.

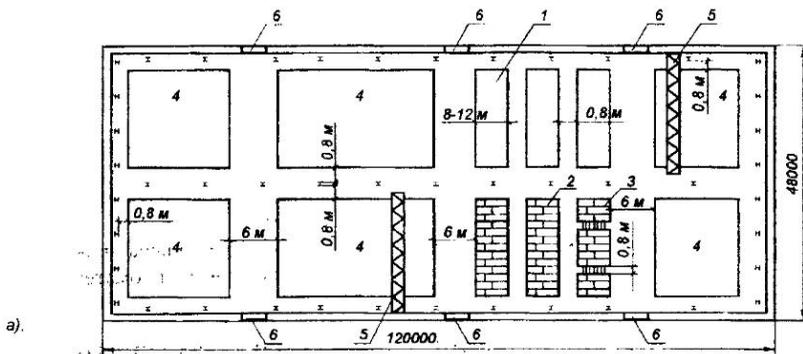
При укладке краном штабеля могут быть сплошные и секционные. В сплошном штабеле все вертикальные ряды пакетов связаны между собой межпакетными прокладками, в секционном – несколько вертикальных рядов (не менее трех) связаны общими межпакетными прокладками. Разрывы между секциями не менее 0,8 м.

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.

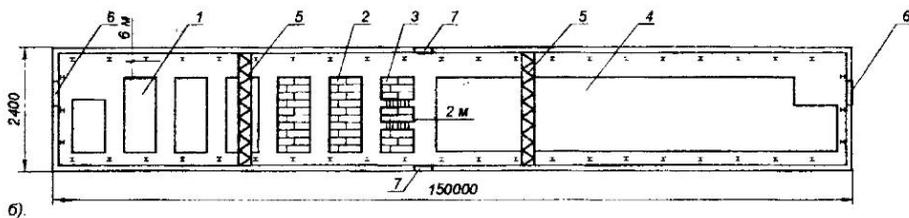
Горизонтальные ряды пакетов в штабеле отделяются друг от друга межпакетными прокладками квадратного сечения не менее 100 x 100 мм. Прокладки изготовляют из пиломатериалов влажностью не более 22% без гнили и синевы. Количество межпакетных прокладок в горизонтальном ряду штабеля должно соответствовать 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 допускается 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.

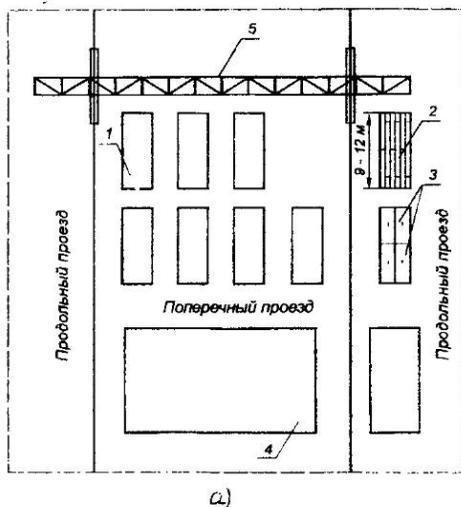


а).

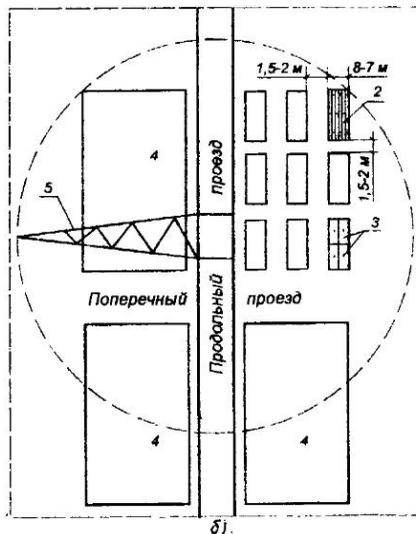


б).

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.



а).



б).

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.

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 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 определяются 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 пи- ломатериалов 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
II	7 ± 3	12	11	10
	10 ± 3	15	14	13
	15 ± 3	20	19	18
III	10 ± 4	16	14	13
	15 ± 4	21	19	18

Например, для пиломатериалов, высушенных по II категории качества до 10%, установить допустимый срок хранения, если средняя температура в складе 15°C, 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.

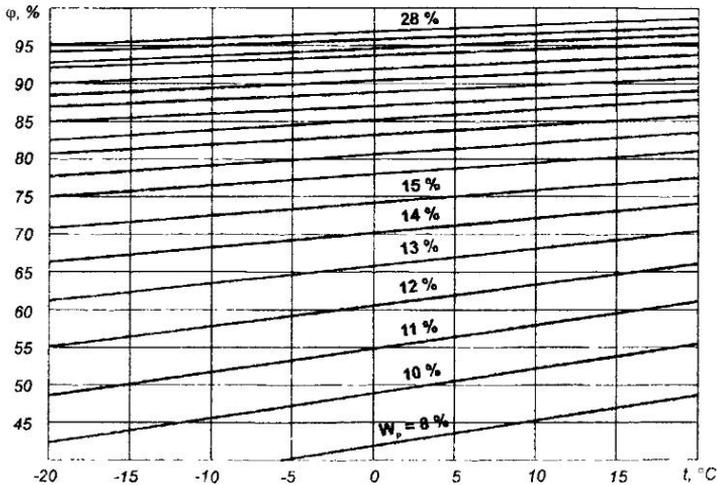


Рис.5.4. Диаграмма равновесной влажности.

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, с ограниченными сроками хранения, приведенными в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Категория качества сушки	Wк, %	Климатические зоны				Wр max, %
		1	2	3	4	
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	Wк, %	Климатические зоны				Wр max, %
		1	2	3	4	
II	7 ± 3	не допускается	не допускается	май, июнь*	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-й климатическим зонам

Если среднемесячная равновесная влажность Wр превышает табличные значения на 1%, срок хранения устанавливается до 1 месяца.

Исходными данными для определения среднемесячной Wр 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 доскам (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

$$\tau = \tau_{\text{исх}} \cdot A_p \cdot A_{\text{ц}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{к}} \cdot A_{\text{д}}, \quad (1)$$

где

$\tau_{\text{исх}}$ - исходная продолжительность собственно сушки пиломатериалов заданной породы и размеров нормальным режимом от начальной влажности 50% до конечной 12% в камерах с реверсивной циркуляцией средней интенсивности (расчетная скорость сушильного агента по материалу 1 м/с), ч;

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

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

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

Таблица 6.1

Исходная продолжительность сушки $t_{исх}$ пиломатериалов, ч, в камерах периодического действия при низкотемпературном 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	
Сосна, ель, пихта, кедр							
До	16	23	25	26	27	27	27
	19	29	31	32	33	33	33
	22	34	37	39	39	39	39
	25	45	50	53	54	55	55
	32	59	63	68	72	73	73
	40	71	79	84	86	88	88
	50		93	99	100	104	105
	60		103	114	122	125	130
	70			147	161	178	194
	75			156	177	197	218
100			340	354	379	432	
Осина, липа, тополь							
До	16	29	31	33	34	34	34
	19	36	38	39	40	40	40
	22	43	45	47	53	54	54
	25	59	62	64	66	67	68
	32	73	80	84	88	89	91
	40	81	87	93	96	99	102
	50		98	109	116	119	123
	60		112	128	140	152	164
	75			253	282	311	344
Лиственница							
До	16	58	63	64	67	68	68
	19	68	72	74	77	77	77
	22	75	80	83	86	87	87
	25	83	88	91	92	93	94
	32	94	99	104	108	110	113
	40	113	129	144	157	166	175
	50		182	224	256	279	304
	60		235	304	361	400	443
	70			431	521	585	635
	75			466	574	650	737
Береза, ольха							
До	16	36	37	37	38	39	39
	19	44	45	47	47	48	48
	22	50	51	53	54	55	55
	25	67	73	78	81	83	84

Продолжение таблицы 6.1

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
32	81	85	88	91	92	94
40	93	96	100	101	105	107
50		115	130	141	149	158
60		155	187	213	231	249
75			377	420	463	514
Бук, клен, берест, ясень, ильм						
До 16	58	59	61	63	63	63
19	65	68	71	73	73	74
22	73	77	80	81	82	83
25	91	94	96	99	101	102
32	102	109	115	118	120	122
40	114	126	140	152	159	167
50		170	199	225	239	255
60		250	296	339	367	396
75			591	657	728	805
Дуб, орех, граб						
До 16	84	85	85	87	87	88
19	88	91	94	96	96	97
22	97	101	104	105	106	107
25	117	125	132	136	138	140
32	146	173	193	206	214	221
40	183	234	269	293	307	321
50		365	431	488	520	551
60		562	679	777	841	905
75			1086	1209	1340	1483

Таблица 6.2

Значение коэффициента A_c в формуле (1) для камер с реверсивной циркуляцией

Произведение $T_{\text{цик}} \cdot A_p$, ч	Скорость циркуляции $\omega_{\text{мат}}$ 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	2,40	1,65	1,00	0,81	0,67	0,59	0,54	0,52
60	2,03	1,58	1,00	0,84	0,71	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	0,88
180	1,15	1,10	1,00	0,96	0,95	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 умножается на 1,1.

В тех случаях, когда $\omega_{\text{мат}}$ 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, 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 $A_{\text{в}}$, зависящий от начальной $W_{\text{н}}$ и конечной $W_{\text{к}}$ влажности, определяют по табл. 6.3.

Таблица 6.3

Значения коэффициента $A_{\text{в}}$ в формуле (1)

Начальная влажность, $W_{\text{н}}$, %	Конечная влажность $W_{\text{к}}$, %											
	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 $A_{\text{к}}$, учитывающий длительность влаготеплообработки и кондиционирования древесины в камере, имеет следующие значения. I категория качества – 1,2; II категория – 1,15; III – 1,05; 0 – 1,00.

Коэффициент $A_{\text{д}}$ для заготовок находят в зависимости от отношения длины материала L к ее толщине S_1 по табл. 6.4. Для пиломатериалов $A_{\text{д}} = 1$.

Таблица 6.4

Значения коэффициента $A_{\text{д}}$

Отношение длины заготовок L к ее толщине S_1	40	35	30	25	20	15	10	7	5
$A_{\text{д}}$	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 основных обрезных заготовок сечением 40 x 160 мм длиной 1 м по II категории качества от начальной влажности 60% до конечной 8% в эжекционной камере Гипродревпрома (реверсивная циркуляция, $\omega_{\text{мат}} = 1$ м/с).

Продолжительность сушки $\tau = \tau_{\text{исх}} \cdot A_p \cdot A_{ц} \cdot A_{в} \cdot A_{ж} \cdot A_{д}$. Находим: $\tau_{\text{исх}} = 88$ ч (табл. 6.1), $A_p = 1,00$; $A_{ц} = 1,00$ (табл. 6.2); $A_{ж} = 1,15$; $A_{в} = 1,25$ (табл. 6.3); $A_{д} = 0,93$ (табл. 6.4). Отсюда

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

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, $\omega_{\text{мат}} = 2$ м/с). Находим: $\tau_{\text{исх}} = 105$ ч. (табл. 6.1); $A_p = 0,8$; произведение $\tau_{\text{исх}} \cdot A_p = 105 \cdot 0,8 = 84$; $A_{ц} = 0,77$ (по табл. 6.2 с интерполяцией); $A_{в} = 1,29$ (табл. 6.3); $A_{ж} = 1,05$; $A_{д} = 1$ (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

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

где

$\tau_{\text{исх}}$ - исходная продолжительность собственно сушки сосновых пиломатериалов заданных размеров стандартным высокотемпературным 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 ($A_{п}$), 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 $\tau_{\text{исх}}$ находят в зависимости от толщины S_1 и ширины S_2 пиломатериалов по табл. 6.5.

Таблица 6.5

**Исходная продолжительность сушки 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_n : для ели, сосны, пихты, кедра - 1,0; осины - 1,1; березы - 1,4; лиственницы - 4,0.

Коэффициент A_n при реверсивной циркуляции принимают в зависимости от скорости сушильного агента по материалу ω_{mat} 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_n , зависящий от начальной и конечной влажности, определяют по табл. 6.6.

Таблица 6.6

Значения коэффициента A_n 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_T , 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

$$A_T = \frac{A_{T1} \cdot \Delta W_1 + A_{T2} \cdot \Delta W_2}{W_H - W_K}, \quad (3)$$

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 ($\Delta W_1 = W_H - 20\%$);

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

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

Коэффициент A_k , учитывающий длительность влаготеплообработки и кондиционирования, а также время подъема температуры и подсушки материала, определяют по табл. 6.7 в зависимости от категории качества, толщины материала и произведения

$$T_{исх} \cdot A_n \cdot A_d \cdot A_b \cdot A_T \cdot A_d$$

Т а б л и ц а 6.7

Значения коэффициента A_k в формуле (2)

$T_{исх} \cdot A_n \cdot A_d \cdot A_b \cdot A_T \cdot A_d$, ч	A_k		$T_{исх} \cdot A_n \cdot A_d \cdot A_b \cdot A_T \cdot A_d$, ч	A_k	
	при толщине S_1 , мм			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_b , A_k находят по таблицам путем интерполяции.

Пример 3. Определить продолжительность сушки высокотемпературным режимом сосновых досок сечением 50 x 130 мм длиной 3 м по III категории качества от начальной влажности 100% до конечной влажности 8% в камере с реверсивной цирку-

лящей при скорости агента сушки по материалу 2,5 м/с. Фактическое состояние сушильного агента соответствует стандартному режиму.

Применяем формулу (2): $\tau = \tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_{ц} \cdot A_b \cdot A_T \cdot A_d \cdot A_k$. Находим: $\tau_{исх} = 32,5$ ч (табл. 6.5); $A_n = 1,0$; $A_{ц} = 0,85$; $A_b = 2,00$ (табл. 6.6); $A_T = 1$ (по условиям примера); $A_d = 1$. Тогда $\tau_{исх} \cdot A_n \cdot A_{ц} \cdot A_b \cdot A_T \cdot A_d$ 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.

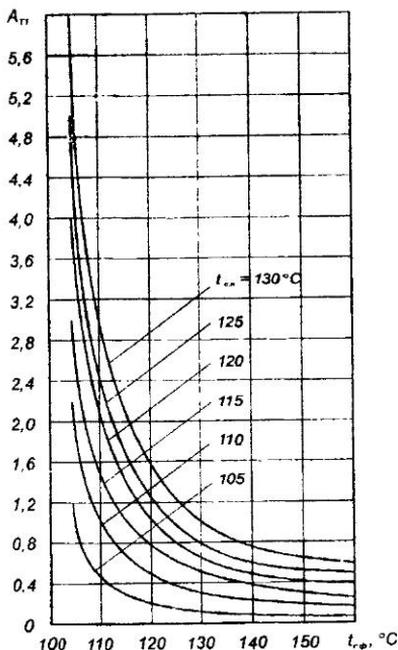
Пример 4. Определить продолжительность сушки по условиям примера 3, но при температуре сушильного агента, отклоняющейся от регламентируемой стандартным режимом по стандартному режиму $t_{1н} = 110^\circ\text{C}$, $t_{2н} = 118^\circ\text{C}$, фактически $t_{1ф} = 107^\circ\text{C}$, $t_{2ф} = 112^\circ\text{C}$.

Находим по рис. 6.1 значения коэффициентов A_{T1} и A_{T2} : $A_{T1} = 1,4$; $A_{T2} = 1,6$.
Вычисляем A_T

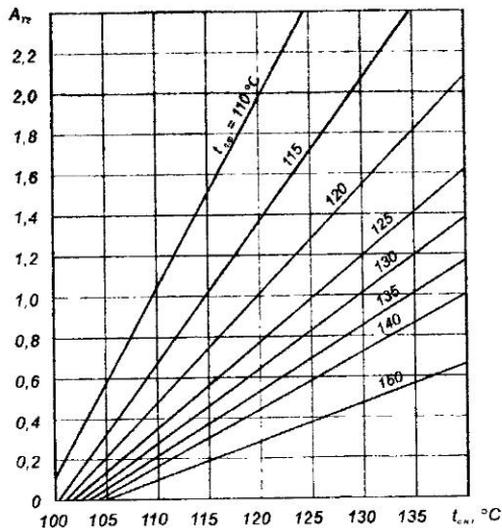
$$\frac{\Delta W_1 \cdot A_{T1} + \Delta W_2 \cdot A_{T2}}{W_n - W_k} = \frac{(100 - 20) \cdot 1,4 + (20 - 8) \cdot 1,6}{100 - 8} = 1,42$$

Значения $\tau_{исх}$ и коэффициентов A_n , $A_{ц}$, A_b , A_d остаются такими же, как в примере 3.

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



а)



б)

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

6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ В КАМЕРАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

По принципу работы и характеру циркуляции агента сушики 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 сушики. Продолжительность сушики пиломатериалов в этих камерах определяется по формуле (1) и рекомендациям подраздела 6.1.

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

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

где

$\tau_{исх}$ - исходная продолжительность сушики 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_n, A_n, A_k - коэффициенты, учитывающие породу древесины A_n , интенсивность циркуляции $A_{ц}$, начальную и конечную влажность A_n , качество сушики A_k .

Исходную продолжительность сушики $\tau_{исх}$ 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 $A_{ц}$ для обрезного материала находят по табл. 6.9 в зависимости от толщины материала S_1 , конструкции камер, категории режимов сушики 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 $A_{ц}$ 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 сушики 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						
	40 - 50	60 - 70	80 - 100	110 - 130	140 - 180	более 180 и для необрезных	
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_c в формуле (4)
для камер различной конструкции**

Толщина пилотажных диафрагм S_p , мм	С поперечной штабелевой и прямолинейной циркуляцией				С зигзагообразной циркуляцией				С продольной штабелевой и прямоугольной циркуляцией	
	ско- рость ω габ.р м/с	A_c при режимах			ско- рость ω габ.р м/с	A_c при режимах			ско- рость ω габ.р м/с	A_c при нор- мальных режимах
		мяг- ких	нор- маль- ных	фор- сиро- ван- ных		мяг- ких	нор- маль- ных	фор- сиро- ван- ных		
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	0,3	-	-	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
	0,1	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
	$\geq 2,0$	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

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

Таблица 6.10

Поправочный коэффициент к величине A_c для необрезного материала

Скорость ω таб.р. м/с	Толщина пилотатериалов 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	

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	
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	
	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	
70	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	
	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	
60	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	
	60 и более	1,26	1,11	1,00	0,78	0,69	1,00	0,75	0,65	
50	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	

Продолжение табл. 6.11

Начальная влажность W_n , %	Толщина пиломатериалов S_l , мм	Нормальные и форсированные режимы					Мягкие режимы			
		конечная влажность W_k , %								
		8	10	12	18	20-22	10-12	18	20-22	
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	
	25	0,63	0,54	0,47	0,40	0,38	0,38	0,36	0,26	
	32	0,72	0,61	0,52	0,40	0,37	0,37	0,33	0,24	
	40	0,78	0,65	0,55	0,40	0,36	0,36	0,32	0,22	
	50	0,81	0,68	0,57	0,39	0,32	0,32	0,32	0,22	
	60 и более	0,83	0,68	0,57	0,33	0,26	0,26	0,32	0,22	
25	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	-	
	40	0,66	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	-	
20	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 влагообработки 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_n , A_v находят по таблицам путем интерполяции.

Пример 5. Определить продолжительность сушки по 0 категории качества сосновых обрезных досок сечением 32 x 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 вентиляторной установки 120 тыс. м³/ч.

Площадь габаритного сечения штабеля $F_{\text{габ.}} = 7,0 \cdot 2,9 = 20,3 \text{ м}^2$. Расчетная скорость

$$\omega_{\text{габ.р}} = \frac{V_{\text{в.н.}}}{3600 \cdot F_{\text{габ.}}} = \frac{120000}{3600 \cdot 20,3} = 1,64 \text{ м/с}$$

Продолжительность сушки $\tau = \tau_{\text{исх.}} \cdot A_n \cdot A_v \cdot A_k$. Находим: $\tau_{\text{исх.}} = 80$ ч (табл. 6.8); $A_n = 1,0$; $A_v = 0,83$ (по табл. 6.9 с интерполяцией); $A_k = 0,94$ (табл. 6.11); $A_k = 1,0$. Отсюда $\tau = 80 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 62$ ч.

Пример 6. Определить продолжительность сушки нормальным режимом по III категории качества сосновых обрезных досок сечением 40 x 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 вентиляторной установки 35 тыс. м³/ч

Площадь габаритного сечения штабеля $F_{\text{габ.}} = 6,5 \cdot 2,6 = 16,9 \text{ м}^2$. Расчетная скорость

$$\omega_{\text{габ.р}} = \frac{V_{\text{в.ч.}}}{3600 \cdot F_{\text{габ.}}} = \frac{35000}{3600 \cdot 16,9} = 0,575 \text{ м/с}$$

Находим: $\tau_{\text{исх.}} = 65,0$ ч (табл. 6.8); $A_n = 1,0$; $A_v = 0,91$ (по табл. 6.9 с интерполяцией); $A_k = 1,35$ (табл. 6.11); $A_k = 1,05$. Отсюда продолжительность сушки $\tau = 65 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 1,35 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 84$ 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

$$\Pi = n \cdot E, \quad (1)$$

где

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

E – вместимость (емкость) камеры, m^3 древесины.

Число оборотов камеры определяется по выражению

$$n = T / \tau, \quad (2)$$

где

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

$$n = (365 / \tau) C, \quad (4)$$

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

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

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

$$\beta = \beta_d \cdot \beta_{ш} \cdot \beta_v \cdot \frac{100 - Y_0}{100}, \quad (6)$$

где

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

Y_0 - объемная усушка древесины, учитывающая уменьшение ее объема при высушении до номинальной влажности товарных пиломатериалов ($W = 15\%$). Y_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

Значения коэффициента $\beta_{ш}$

Вид пиломатериалов	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_n 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_n увеличивается. Для такого штабеля β_n 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 $L \cdot B \cdot H \cdot \eta$ 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 обследованиях 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

Годовая производительность камеры при сушке пиломатериалов определенной характеристики при заданных режимах (мягких, нормальных, форсированных, высоко-температурных) и определенной категории качества вычисляются по формуле

$$П = \frac{365}{\tau} \cdot C \cdot E = \frac{335}{\tau} \cdot \Gamma \cdot \beta, \quad (10)$$

где

П – производительность, м³/год;

τ – продолжительность оборота камеры, сут.;

E – вместимость камеры, м³ древесины, равная произведению габаритного объема загружаемых в камеру штабелей Γ (м³) на объемный коэффициент заполнения штабеля β ;

C – коэффициент технического использования.

Плановая продолжительность работы камер в течение календарного года с учетом необходимости их периодического ремонта принимается равной 335 суткам, при этом коэффициент технического использования камер равен $C = 0,92$.

Пример 1. Определить нормативную годовую производительность двухштабельной камеры СПЛК-2 (средняя скорость воздуха по материалу 2 м/с) при сушке в ней сосновых обрезных досок сечением 40 x 120 мм форсированным режимом по II категории качества от начальной влажности 80 до конечной 8 %. Размеры штабеля L = 6,5 м, B = 1,8 м, H = 2,6 м, прокладки толщиной 25 мм, укладка без шпаций.

Находим продолжительность сушки в соответствии с разделом 6 по формуле

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} A_p \cdot A_x \cdot A_b \cdot A_d \cdot A_n$$

По таблицам раздела 6 получаем $\tau_{\text{исх}} = 86$ ч; $A_p = 0,8$; $A_x = 1,15$; $A_d = 1$; $A_n = 1,43$; $A_b = 0,73$.

Тогда $\tau_{\text{суш}} = 86 \cdot 0,8 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 0,73 = 82,5$ ч, или 3,44 сут.

Продолжительность оборота камеры $\tau_k = 3,44 + 0,1 = 3,54$ сут. Габаритный объем штабелей $\Gamma = L \cdot B \cdot H \cdot m = 6,5 \cdot 1,8 \cdot 2,6 \cdot 2 = 60,8$ м³. Объемный коэффициент заполнения штабеля на прокладках толщиной 25 мм (см. табл. 7.2) $\beta = 0,438$. Отсюда производительность камеры (формула 10)

$$П = \frac{335}{\tau} \cdot \Gamma \cdot \beta = \frac{335}{3,54} \cdot 60,8 \cdot 0,438 = 2520 \text{ м}^3/\text{год}$$

Пример 2. Определить фактическую производительность камеры СПЛК-2 по результатам испытаний.

В процессе испытаний при сушке материала, характеристика которого соответствует данным примера 1, установлено, что вместимость камеры составила 26,3 м³ древесины, продолжительность сушки 84 ч, продолжительность загрузки и разгрузки камеры – 3 ч

Находим продолжительность оборота камеры

$$\tau = \frac{84 + 3}{24} = 3,63 \text{ сут.}$$

Отсюда фактическая годовая производительность

$$П = \frac{335}{\tau} \cdot E = \frac{335}{3,63} \cdot 26,3 = 2430 \text{ м}^3/\text{год.}$$

7.2 МЕТОД РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР В УСЛОВНОМ МАТЕРИАЛЕ

Поскольку сушке подвергаются пиломатериалы различной характеристики, производительность лесосушильных камер в объеме высушиваемой древесины значительно колеблется. Поэтому для учета и планирования работы камер установлена учетная и плановая единица – кубический метр условного материала.

Условному материалу эквивалентны сосновые обрезные доски толщиной 40 мм, шириной 150 мм, высушиваемые по II категории качества от начальной влажности 60 до конечной 12%.

Нормативная годовая производительность камеры на условном материале Π_y рассчитывается по формуле

$$\Pi_y = 365 / \tau_y \cdot C \cdot \beta_y \cdot \Gamma = 335 / \tau_y \cdot \beta_y \cdot \Gamma, \quad (11)$$

где

τ_y – продолжительность оборота камеры при сушке условного материала, сут.;

β_y – объемный коэффициент заполнения штабеля условным материалом,

Γ – габаритный объем загружаемых в камеру штабелей, м³;

$C = 0,92$

Выражение

$$335 / \tau_y \cdot \beta_y$$

в формуле (11) представляет собой годовую производительность камеры, габаритный объем штабелей в которой равен 1 м³. Обозначим его $\Pi_{y,уд}$ и назовем удельной производительностью камеры на условном материале.

Тогда

$$\Pi_y = \Pi_{y,уд} \cdot \Gamma \quad (12)$$

Удельная производительность $\Pi_{y,уд}$ зависит от типа камеры, интенсивности циркуляции в ней сушильного агента и категории режимов сушки. Ее нормативные значения (в кубометрах древесины в год на 1 м³ габаритного объема штабелей) для камер основных типов при использовании прокладок толщиной 25 мм приведены в табл. 7.3 (камеры периодического действия) и табл. 7.4 (камеры непрерывного действия), в которых для справок указаны также продолжительность оборота камеры (τ_y , сут.) и принятая для расчетов скорость циркуляции.

В соответствии с разделом 6 в камерах периодического действия продолжительность сушки при учете интенсивности циркуляции зависит от скорости сушильного агента по материалу ω_{mat} . Принятые для расчетов и указанные в табл. 7.3 значения ω_{mat} выбраны на основании обобщения результатов испытаний камер. Для камер непрерывного действия базовой является условная (расчетная) скорость в габаритном сечении штабеля ($\omega_{габ,р}$), представляющая собой частное от деления секундной производительности циркуляционных вентиляторов на площадь габаритного сечения штабеля, перпендикулярного направлению в нем воздушного потока

$$V_B / F_{габ}$$

Принятые для расчетов и указанные в табл. 7.4 значения $\omega_{габ,р}$ обеспечивают минимальную себестоимость сушки при сохранении целостности материала.

Габаритный объем штабелей Г для камер с поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией следует вычислять по длине $L = 6,5$ м.

П р и м е р 3 Определить нормативную годовую производительность в условном материале противоточной камеры с поперечной штабелевкой типа СП-5КМ при сушке мягкими режимами.

В сушильной зоне камеры размещается 10 штабелей. Размеры штабеля $6,5 \times 1,8 \times 2,9$ м. Находим габаритный объем штабелей

$$G = 6,5 \cdot 1,8 \cdot 2,9 \cdot 10 = 339,3$$

По табл. 7.4 $\Pi_{у.уд} = 24$. Годовая производительность камеры в условном материале (формула 12)

$$\Pi_{у} = G \cdot \Pi_{у.уд} = 339,3 \cdot 24,0 = 8143 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Т а б л и ц а 7.3

Нормативная (плановая) годовая удельная производительность камер периодического действия в условном материале*

Тип камер	Скорость по материалу, $\omega_{мат}$, м/с	Значения $\tau_{у}$ и $\Pi_{у.уд}$ при режимах							
		мягких (М)		нормальных (Н)		форсированных (Ф)		высокотемпературных (В)	
		$\tau_{у}$	$\Pi_{у.уд}$	$\tau_{у}$	$\Pi_{у.уд}$	$\tau_{у}$	$\Pi_{у.уд}$	$\tau_{у}$	$\Pi_{у.уд}$
Камеры в строительных ограждениях									
1. С естественной циркуляцией	0,2			7,2	15,0				
				7,7	15,0				
2. С циркуляцией слабой интенсивности, например, ЦНИИМОД-39	0,5			5,9	25,0				
				6,6	24,0				
3. С циркуляцией средней интенсивности, например, ЦНИИМОД-23, ВИАМ, эжекционной Гипродревпрома	1,0	7,3	20,0	4,3	34,0	3,5	42		
		8,6	18,5	5,1	31,0	4,1	39		
4. С циркуляцией повышенной интенсивности, например, ВК-4, СПЛК-2.	2,0	6,8	22	3,4	43	2,6	56,5		
		8,1	20	4,2	38	3,2	49,5		
Сборно-металлические камеры									
5. с переверсивной циркуляцией, (СКД)	2,0							1,65	89,0
								2,3	69,0
6. С реверсивной циркуляцией, например, СПМ-2К, СПВ-62, УЛ-2	1,5	6,8	21,5	3,7	39,5	2,95	49,5		
		8,2	19,5	4,5	35,5	3,5	45,5		
				3,4	43	2,6	56,5	1,55	94,5
7. То же	2,0			4,2	38	3,2	49,5	2,15	74
				3,3	44,5	2,4	61,0	1,4	105
8. То же	2,5			4,1	38,5	3,0	53	1,9	83,5
				3,1	47,5	2,3	64,0	1,3	113
9. То же	3,0			4,0	40,0	2,9	55,0	1,8	88,0

*В числителе приведены значения для нового условного материала, в знаменателе как справочные для ранее принятого условного материала (сосновые доски сечением 50×150 мм).

Нормативная (плановая) годовая удельная производительность камер непрерывного действия на условном материале*

Тип камер	Расчетная скорость, $\omega_{\text{таб.р.}}$, м/с, при режимах			Значение τ_y и $\Pi_{y,уд}$					
				М		Н		Ф	
	М	Н	Ф	τ_y	$\Pi_{y,уд}$	τ_y	$\Pi_{y,уд}$	τ_y	$\Pi_{y,уд}$
1. Противочучные с поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией	0,78	0,95	1,26	6,05	24**	3,1	47	2,4	61
	0,65	0,89	1,1	7,7	20,5	4,2	38	3,2	50
2. Противочучные с продольной штабелевкой и зигзагообразной циркуляцией	0,41	0,48	0,67	6,05	24,0	3,1	47	2,4	61
	0,34	0,45	0,58	7,7	20,5	4,2	38	3,2	50
3. Противочучные с продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией		1,25				3,1	34,0		
		1,1				4,2	27,0		

*Для справок в знаменателе приведены значения $\Pi_{y,уд}$ для ранее принятых в качестве условного материала досок толщиной 50 мм.

**Для камер с крупногабаритными штабелями, уложенными на прокладках толщиной 32 мм, $\Pi_{y,уд} = 22$.

7.3 ПЕРЕВОД ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР НА МАТЕРИАЛЕ ЗАДАННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ НА УСЛОВНОМ МАТЕРИАЛЕ

Производительность камеры на материале заданной характеристики (Π) переводится в производительность на условном материале (Π_y) умножением на переводной коэффициент K

$$\Pi_y = \Pi \cdot K \quad (13)$$

Из выражений (13) и (10) находим переводной коэффициент

$$K = \frac{\Pi_y}{\Pi} = \frac{\frac{335 \cdot E_y}{\tau_y}}{\frac{335 \cdot E}{\tau}} = \frac{\tau}{\tau_y} \cdot \frac{E_y}{E} = K_\tau \cdot K_E, \quad (14)$$

где

τ и E – продолжительность оборота камеры и ее вместимость на материале заданной характеристики;

τ_y и E_y – продолжительность оборота камеры и ее вместимость на условном материале

Таким образом, общий переводной коэффициент K равен произведению двух составляющих:

коэффициента продолжительности оборота

$$K_\tau = \tau / \tau_y \quad (15)$$

и коэффициента вместимости камеры

$$K_E = \frac{E_y}{E}, \quad (16)$$

который при постоянстве габаритного объема штабелей может быть выражен отношением объемных коэффициентов заполнения

$$K_E = \frac{\beta_y}{\beta} \quad (17)$$

В объем условного материала может переводиться как расчетная (Π_p), так и фактическая (Π_Φ) производительность камеры на материале заданной характеристики. В обоих случаях коэффициенты K_C и K_E определяются по расчетным значениям продолжительности оборота и вместимости камеры

$$\Pi_{y.p} = \Pi_p \cdot K_C \cdot K_E = \Pi_p \cdot \frac{\tau_p}{\tau_{y.p}} \cdot \frac{E_{y.p}}{E_p} \quad (18)$$

$$\Pi_{y.\Phi} = \Pi_\Phi \cdot K_C \cdot K_E = \Pi_\Phi \cdot \frac{\tau_p}{\tau_{y.p}} \cdot \frac{E_{y.p}}{E_p} \quad (19)$$

Фактическая производительность камеры в условном материале может быть также определена, исходя из установленных при испытании фактической продолжительности оборота τ_Φ и фактической вместимости камеры E_Φ , а также ее расчетной производительности на условном материале $\Pi_{y.p}$, расчетной продолжительности τ_p и вместимости E_p при характеристиках материала во время испытаний по формуле

$$\Pi_{y.\Phi} = \Pi_{y.p} \cdot \frac{\tau_p}{\tau_\Phi} \cdot \frac{E_\Phi}{E_p} \quad (20)$$

П р и м е р 4. Перевести в объем условного материала нормативную производительность камеры СПЛК-2 при сушке форсированным режимом сосиновых досок сечением 40 x 120 мм по II категории качества при начальной и конечной влажности соответственно 80 и 8 % Доски обрезные.

По расчету, приведенному в примере 1, нормативная производительность камеры при заданных условиях составляет 2520 м³/год. Для перевода ее в объем условного материала по формуле (18) находим: $\tau_p = 3,54$ сут., $\tau_{y.p} = 2,6$ сут. (см. табл. 7.3);

$$K_C = \frac{\tau_p}{\tau_{y.p}} = \frac{3,54}{2,60} = 1,36$$

$$\beta_p = 0,438; \quad \beta_{y.p} = 0,438 \text{ (см. табл. 7.2);}$$

$$K_E = \frac{E_{y.p}}{E_p} = \frac{\beta_{y.p}}{\beta_p} = \frac{0,438}{0,438} = 1,0.$$

Отсюда нормативная производительность камеры на условном материале

$$\Pi_{y.p} = 2520 \cdot 1,36 \cdot 1,0 = 3430 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Такая же производительность на условном материале получится, очевидно, при ее непосредственном расчете по формуле (12), $\Pi_{y.ул} = 56,5$ (табл. 7.3); $\Gamma = 60,8$ (см. пример 1); $\Pi_{y.p} = 56,5 \cdot 60,8 = 3430 \text{ м}^3/\text{год}$

Пр и м е р 5. Найденная при испытании производительность камеры СПЛК-2 на материале указанной в примере 4 характеристики составляет 2430 м³/год при фактической продолжительности оборота камеры 3,63 сут. и фактической ее вместимости 26,3 м³. Определить ее фактическую (показанную при испытаниях) производительность на условном материале.

Для решения этого примера можно воспользоваться либо уравнением (19), для чего необходимо знать только фактическую производительность на заданном материале, либо уравнением (20), для чего достаточно знать фактическую продолжительность оборота камеры и фактическую вместимость.

Определяем:

По уравнению (19) $\Pi_{y,\phi} = \Pi_{\phi} \cdot K_{\phi} \cdot K_E = 2430 \cdot 1,36 \cdot 1,0 = 3300 \text{ м}^3/\text{год}$ (значения K_{ϕ} и K_E определены в примере 4)

По уравнению (20)

$$\Pi_{y,\phi} = \Pi_{y,p} \cdot \frac{\tau_p}{\tau_{\phi}} \cdot \frac{E_{\phi}}{E_p}$$

По данным предыдущего примера $\Pi_{y,p} = 3430 \text{ м}^3/\text{год}$; $\tau_p = 3,54 \text{ сут.}$, $E_p = 60,8 \cdot 0,438 = 26,7 \text{ м}^3$. По условиям примера $\tau_{\phi} = 3,63 \text{ сут.}$, $E_{\phi} = 26,3 \text{ м}^3$.

Отсюда

$$\Pi_{y,\phi} = 3430 \cdot \frac{3,54}{3,63} \cdot \frac{26,3}{26,7} = 3430 \cdot 0,975 \cdot 0,985 = 3300 \text{ м}^3/\text{год}$$

7.4. ПЕРЕВОД ОБЪЕМА ВЫСУШЕННОЙ ИЛИ ПОДЛЕЖАЩЕЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ В ОБЪЕМ УСЛОВНОГО МАТЕРИАЛА

Объем однородной партии фактически высушенной или подлежащей сушке древесины (Φ_i) переводится в объем условного материала (Y_i) по формуле, аналогичной выражению (19)

$$Y_i = \Phi_i \cdot K_{\phi} \cdot K_E = \Phi_i \cdot \frac{\tau_p}{\tau_{y,p}} \cdot \frac{\beta_{y,p}}{\beta_p} \quad (21)$$

Объем фактически высушенной древесины и соответствующий объем условного материала учитывают отдельно для каждой камеры в специальном журнале (форма 1), в которой последовательно записывают данные по каждому обороту камеры или (при загрузке разнородного материала) по каждому штабелю.

Объем фактически высушенной древесины определяется по числу и размерам загруженных в камеру досок и заготовок путем суммирования их табличного объема, а значения τ_p , $\tau_{y,p}$, β_p и $\beta_{y,p}$ находят в соответствии с приведенными рекомендациями и разделом 6.

Общий объем высушенной за заданный период времени древесины в натуральном (Φ) и условном (Y) исчислении определяется суммой

$$\Phi = \sum \Phi_i; \quad (22)$$

$$Y = \sum (\Phi_i \cdot K_{\phi} \cdot K_E). \quad (23)$$

Форма 1 рекомендуется также для использования при планировании работы камер и их проектирования для определения суммарного объема сушки в условном исчислении по заданной спецификации и объему пиломатериалов, подлежащих сушке.

Пример 6. В камере периодического действия с циркуляцией средней интенсивности при работе на нормальных режимах высушено:

- 1). основных необрезных досок II категории качества толщиной 32 мм от начальной влажности 75 % до конечной влажности 9 % на прокладках 25 мм – 175 м³.
- 2). буковых заготовок I категории качества сечением 45 х 70 мм, длиной 0,8 м от начальной влажности 65 % до конечной 7 % с прокладками из этих же заготовок – 125 м³.

Перевести объем высушенной древесины в объем условного материала.

1) Сосновые пиломатериалы.

Определяем нормативные значения K_{τ} и K_E (формулы 15 и 16). Для этого рассчитываем продолжительность процесса на высушиваемом материале

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} \cdot A_p \cdot A_{\text{ц}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{х}} \cdot A_{\text{д}} = 74 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,31 \cdot 1,15 \cdot 1 = 111,5 \text{ ч} = 4,65 \text{ сут.}$$

Продолжительность оборота камеры $\tau = \tau_{\text{суш}} + \tau_{\text{з.р}} = 4,65 + 0,1 = 4,75$ сут.

Продолжительность оборота камеры на условном материале равна 4,3 суток.

Тогда

$$K_{\tau} = \frac{\tau}{\tau_{\text{у}}} = \frac{4,75}{4,3} = 1,1$$

Расчетная величина K_E определится. (Значения $\beta_{\text{у}}$ и β взяты из табл. 7.2).

$$K_E = \frac{E_{\text{у}}}{E} = \frac{\beta_{\text{у}}}{\beta} = \frac{0,438}{0,266} = 1,65$$

Объем условного материала составляет (формула 21)

$$Y_i = \Phi_i \cdot K_{\tau} \cdot K_E = 175 \cdot 1,1 \cdot 1,65 = 318 \text{ м}^3.$$

2) Буковые заготовки.

Пример решается аналогично:

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} \cdot A_p \cdot A_{\text{ц}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{х}} \cdot A_{\text{д}} = 148 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,38 \cdot 1,2 \cdot 0,9 = 220 \text{ ч} = 9,17 \text{ сут.}$$

Нормативная продолжительность оборота камеры на высушиваемом материале

$$\tau = \tau_{\text{суш}} + \tau_{\text{з.р}} = 9,17 + 0,1 = 9,27 \text{ сут.}$$

Находим $K_{\tau} = \frac{\tau}{\tau_{\text{у}}} = \frac{9,27}{4,3} = 2,15$ (формула 15 и табл. 7.3)

$$K_E = \frac{\beta_{\text{у}}}{\beta} = \frac{0,438}{0,494} = 0,887 \text{ (формула 17),}$$

где значение β определено по формуле (6)

$$\beta = \beta_{\text{д}} \cdot \beta_{\text{ш}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \frac{100 - Y_0}{100} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,59 \cdot 0,93 = 0,494$$

Объем условного материала составляет

$$Y = \Phi \cdot K_{\tau} \cdot K_E = 125 \cdot 2,15 \cdot 0,887 = 239,0 \text{ м}^3.$$

Суммарный объем условного материала

$$Y = \sum Y_i = 318 + 239,0 = 557,0 \text{ м}^3.$$

Форма 1

Порядковый номер	Характеристика пиломатериалов					Категория качества	Категория режимов сушки	Нормативная продолжительность оборота камеры, сут.		Кoeffициент $K_r = t_n / t_{y,n}$	Нормативный объемный коэффициент заполнения штабеля		Кoeffициент $K_g = f_{y,n} / f_n$	Объем пиломатериалов.		
	вид пиломатериалов (обрезной или необрезной)	порода	толщина S_1	ширина S_2	длина L			начальная влажность, % W_n	конечная влажность, % W_k		t_n	$t_{y,n}$		$f_{y,n}$	f_n	в натуральном Φ
1																
2																
3																
	Итого:													$\Sigma \Phi$,	ΣU ,	

8. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР

Методика предназначена для руководства при проведении испытаний новых и реконструированных камер периодического и непрерывного действия для сушки пиломатериалов.

Методика позволяет получать технические, технологические, энергетические, экономические и другие показатели, необходимые для сравнения камер и оценки их технического уровня.

Но основе настоящей методики составляется рабочая программа испытаний, учитывающая особенности испытываемой камеры.

8.1. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ КАМЕР

8.1.1 При испытаниях определяются технологические, технические, энергетические и технико-экономические показатели (табл. 8.1).

Т а б л и ц а 8.1

Показатели	Техническая документация	Результаты испытаний
ОСНОВНЫЕ		
1. Производительность камеры (для условных пиломатериалов), тыс. м ³ /год: при установленных методикой режимах сушки при других режимах (применяемых для испытываемой камеры)		
2. Вместимость камеры в условных пиломатериалах, м ³		
3. Масса камеры (для сборно-металлических), т		
4. Удельная металлоемкость (масса металла, отнесенная к вместимости камеры или к годовой производительности), т/м ³		
5. Удельный расход тепла: на кубометр условных пиломатериалов, кДж/м ³ на килограмм испаряемой влаги, кДж/кг		
6. Удельный расход электроэнергии: на кубометр условных пиломатериалов, кВт · ч/м ³ на килограмм испаряемой влаги, кВт · ч/кг		
7. Энергетический коэффициент полезного действия, %		
8. Показатели распределения сушильного агента:		
8.1. Средняя скорость циркуляции по материалу, м/с		
8.2. Коэффициент вариации скорости по штабелю, %		
8.3. Коэффициент использования воздушного потока, %		
8.4. Разброс температуры по камере (по длине и высоте на входе в штабель), °С		
9. Показатели качества сушки:		
9.1. средняя конечная влажность пиломатериалов в штабеле, %		
9.2. Среднее квадратическое отклонение влажности, %		
9.3. Перепад влажности по толщине пиломатериалов, %		
9.4. Показатель остаточных напряжений (относительное отклонение зубцов силовой секции), %		
9.5. Пересортица (величина перехода пиломатериалов после сушки из более высоких в более низкие сорта), %		
9.6. Неисправимые дефекты (брак), %		

Показатели	Техническая документация	Результаты испытаний
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ		
10. размеры сушильного штабеля или пакета (ширина x высота x длина), м		
11. Число штабелей или пакетов в камере, шт.		
12. Удельная поверхность нагрева calorифера (на кубометр условного материала), м ² /м ³		
13. Вид теплоносителя и его средний часовой расход (для условных пиломатериалов) при применяемых режимах, т/ч		
14. Коэффициент использования объема камеры (отношение вместимости камеры к ее внутреннему объему), %		
15. Удельные тепловые потери через ограждения (на кубометр условных пиломатериалов; учитываются потери за счет теплопередачи и инфильтрации через ограждения), кДж/м ³		
16. Оптовая цена камеры или сметная стоимость строительства		
17. Себестоимость сушки условных пиломатериалов		
18. Степень оснащенности средствами автоматизации		

8.1.2. Производительность камер и другие показатели табл. 8.1 относятся к условным пиломатериалам. За условные приняты пиломатериалы из древесины сосны толщиной 40 мм, шириной 150 мм, длиной более 1 м, высушенные от начальной влажности 60 до конечной 12% по II категории качества.

8.1.3. При расчете годовой производительности принимается, что камеры работают 335 суток в году. Продолжительность оборота (цикла сушки) для камер периодического действия складывается из продолжительности, полученной при испытаниях, и времени загрузки и выгрузки, которое принимается равным 0,1 суток.

8.1.4. Годовую производительность определяют по формуле

$$П = E \cdot n, \quad (1)$$

где

E – вместимость камеры, м³ плотной древесины условных пиломатериалов;

n – число оборотов (циклов) камеры в год.

Вместимость камеры определяют по формуле

$$E = \Gamma_{шт} \cdot m_{шт} \cdot \beta, \quad (2)$$

где

$\Gamma_{шт}$ – габаритный объем штабеля, м³;

$m_{шт}$ – число штабелей;

β – коэффициент объемного заполнения штабеля условным пиломатериалом (при укладке досок в штабеля на прокладках толщиной 25 мм и средней длине досок 5,5 м, а штабеля – 6,5 м для условных пиломатериалов $\beta = 0,438$).

8.2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И ПОДГОТОВКА КАМЕР

8.2.1 Подготовка лесосушильной камеры и материала к испытаниям.

Перед испытаниями камера тщательно осматривается, проверяется исправность ее основных узлов и оборудования, оснащенность приборами, обеспеченность теплоносителем и электроэнергией.

Для опытных сушек подготавливают сосновые или еловые обрезные доски, прошедшие сортировку. Толщина пиломатериалов 40 мм, ширина 125 – 175 мм. Начальная влажность пиломатериалов не ниже 40%, конечная влажность W при опытных сушках в камерах периодического действия – 12%, непрерывного действия – 18%. Если нет таких пиломатериалов, то допускается проводить испытание на сосновых и еловых пиломатериалах других толщин (в пределах 38 – 45 мм) и другой влажности с последующим пересчетом на продолжительность сушки условного материала.

В камерах периодического действия проводятся минимум две опытные сушки при установленном режиме, в камерах непрерывного действия – одна для трех штабелей, обязательно при полностью загруженной камере.

Для камер периодического действия при сушке условного материала установлен следующий режим: температура среды на первой ступени сушки $t = 70^{\circ}\text{C}$, степень насыщенности $\phi = 0,8$; в конце сушки – $t = 80^{\circ}\text{C}$, степень насыщенности $\phi = 0,35 - 0,4$. Начальная обработка древесины проводится при температуре $70 - 75^{\circ}\text{C}$ и психрометрической разности Δt не более 2°C . Конечная влаготеплообработка проводится при температуре $80 - 85^{\circ}\text{C}$ и Δt не более 3°C . Продолжительность начальной обработки 4 ч, конечной – 8 ч.

В камерах непрерывного действия при сушке условного материала до транспортной влажности (18 – 20 %) испытания проводятся при температуре среды в разгрузочной части камеры $52 - 53^{\circ}\text{C}$ и степени насыщенности $\phi = 0,46$.

В зависимости от назначения камер непрерывного действия при сушке до эксплуатационной влажности допускается применять при испытаниях режимы с более высокой температурой среды.

В универсальных камерах периодического действия проводятся дополнительные опытные сушки при других режимах, указанных в документации на камеры.

8.2.2 Пиломатериалы рекомендуется укладывать в штабель с соблюдением всех требований инструктивных документов. При укладке их осматривают и определяют по ГОСТ 8486-66 «Пиломатериалы хвойных пород Технические условия» (стандарт СЭВ 2369-80) «Доски обрезные хвойных пород» сорта всех досок с отметкой пороков, подготавливают и закладывают в штабель контрольные доски (по схеме на рис. 8.1, а) для определения показателей качества сушки. Для крупногабаритных штабелей (высотой более 3 м) рекомендуется увеличивать число контрольных досок.

Из контрольных досок перед укладкой их в штабель выпиливают секции для определения начальной влажности.

8.2.3. Перед закаткой подготовленных штабелей в камеру ее испытывают на холстом ходу. Испытания включают следующие основные виды проверок:

герметичности камеры путем впуска в нее пара через увлажнительные устройства;

работы вентиляторных установок, включая измерение тахометром числа оборотов двигателей и вентиляторов, степени нагрева подшипниковых узлов;

работоспособности системы подачи теплоносителя в калориферы камер, включая проверку исправности трубопроводов, запорных и регулировочных вентилей, конденсатоотводчиков, исполнительных механизмов;

работоспособности приточно-вытяжных систем камеры;

работы системы подачи воды в психрометрические устройства; электрооборудования в различных режимах управления (дистанционном, автоматическом); системы автоматического управления процессом сушки; подштабельных тележек, рельсовых путей, устройств закатки и выкатки штабелей;

работы дверей камеры, наличия и работоспособности блокировок и сигнализаций, предусмотренных технической документацией;

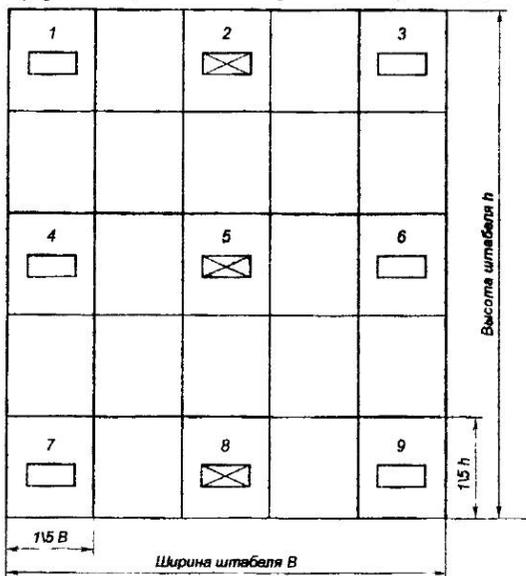
качества изготовления и монтажа основных узлов камеры.

8.2.4. Проведение опытных сушек.

Опытные сушки проводят в соответствии с инструктивными материалами по камерной сушке.

Кроме получения показателей, предусмотренных табл. 8.1, во время опытных сушек необходимо проверить работоспособность и безотказность всех механизмов; удобство обслуживания и управления; безопасность работы обслуживающего персонала.

а).



б).

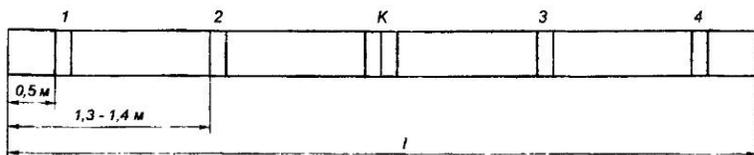


Рис. 8.1. Распределение контрольных досок в штабеле: а) - в поперечном сечении штабеля.

б). Схема раскроя досок по длине: 1 - 4 секции, выливаемые из досок 2, 5, 8;

К - центральные секции, вырезаемые из каждой контрольной доски.

8.3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

8.3.1. Определение пересортицы и брака

После выкатки из камер и остывания штабеля разбирают. При разборке доски тщательно осматривают и фиксируют пороки, появившиеся в процессе сушки. Сортность досок определяют согласно ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» для контрольных штабелей или пакетов объемом не менее 5 м³. По результатам опытных сушек определяют среднюю переходность пиломатериалов при сушке из высоких в более низкие сорта (пересортицу) и среднюю величину брака (неисправимых пороков).

8.3.2. Определение показателей качества сушки

Для определения показателей качества сушки (конечной влажности, перепада влажности по толщине и наличия остаточных внутренних напряжений) из каждой контрольной доски вырезаются секции.

Для определения средней конечной влажности штабеля и равномерности просыхания пиломатериалов сушильно-весовым способом секции влажности вырезают из контрольных досок по схеме рис. 8.1, б. Для определения перелома влажности по толщине пиломатериалов и наличия остаточных напряжений вырезают секции из средней части досок (часть «К» на рис. 8.1, б).

Для определения перепада влажности и остаточных напряжений допускается вырезать секции в трех зонах по длине из каждой контрольной доски.

В зонах размещения контрольных досок (рис. 8.1, а) при разборке штабеля после сушки допускается определять влажность близлежащих досок (по 3 – 4 доски около каждой контрольной) влагомером для оценки равномерности распределения влажности по объему штабеля. Влажность досок определяют влагомером в местах раскроя по схеме рис. 8.1, б для каждой выбранной доски, в том числе и контрольных.

После определения влажности штабеля сушильно-весовым методом по секциям из контрольных досок (по рис. 8.1) и влагомером вычисляются следующие основные показатели, определяющие равномерность просыхания штабеля.

1). Среднее значение конечной влажности

$$W_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}, \quad (3)$$

где

W_i – влажность отдельных секций или мест измерения влагомером, % абс.;

n – число секций (показаний).

2). Среднее квадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - W_{cp})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

Равномерность просыхания пиломатериалов в штабеле характеризуется (с вероятностью 95 %) величиной $\pm 2S$.

3). Вариационный коэффициент

$$V = \frac{100S}{W_{\text{ср}}}, \quad \% \quad (5)$$

Для оценки равномерности просыхания пиломатериалов по высоте штабеля сравниваются средние влажности в зонах расположения верхних (1 – 3), средних (4 – 6) и нижних (7 – 9) контрольных досок.

Равномерность просыхания по ширине штабеля оценивается по средней влажности групп досок в зонах (1, 4, 7), (2, 5, 8) и (3, 6, 9).

Равномерность просыхания по длине штабеля оценивается путем сравнения усредненных значений влажности в соответствующих зонах (рис. 8.1, б) контрольных досок штабеля.

Перепад влажности по толщине (разность во влажности внутреннего и наружного слоев) пиломатериалов (заготовок) определяют по секциям послойной влажности. Секции выпиливают рядом с секциями для определения средней влажности (рис. 8.1, б). Формы и размеры секций, число слоев в зависимости от толщины принимаются по рис. 2.1 (раздел 2). Количество досок, из которых вырезают секции, должно быть не менее 9.

По секциям послойной влажности определяют средний перепад влажности в целом для штабеля.

Остаточные напряжения в высушенных пиломатериалах (заготовках) контролируют по силовым секциям, которые выпиливают рядом с секциями для определения средней влажности. Секции выдерживают в сушильном шкафу в течение 2 – 3 часов при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$. После выдержки секции раскраивают по схеме на рис. 2.2 (раздел 2) и определяют среднее отклонение зубцов.

Кроме того, рекомендуется раскраивать силовые секции сразу после выпилки, а затем выдерживать их при комнатной температуре не менее 12 часов, после чего определять отклонение зубцов.

Результаты измерений относительных отклонений зубцов силовых секций приводятся в таблице показателей качества для обоих случаев.

8.3.3. Показатели распределения сушильного агента по штабелю

Распределение сушильного агента по штабелю характеризуется следующими величинами: средней скоростью агента сушки по штабелю $\omega_{\text{ср}}$, вариационным коэффициентом скорости V , коэффициентом использования потока сушильного агента $\eta_{\text{в}}$ разбросом температур сушильного агента на входе в штабель по длине и высоте штабеля).

Скорость агента сушки измеряется в охлажденной камере в различных зонах штабеля па выходе воздуха из него. Рекомендуемые места измерений приведены на рис. 8.2. В каждой точке скорость измеряется два – три раза (над выбранной доской и под ней).

Среднюю скорость определяют по формуле

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i}{n}, \quad (6)$$

где

ω_i – результат измерений в i -й точке (средний);

n – число точек измерений

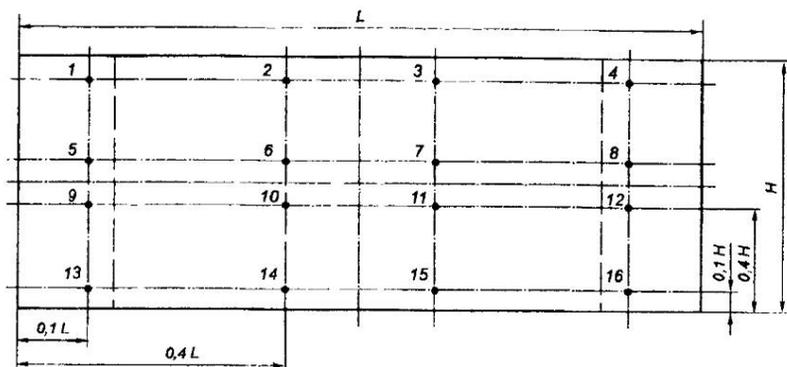


Рис. 8.2. Схема измерения скорости циркуляции по боковой площади штабеля:
L - длина штабеля; H - высота штабеля; 1, 2, 3...16 - точки замеров.

В камерах периодического действия с реверсивными вентиляторами скорости определяют при том и другом направлении циркуляции, то есть с обеих сторон штабеля.

При сушке в камере нескольких штабелей скорости измеряются в каждом штабеле

В противоточных камерах непрерывного действия допускается измерять скорость циркуляции в одном штабеле (со стороны загрузки).

Вариационный коэффициент скорости определяется по формуле

$$V = \frac{S}{\bar{\omega}_{\text{ср}}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где

S - среднее квадратическое отклонение скорости, м/с.

Для определения фактического количества воздуха (газа), подаваемого вентиляторами, измеряется скорость агента сушки в рециркуляционном канале (расположение точек замеров аналогично рис. 8.2, где за L принимается ширина канала, а за H - его высота). По средней скорости агента сушки и площади свободного сечения канала определяют фактическую производительность вентиляторов $G_{\text{вент}}$:

$$G_{\text{вент}} = F_{\text{кан}} \cdot \bar{\omega}_{\text{кан}}, \quad (8)$$

где

$F_{\text{кан}}$ - площадь рециркуляционного канала;

$\bar{\omega}_{\text{кан}}$ - средняя скорость циркуляции в канале.

Коэффициент использования воздушного потока η_v определяется по формуле

$$\eta_v = \frac{G_{\text{штг}}}{G_{\text{вент}}} = \frac{\bar{\omega}_{\text{штг}} \cdot F_{\text{штг}}}{G_{\text{вент}}}, \quad (9)$$

где

$\bar{\omega}_{\text{штг}}$, $F_{\text{штг}}$ - средняя скорость по штабелю и площадь свободного сечения штабеля.

При измерении скорости определяются также температура и степень насыщенности сушильного агента в период аэродинамических испытаний.

Скорость рекомендуется измерять термоанемометрами или анемометрами с насадками (рис. 8.3) или другими приборами с погрешностью измерения не более $\pm 0,1$ м/с.

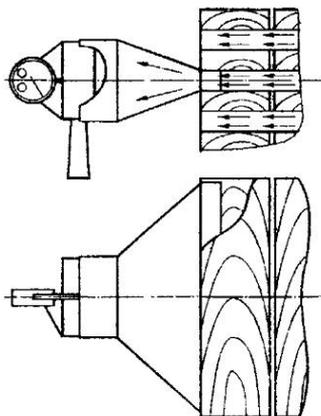


Рис. 8.3. Насадка для измерения скорости циркуляции агента сушки в штабеле.

Для оценки распределения температуры сушильного агента по штабелю рекомендуется измерять ее на входе в штабель в точках по схеме на рис. 8.2.

Для измерения температуры рекомендуются электронные автоматически уравновешенные мосты (показывающие или записывающие) в комплекте с платиновыми термометрами сопротивления или другие приборы с погрешностью измерения температуры не более $\pm 1^\circ\text{C}$.

Разброс температуры находится как разность максимальной и минимальной температур сушильного агента на входе в штабель.

8.3.4. Энергетические показатели

При испытаниях камер определяются следующие энергетические показатели: удельный расход тепловой и электрической энергии на сушку 1 м^3 условных пиломатериалов и на 1 кг испаряемой влаги, а также энергетический коэффициент полезного действия.

Фактический расход электроэнергии на сушку пиломатериалов при испытаниях определяют по показаниям трехфазных счетчиков электроэнергии.

Расход теплоты на сушку пиломатериалов измеряют расходомерами с учетом фактической энтальпии теплоносителя.

Если невозможно использовать расходомеры, то допускается определять расход теплоты по массе конденсата, измеряемой водомерами или мерными емкостями.

При измерении расхода теплоты по массе конденсата для учета теплоты, затраченной на влаготеплообработку древесины, добавляется 10 % от измеренной величины для сборно-металлических камер и 15 % для камер в строительных ограждениях.

Энергетическая эффективность работы лесосушильной камеры характеризуется энергетическим коэффициентом полезного действия

$$\eta_0 = E_{\text{пол}} / E_{\text{подв}} , \quad (10)$$

где

$E_{\text{пол}}$ – полезно используемая в камере энергия;

$E_{\text{подв}}$ – суммарное количество энергии, израсходованной в процессе сушки

За полезную принимается количество энергии, необходимое для испарения влаги из материала с учетом теплоты ее прогрева и начальной температуры перед сушкой.

$$E_{\text{пол}} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot (i_{\text{п}} - 4,19 t_{\text{нач}}), \quad (11)$$

где

M_i – количество влаги, удаленной из пиломатериалов в течение i -ой ступени режима сушки, кг;

$i_{\text{п}}$ – энтальпия водяного пара при температуре агента сушки, выходящего из штабеля пиломатериалов, в i -ю ступень режима сушки, кДж/кг;

$t_{\text{нач}}$ – температура окружающей среды (материала), °С.

Суммарное количество энергии, израсходованной в процессе сушки, складывается из затрат энергии на сушку от всех энергоносителей. Единицей измерения всех статей расхода энергии служит джоуль и кратные ему единицы (ГДж, МДж, кДж). Электрическая энергия пересчитывается в тепловую по соотношению: 1 кВт · ч = 3600 кДж.

Показатель удельного расхода тепловой энергии на сушку пиломатериалов характеризует количество теплоты, затраченной на сушку 1 м³ условных пиломатериалов при принятой среднегодовой температуре окружающего воздуха $t_{\text{нач}} = +4$ °С.

В связи с различием видов энергии, потребляемой сушильными камерами, за количество теплоты, затраченной на сушку пиломатериалов, принимается подведенная в камеру тепловая энергия сжигаемого топлива, потоков пара и жидких теплоносителей.

Удельный расход теплоты на 1 м³ фактически высушенных пиломатериалов при параметрах окружающей среды, соответствующих периоду испытаний, определяется по выражению

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{об.к}} / E_{\text{ф}} , \quad (12)$$

где

$Q_{\text{об.к}}$ – количество тепловой энергии, потребленное в течение одного оборота камеры, кДж;

$E_{\text{ф}}$ – количество высушенных за один оборот камеры пиломатериалов, м³.

Удельный расход теплоты на 1 кг испаряемой влаги определяется по формуле

$$q = Q_{об.к} / M, \quad (13)$$

где

M - количество влаги, удаленное из пиломатериалов за один оборот камеры, кг.

Удельный расход теплоты на 1 м³ условных пиломатериалов при температуре окружающего воздуха + 4°С рекомендуется определять путем составления теплового баланса камеры.

Тепловые потери при испытаниях определяются измерением количества теплоты, необходимой для поддержания установившегося теплового состояния незагруженной пиломатериалами камеры ($t_k = const$) с закрытыми приточно-вытяжными каналами. Циркуляционные вентиляторы при испытаниях должны быть включены. Период измерения не менее 2 часов после достижения установившегося теплового состояния. Температура агента сушки должна соответствовать режиму сушки.

Удельный расход электроэнергии на кубометр фактически высушенных пиломатериалов определяется выражением

$$\mathcal{E}_\phi = P / E, \quad (14)$$

где

P - суммарный расход электроэнергии за один оборот камеры, кВт · ч.

Удельный расход электроэнергии на кубометр условных пиломатериалов

$$\mathcal{E}_{расч} = K_{\Delta W} \cdot \mathcal{E}_\phi, \quad (15)$$

где

$K_{\Delta W}$ - коэффициент пересчета от фактической влажности пиломатериалов ($W_n - W_k$) к влажности условных пиломатериалов (60 - 12).

$$K_{\Delta W} = \frac{\lg \frac{60}{12}}{\lg \frac{W_n}{W_k}} = \frac{0,7}{\lg \frac{W_n}{W_k}}, \quad (16)$$

где

W_n и W_k - средняя начальная и конечная влажность пиломатериалов при опытной сушке, %;

60 и 12 - начальная и конечная влажность условных пиломатериалов, %.

Удельный расход электроэнергии на 1 кг испаряемой влаги

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E} / M. \quad (17)$$

Для определения энергетических показателей используются следующие соотношения:

а) тепловая энергия потоков жидких теплоносителей в однофазном состоянии

$$Q = G \cdot C_p \cdot (t'_{ж} - t''_{ж}) = G (i'_{ж} - i''_{ж}), \quad (18)$$

где

G - массовый расход жидкости, кг/с;

C_p - удельная теплоемкость жидкости, кДж/кг · град;

$t'_{ж}$, $t''_{ж}$ - температуры жидкости на входе и выходе из системы теплоснабжения лесосушильной камеры, °С;

$i'_{ж}$, $i''_{ж}$ - энтальпии жидкости, соответствующие температурам $t'_{ж}$ и $t''_{ж}$, кДж/кг

б) тепловая энергия потока пара

$$Q = G_n \cdot (i_n - i_k), \quad (19)$$

где

G_n - массовый расход пара, кг/с;

i_n и i_k - удельные энтальпии соответственно греющего пара и конденсата, кДж/кг.

в) тепловая энергия сжигаемого топлива

$$Q = Q_p \cdot G_T, \quad (20)$$

где

Q_p - теплота сгорания твердого и жидкого, кДж/кг, или газового, кДж/м³, топлива,

G_T - расход твердого и жидкого, кг/с, или газового, м³/с, топлива.

При расчете теплового потока, вводимого в лесосушильную камеру, необходимо учитывать коэффициент полезного действия топки (η_T).

Объем газового топлива принимается при нормальных условиях: температура - 0°С, давление - $1,01 \cdot 10^5$ н/м² (760 мм рт. ст.).

При подаче топочных газов непосредственно в сушильное пространство камеры за теплоту сгорания (Q_p) принимается высшая теплота сгорания топлива, а при передаче тепла от топочных газов сушильному агенту через теплообменник - низшая теплота сгорания топлива.

8.4. АНАЛИЗ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ КАМЕР

Данные, полученные при испытаниях камер, обрабатываются в соответствии с пояснениями в методике по определению основных показателей.

На основе показателей, полученных при испытаниях, и анализа технической документации камеры оцениваются в зависимости от их назначения и требований заказчика.