

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 35.02.03
Технология деревообработки

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

по дисциплине
**«ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И КОНСЕРВИРОВАНИЕ
ДРЕВЕСИНЫ»**

Братск 2019

Составила (разработала) Жилко Э.В., преподаватель кафедры экономико-
деревообрабатывающих дисциплин

Рассмотрено на заседании кафедры деревообрабатывающих дисциплин

«_____»_____2019г.

(подпись зав.кафедрой)

Одобрено и утверждено редакционным советом

(подпись председателя РС)

«_____»_____2019г.

№ _____

Содержание

Введение	5
Раздел 1 Гидротермическая обработка древесины	8
Глава 1 Свойства обрабатывающей среды	8
1 Понятия о сушке древесины	8
2 Основные сведения об агентах обработки. Водяной пар	10
3 Атмосферный воздух и его параметры	11
4 Топочные газы	13
5 Диаграммы влажного воздуха и топочных газов	14
6 Основные процессы изменения состояния воздуха	18
Глава 2 Свойства древесины, имеющие значение при её гидротермической обработке	24
7 Влажность древесины. Способы определения влажности	24
8 Гигроскопичность древесины. Равновесная влажность	26
9 Усушка и разбухание древесины	28
10 Плотность древесины	30
Глава 3 Физические закономерности процессов сушки	33
11 Основные закономерности перемещения влаги в древесине	33
12 Распределение влажности по толщине пиломатериала. Анализ внутренних напряжений	34
13 Графическое изображение процесса сушки	37
Глава 4 Оборудование сушильных устройств	38
14 Классификация оборудования сушильных устройств	38
15 Тепловое оборудование	39
16 Циркуляционное оборудование	42
17 Увлажнительные устройства. Воздухонаправляющие экраны	44
18 Ограждения сушильных устройств	44
Глава 5 Лесосушильные камеры для пиломатериалов	46
19 Классификация сушильных устройств	46
20 Камеры периодического действия	49
21 Камеры непрерывного действия	52
Глава 6 Технология камерной сушки	55
22 Режимы сушки	55
23 Категории качества	58
24 Правила пуска камеры	59
25 Процессы влаготеплообработки древесины	60
26 Кондиционирующая обработка. Окончание процесса сушки	61
27 Контроль текущей влажности пиломатериалов	62
28 Контроль внутренних напряжений	66
29 Показатели качества	68
30 Дефекты сушки	72
Глава 7 Механизация работ в сушильном цехе	77
31 Формирование сушильных штабелей	77
32 Механизмы для формирования и расформирования штабелей	81

33 Транспортные операции в сушильном цехе	89
Глава 8 Продолжительность сушки пиломатериалов. Производительность сушильных камер	90
34 Продолжительность сушки	90
35 Производительность сушильных камер. Условный материал	91
Глава 9 Контроль и регулирование процесса сушки пиломатериалов	94
36 Регулирование параметров сушильного агента в процессе сушки. Автоматическая система контроля	94
37 Приборы для контроля параметров обрабатываемого агента	97
Глава 10 Организация и охрана труда в сушильных цехах	104
38 Календарное планирование и учет работы камер	104
39 Испытание камер. Техничко-экономические показатели	105
40 Охрана труда и техника безопасности	108
Глава 11 Специальные способы сушки	110
41 Диэлектрическая сушка	110
42 Вакуумная сушка	111
43 Ротационное обезвоживание древесины	113
44 Сушка в жидкостях	114
45 Индукционная сушка	116
Глава 12 Атмосферная сушка	117
46 Особенности атмосферной сушки	117
47 Транспорт, планировка складов и формирование штабелей	118
48 Проведение и организация атмосферной сушки	121
Глава 13 Сушка шпона и измельченной древесины	123
49 Сушка шпона	123
50 Сушка измельченной древесины	125
Раздел 2 Консервирование и тепловая обработка древесины	130
Глава 14 Консервирование древесины	130
51 Источники поражения древесины. Дереворазрушающие грибы	130
52 Процессы химической защиты. Препараты химической защиты	131
53 Облегченные способы пропитки древесины	134
54 Технология пропитки. Оборудование цехов защитной обработки	137
55 Технологические схемы автоклавной пропитки	144
56 Качество защитной обработки. Охрана труда и окружающей среды	146
Глава 15 Тепловая обработка древесины	149
57 Способы тепловой обработки древесины	149
58 Обработка древесины в открытых бассейнах	150
59 Проваривание древесины	151
60 Пропаривание древесины	155
Задание для выполнения контрольной работы	160
Заключение	170
Список использованных источников	171

Введение

Учебная дисциплина «Гидротермическая обработка и консервирование древесины» - обязательная специальная дисциплина.

«Гидротермическая обработка и консервирование древесины» - научная дисциплина, изучающая сведения о свойствах сушильных агентов и процессов изменения их состояния, а также о свойствах древесины (влажности, гигроскопичности и усушке). Дисциплина рассматривает основные явления, происходящие в процессах сушки. Описывает технологические приемы, режимы сушки и влаготеплообработки древесины; оборудование процессов; рассматривает факторы, определяющие производительность сушильных камер и учет их работы; изучает процессы химической защиты древесины от поражения микроорганизмами; рассматривает процессы тепловой обработки древесины. Излагает принципы контроля и регулирования процессов сушки древесины и приборы, применяемые для этого.

Согласно учебному плану для заочного обучения дисциплина изучается учащимися в основном самостоятельно по учебникам, путем последовательной проработки всех разделов дисциплины в соответствии с программой. Кроме учебников желательно использовать, справочную литературу, технические и научно-популярные журналы, сеть Интернет.

Учебная программа курса предусматривает выполнение контрольной работы по дисциплине, очные занятия с преподавателем в период сессии. Выполнение контрольных работ в процессе проработки учебного материала является неотъемлемой частью самостоятельной работы учащегося.

Основными учебными пособиями по дисциплине являются ученики: Богданов Е.С. Справочник по сушке; Серговский П.С. «Гидротермическая обработка и консервирование древесины»; Кречетов И.В. «Сушка и защита древесины».

При изучении данной дисциплины студенты заочной формы обучения должны овладеть следующими компетенциями:

1. Профессиональными:

- | | |
|--------|--|
| ПК 1.1 | Участвовать в разработке технологических процессов деревообрабатывающих производств, процессов технологической подготовки производства, конструкций изделий с использованием САПР. |
| ПК 1.2 | Составлять карты технологического процесса по всем этапам изготовления продукции деревообрабатывающих производств. |
| ПК 1.3 | Организовывать ведение технологического процесса изготовления продукции деревообработки. |
| ПК 1.4 | Выполнять технологические расчеты оборудования, расхода сырья и материалов. |
| ПК 1.5 | Проводить контроль соответствия качества продукции деревообрабатывающего производства требованиям технической документации. |

- ПК 2.1 Участвовать в планировании работы структурного подразделения.
- ПК 2.2 Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.
- ПК 2.3 Участвовать в анализе процесса и результатов деятельности структурного подразделения

2. *Общими:*

- ОК 1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6 Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
- ОК 8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.
- ОК 10 Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

Данные методические указания направлены на помощь студентам заочной формы обучения в освоении данной дисциплины и при выполнении контрольной работы.

Методические указания предусматривают наличие теоретического материала по основным темам дисциплины и перечень вопросов по вариантам.

Контрольная работа содержит 10 вариантов. Задание контрольной работы учащийся выбирает по двум последним цифрам шрифта (студенческий билет или зачетка). В соответствии с вариантом указаны вопросы, на которые учащийся должен ответить в контрольной работе. Работа, выполненная не по своему варианту, не зачитывается и возвращается без оценки.

Контрольная работа должна показать степень и глубину усвоения учащимися отдельных разделов дисциплины и содержать продуманные и исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. Не следует превращать выполнение контрольной работы в механическое переписывание материала из учебника или других источников.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради рукописным текстом, вопросы контрольной работы переписываются полностью. Отвечать конкретно и только на поставленный вопрос. Ответы должны быть полными по существу и краткими по форме.

Работа должна быть написана разборчиво, чернилами; иллюстрирована необходимыми для пояснения текста цифровыми данными, схемами, эскизами, рисунками, диаграммами. С левой стороны текста следует оставлять поля шириной не менее 3 см.

Выполненная контрольная работа, подписанная и с указанием перечня использованной литературы, представляется на рецензию. После рецензирования работы учащийся должен учесть и доработать все замечания, сделанные преподавателем. При явке на экзамен учащийся должен представить преподавателю зачетную контрольную работу.

Прохождение дисциплины заканчивается сдачей зачета и экзамена. К сдаче экзамена допускаются лишь те учащиеся, которые выполнили контрольную работу и имеют зачет по всем практическим работам.

Для обобщения и систематизации полученных знаний и освещения наиболее важных вопросов и тем программы в период сессии с учащимися проводятся очные занятия, на которых они слушают обзорные лекции и выполняют практические работы. Перечень практических занятий указан в программе курса.

Раздел 1 - Гидротермическая обработка древесины

Глава 1 Свойства обрабатывающей среды

1 Понятие о сушке древесины

Под гидротермической обработкой древесины понимаются процессы воздействия на нее тепла, влажного газа или жидкости, предназначенные для изменения температуры и влажности древесины или введения в нее веществ, улучшающих её технологические и эксплуатационные характеристики.

При гидротермической обработке древесины изменяются лишь физические свойства обрабатываемого материала. *Процессы гидротермической обработки древесины разделяются на три группы:*

1) *процессы тепловой обработки, связанные с нагреванием древесины и поддержанием её температуры в течение определенного времени на заданном уровне (улучшение качества резания древесины, создание возможности изменения формы заготовок, ускорение процессов склеивания);*

2) *процессы сушки древесины, связанные со снижением влажности (изменение физических и эксплуатационных свойств древесины при изменении её влажности);*

3) *процессы пропитки, связанные с введением в древесину веществ, изменяющих её свойства (защита древесины от воздействия микроорганизмов и насекомых, огнезащита).*

Сушка древесины - процесс удаления влаги из древесины путём испарения.

Главная цель сушки древесины заключается в превращении древесины из природного сырья в промышленный материал с коренным улучшением ее биологических, физико-механических, технологических и потребительских свойств.

В результате высушивания древесина приобретает стойкость против гниения, повышаются ее прочность и жесткость, возникает стабильность размеров и формы деталей и всего изделия, открывается возможность склеивания, шлифования, полирования, древесина приобретает ряд гигиенических свойств, снижаются ее теплоемкость, тепло- и электропроводность, появляются другие положительные свойства (лучшее удерживание гвоздей, выше чистота обрабатываемой поверхности и др.). Сушка предохраняет древесину от поражения деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами в период её хранения и транспортировки.

Физическая сущность процесса сушки заключается в том, что нагретый воздух подается к сырому материалу и охлаждаясь отдает ему свое тепло, при этом влага древесины за счет воспринятого ею тепла превращается в водяной пар и удаляется. В данном случае воздух выполняет роль транспортного средства.

Сушка древесины – неотъемлемая операция в подавляющем большинстве технологических процессов деревообработки. В основном древесину сушат в

виде пиломатериалов (досок, брусьев, заготовок), шпона (тонколистового материала), щепы, стружки и волокна. Некоторое распространение имеет сушка круглых лесоматериалов (детали опор линий электропередачи, связи, строительные детали).

Следует отметить, что промышленная сушка древесины относится к отраслям индустрии, технологические процессы которых не вызывают загрязнение окружающей среды. Тем не менее роль процессов сушки в вопросах природы достаточно велика. Некачественная сушка и в недостаточных объемах приводит к резкому сокращению сроков службы деревянных конструкций и изделий, значительным потерям материала при его транспортировке, а в конечном итоге – к громадному перерасходу древесины. Для покрытия этого перерасхода необходимо дополнительно вырубать леса на определенных площадях.

В промышленности используют многие способы сушки, различающиеся применяемым оборудованием и особенностями передачи материалу тепла, необходимого для испарения. *К основным промышленным способам пиломатериалов относятся:*

1) *конвективно-тепловая камерная сушка* – осуществляется в специальных сооружениях – сушильных камерах, куда пиломатериал загружают штабелями; тепло древесине передается за счет омывания её нагретым воздухом или другим газом; для нагревания воздуха и его циркуляции в штабелях сушильные камеры снабжены нагревательными и циркуляционными устройствами;

2) *атмосферная сушка* – доски укладывают в штабеля и размещают на специальной открытой территории (складе), и они постепенно просыхают за счет омывания их атмосферным воздухом.

Кроме камерной и атмосферной сушки известны и в ограниченном объеме применяются другие способы сушки:

1) *сушка в жидкостях* – пакет пиломатериалов погружается в ванну с гидрофобной (не смешиваемой с водой) жидкостью (обычно высококипящее масло), температура которой поддерживается на уровне 105-120⁰С; интенсивная передача тепла от жидкости к древесине вызывает испарение;

2) *электромагнитная или индукционная* – нагревание древесины в индукционными токами;

3) *диэлектрическая или высокочастотная* – сушка древесины в электромагнитном поле высокой частоты;

4) *кондуктивная* – тепло подается от нагретой плиты (контакт древесины с горячей поверхностью);

Исключительно велико значение качественной сушки древесины. Оно предопределяется необходимостью выработки предприятиями высококачественной продукции по всем показателям, а главное - по ресурсу (длительности) ее эксплуатации.

Продукция, изготовленная из недосушенной или неравномерно высушенной древесины низкокачественна и мало пригодна для эффективного использования. Она ненадежна, быстро портится; для ее воспроизводства

требуется повторное расходование материалов (в том числе древесины) и других средств производства.

Слабо контролируемый процесс сушки приводит также к значительным убыткам из-за возникновения большого коробления высушиваемого материала, растрескивания, внутренних деформаций и снижения в связи с этим точности механической его обработки. Совершенно недопустимо нарушение технологии сушки пиломатериалов - досрочная выгрузка их из камер в не досушенном состоянии. Это приводит к нерациональному ее использованию и обострению дефицитности древесины.

Сушка обходится недорого - всего около 10 % стоимости высушиваемой древесины. Расходы на устройство сушильных установок за время их действия (примерно 10... 15 лет) составляют лишь 1...2% стоимости высушенной ими древесины.

2 Основные сведения об агентах обработки. Водяной пар

Среда, в которой происходит сушка древесины называется агентом сушки. Сушильный агент обеспечивает подвод тепла к пиломатериалу и поглощает испаряемую из него влагу.

Агентом сушки может быть:

- атмосферный воздух;
- топочные газы;
- водяной перегретый пар и их смеси.

В некоторых случаях сушильным агентом может быть гидрофобная жидкость или водный раствор соли.

Водяной пар обязательно содержится в воздухе и топочных газах. Поэтому целесообразно рассмотрение сушильных агентов начинать с основных свойств водяного пара.

По физическому состоянию пар может быть насыщенным, мокрым и перегретым.

Пар, находящийся в равновесии с образующей его жидкостью называется насыщенным. Давление его в этом состоянии называется давлением насыщения. Давление насыщения зависит от температуры. С повышением температуры значительно возрастает. Насыщенный пар бесцветен и прозрачен.

Нагревание насыщенного пара при постоянном давлении приводит к образованию перегретого пара. Давление этого пара меньше давления насыщения. Такой пар способен поглощать испарившуюся влагу до тех пор, пока он вновь не станет насыщенным.

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

$$j = \frac{p}{p_n}, \quad (1)$$

где φ – степень насыщенности;

p – давление пара определенной температуры, Па;

p_n – давление насыщения, Па.

Насыщенный пар имеет $\varphi=1$.

Охлаждение насыщенного пара сопровождается конденсацией. Образовавшаяся при конденсации вода осажается на окружающих пар поверхностях и предметах и частично остается в паре в виде мелких частиц во взвешенном состоянии. *Насыщенный пар, содержащий взвешенную в нем жидкость, называется мокрым.* Мокрый пар заметен в виде тумана.

Насыщенный и мокрый пар не могут быть сушильным агентом, так как насыщенный пар не способен испарять влагу из материала, а мокрый пар, наоборот, увлажняет его.

3 Атмосферный воздух и его параметры

Атмосферный воздух представляет собой механическую смесь газов (азот, кислород, аргон, углекислый газ). Воздух обязательно содержит в себе некоторое количество водяного пара, то есть он является влажным.

Количество водяного пара в воздухе не постоянно и зависит от погоды, времени года, температуры и других факторов.

К основным параметрам атмосферного воздуха относятся:

1) *Температура* – величина, характеризующая степень нагретости тел (воздуха). Измеряется в $^{\circ}\text{C}$, прибор – термометр.

2) *Атмосферное давление* – давление, которое оказывает воздух на все предметы.

Атмосферное давление влажного воздуха равно сумме *парциальных давлений* сухого воздуха и водяного пара, содержащегося в воздухе. Давление атмосферного воздуха представляет сумму парциальных давлений сухого воздуха и водяного пара

$$p_a = p_v + p_n, \quad (2)$$

где p_a – давление атмосферного воздуха, Па;

p_v – парциальное давление сухого воздуха, Па;

p_n – парциальное давление водяного пара.

Воздух способен поглощать водяные пары. Чем выше температура воздуха, тем больше он поглощает и удерживает в себе водяных паров. При постоянном давлении каждой температуре соответствует определенное наибольшее количество водяных паров, которое может удержать воздух.

Состояние водяного пара в воздухе, при котором дальнейшее поглощение водяных паров становится невозможным, называется насыщенным, а его

давление – давлением в состоянии насыщения p_n и зависит только от температуры.

Парциальное давление пара в воздухе находится по формуле

$$P_n = P_n \cdot \varphi, \quad (3)$$

где P_{n1} – парциальное давление пара в воздухе, Па;

P_{n1} – давление насыщенного пара при температуре t_1 , Па,

(определяется в зависимости от температуры сушильного агента по таблице 1.1 [1]).

3) Абсолютная влажность воздуха ρ_n – плотность водяного пара в воздухе (масса водяного пара в единице объема влажного воздуха).

Абсолютная влажность воздуха в состоянии насыщения называется влагоемкостью. Влагоемкость ρ_n определяется наибольшим количеством водяных паров, которое может содержаться в 1 м^3 влажного воздуха и с повышением температуры резко увеличивается. Выражается влагоемкость в г/м^3 .

4) Относительная влажность воздуха φ (степень насыщенности) – выражает степень насыщенности, содержащегося в воздухе водяного пара. Определяется как отношение абсолютной влажности воздуха к его влагоемкости

$$\varphi = \frac{r_n}{r_n}, \quad (4)$$

где φ – относительная влажность воздуха;

ρ_n – абсолютная влажность воздуха, г/м^3 ;

ρ_n – влагоемкость, г/м^3 .

Для определения относительной влажности воздуха используют прибор – психрометр. Психрометр состоит из 2-х термометров. Шарик одного из них увлажняется с помощью марлевого чехла, конец которого опущен в сосуд с водой. Другой термометр показывает температуру окружающего воздуха t_c и остается сухим. Мокрый показывает температуру более низкую, чем сухой, так как испарение влаги из марли требует определенного расхода тепла. Температура смоченного термометра t_m носит название *предела охлаждения*.

Разность между показаниями сухого и мокрого термометров называется психрометрической разностью.

Величина психрометрической разности зависит от скорости испарения влаги. Чем суше воздух, тем больше разность. Если $(t_c - t_m) = 0$, то значит воздух насыщен и следовательно влага не испаряется, а $\varphi = 1$.

5) Влагодержание – это масса водяного пара, приходящегося на 1 кг сухой части воздуха. Влагодержание воздуха определяется по формуле

$$d = 622 \frac{P_n}{100000 - P_n}, \quad (5)$$

где d – влагосодержание, г/кг.

6) *Теплосодержание* – количество тепла, содержащегося в смеси воздуха и водяного пара. Складывается из суммы теплосодержания сухого воздуха и находящегося в нем пара, определяется по формуле

$$I = t + 0,001 \cdot d(1,93 \cdot t + 2490), \quad (6)$$

где I – теплосодержание, кДж/кг;

t – температура воздуха, °С.

7) *Плотность воздуха* – масса 1 м³ смеси воздуха и водяного пара при определенной температуре и относительной влажности. Определяется по формуле

$$\rho = \frac{349 - \frac{132 \cdot d}{622 + d}}{273 + t}, \quad (7)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³.

8) *Удельный объем* – представляет собой объем воздуха и водяного пара, приходящийся на 1 кг сухого воздуха. Определяется по формуле

$$V = 4,62 \cdot 10^{-6} \cdot (273 + t) \cdot (622 + d), \quad (8)$$

где V – удельный объем воздуха, м³/кг.

Плотность и удельный объем воздуха зависят от температуры и влажности.

4 Топочные газы

Топочные газы получают при сжигании различных древесных отходов, жидкого или природного газообразного топлива. Сжигают топливо в специальных топках. К ним предъявляют следующими требованиями:

- должны быть бездымными, без искр, несгорающих частиц и без летучей золы;
- влажность должна быть постоянной.

Состояние топочных газов, зависящее от состава топлива, его влажности и условий горения, характеризуются теми же параметрами, что и состояние воздуха.

Параметры топочных газов – температура t и насыщенность пара ϕ – определяют также как и параметры влажного воздуха и перегретого пара.

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

Физические свойства газов мало отличаются от свойств атмосферного воздуха. Они характеризуются теми же параметрами, что и состояние воздуха.

5 Диаграммы влажного воздуха и топочных газов

Параметры влажного воздуха могут быть определены с помощью Id - и tr - диаграмм влажного воздуха.

Id -диаграмма построена в координатах «теплосодержание – влагосодержание». На Id - диаграмме (рисунок 2) нанесены следующие семейства линий:

- влагосодержания d – прямые вертикальные линии;
- теплосодержание I – наклонные прямые, проходящие под углом $\approx 171^\circ$ по отношению к линиям влагосодержания;
- температуры t – прямые, проходящие под небольшим углом к горизонтали;
- степени насыщенности ϕ – пучок кривых.

Кривая $\phi=1$ делит диаграмму на две области: верхнюю, которая характеризует состояние воздуха, содержащего перегретый или сухой насыщенный пар, и нижнюю область, определяющую состояние воздуха, содержащего мокрый пар.

Линии парциального давления водяного пара p_n на диаграмму не наносят, а используют линии $d = \text{const}$, так как между влагосодержанием и давлением имеется однозначная зависимость.

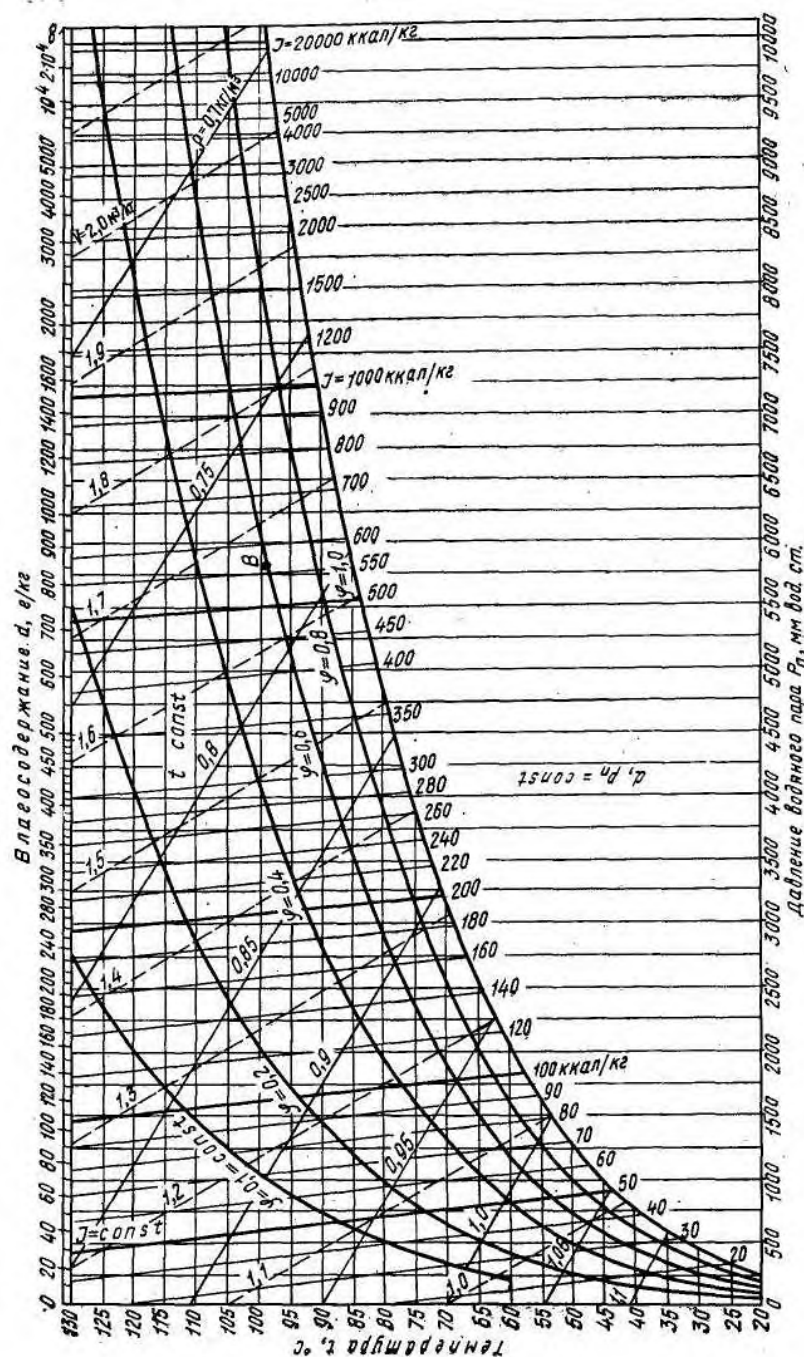
Кроме этого, на Id – диаграмме нанесены (штрихами и пунктиром) семейства прямых $p = \text{const}$ и $V = \text{const}$.

Во влажном воздухе с повышением его температуры и степени насыщенности будет возрастать содержание пара и соответственно уменьшаться количество сухого воздуха. Влагосодержание при этом увеличивается. При $t = 100^\circ\text{C}$ и $\phi=1$ в паровоздушной смеси остается ничтожно малое количество воздуха, ее влагосодержание стремиться к бесконечности и эта смесь превращается в чисто водяной пар. Такое состояние не может быть изображено на Id – диаграмме.

Взаимосвязь между параметрами влажного воздуха любых состояний может быть установлена с помощью на tr – диаграммы (рисунок 1).

Эта диаграмма построена в координатах температура t – парциальное давление водяного пара p_n . она содержит семейство линий: $t=\text{const}$ (горизонталей), $p = \text{const}$ и $d = \text{const}$ (вертикали), $I = \text{const}$ (наклонные линии) и $\phi = \text{const}$ (расходящиеся кривые). Крайняя левая вертикаль характеризует состояние сухого воздуха без примеси пара, а крайняя правая – состояние чистого перегретого пара (при $t = 100^\circ\text{C}$ – сухого насыщенного пара). Область диаграммы, заключенная между этими вертикалями, определяет состояние влажного воздуха, имеющего любые соотношения воздуха и пара.

Каждой величине α соответствует определенное содержание CO_2 . Поэтому на линиях $\alpha = \text{const}$ дано двойное обозначение α и CO_2 . На линии постоянной влажности показано обозначение относительной W и абсолютной W_0 влажности.



15

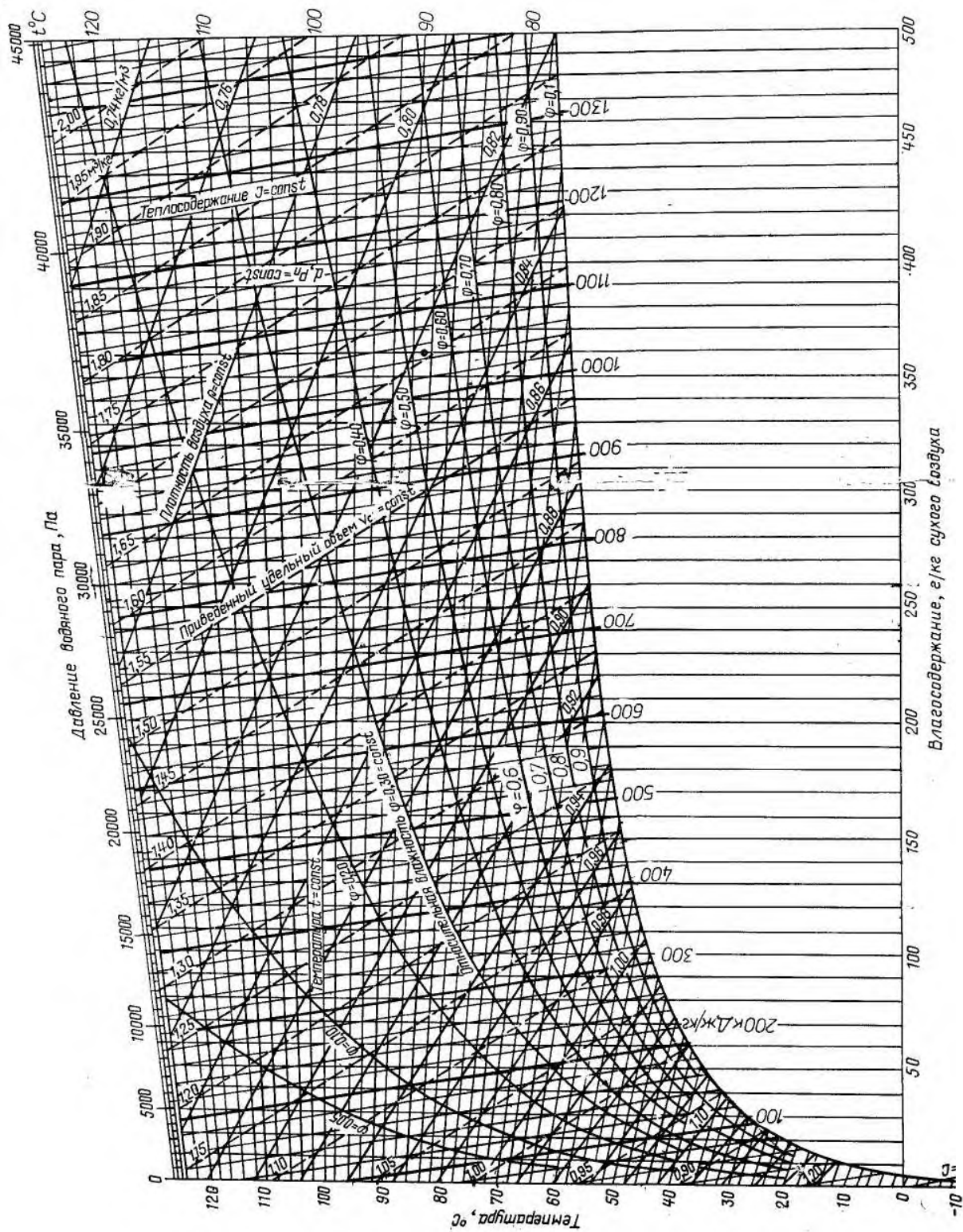
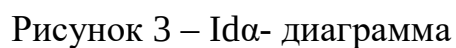


Рисунок 2 – Id- диаграмма



6 Основные процессы изменения состояния воздуха

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

6.1 Нагревание и охлаждение воздуха

Нагревание воздуха калорифером (паровым, водяным, электрическим и др.) или его охлаждение (например, зимой в комнате, у холодной наружной стены возникают теплопотери) происходят без добавления или уменьшения влаги в воздухе, происходит «сухое» охлаждение. Такой нагрев или охлаждение воздуха отобразится на Id -диаграмме по линии $d=\text{const}$, т. е. по вертикали; это одно из важнейших расчетных положений сушильной техники.

При нагревании воздуха его состояние перемещается по линии $d = \text{const}$ вверх, т. е. повышается температура, а при охлаждении - вниз. Несмотря на неизменное влагосодержание воздуха $d_A=d_H$ и постоянное давление пара $p_A=\text{const}$ насыщенность пара в воздухе при нагревании уменьшается, а при охлаждении увеличивается, поскольку в первом случае возрастает, а при охлаждении снижается влагоемкость. Таким образом, при нагревании воздух становится более сухим, а при охлаждении - более влажным.

Если продолжать охлаждение воздуха, то состояние воздуха опускаясь вниз по линии влагосодержания достигнет линии $\phi=1$ - приобретает в состоянии температуры точки росы (отсчет влево t_p). Температуру, при которой воздух, охлаждаясь от соприкосновения с сухой поверхностью, достигает состояния насыщения, называют температурой точки росы.

При конденсации из воздуха влаги капельки воды или остаются в воздухе, образуя туман или целиком выпадают из воздуха на находящуюся вблизи какую-либо более холодную поверхность; в последнем случае пар в воздухе остается сухим насыщенным, т. е. прозрачным.

Каждый может наблюдать образование тумана и росы в зимнее время в теплых помещениях на стеклах окон, вблизи которых охлаждаемый воздух опускается вниз. Вверху окна стекла чистые, несколько ниже они затуманены очень мелкими капельками росы, еще ниже капельки крупнее, а еще ниже, где воздух сильнее охлаждается, появляются тонкие ручейки текущей вниз воды. Воздух в помещении при этом обезвоживается - снижается d .

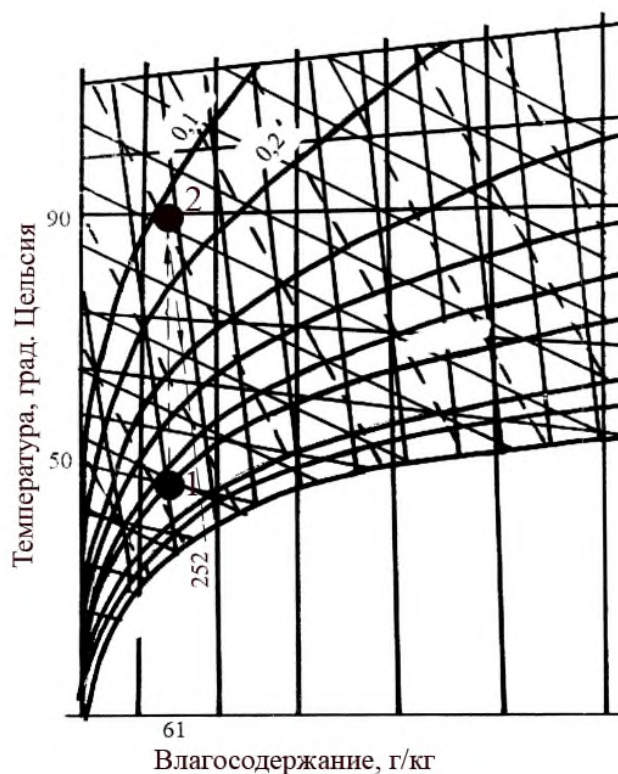
Примеры:

Задача 1. Воздух температурой $t_1=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и степенью насыщенности $\phi_1=0,7$ нагревают в теплообменнике до температуры $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти теплосодержание I и степень насыщенности ϕ нагретого воздуха.

Находим на Id - или t_p – диаграммах точку пересечения линий $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi=0,7$ (рисунок 4). Для данной точки $d_1= 61\text{ г/кг}$. Из этой точки проводим

прямую параллельную линии $d=\text{const}$ (вертикально вверх), до пересечения с линией

$t_2 = 90^\circ\text{C}$. Полученная точка характеризует состояние нагретого воздуха. Далее находим искомое: $I_2 = 252 \text{ кДж/кг}$, $\phi_2 = 0,13$.



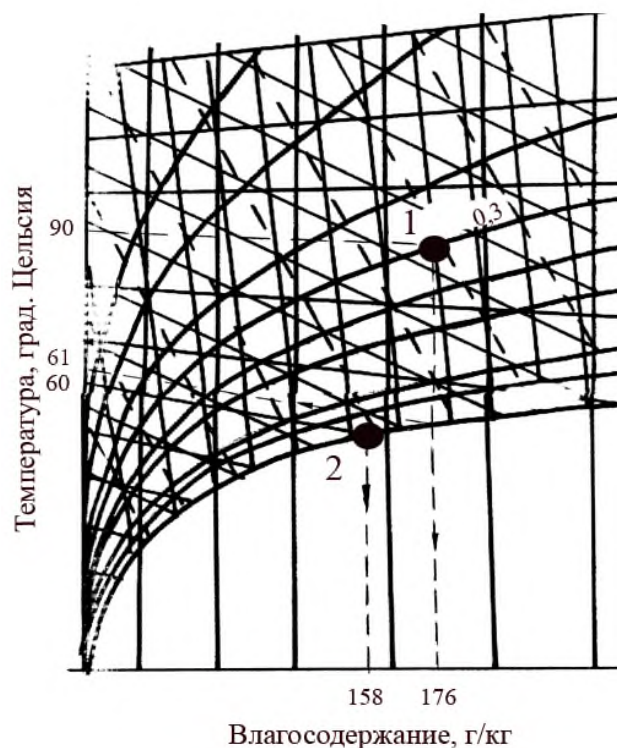
- 1- точка, характеризующая состояние воздуха при $t_1 = 50^\circ\text{C}$ и $\phi_1 = 0,7$,
- 2- точка, характеризующая состояние воздуха при повышении t до 90°C ;

Рисунок 4 – Изображение процесса нагревания воздуха на Id-диаграмме (задача 1)

Задача 2. Воздух, имеющий температуру $t=90^\circ\text{C}$ и степень насыщенности $\phi=0,3$, проходит через сырой пиломатериал и выходит из него, охлаждаясь до $t_2=60^\circ\text{C}$. Определить степень насыщенности ϕ_2 воздуха, прошедшего через материал; температуру точку росы и количество конденсата, выпавшего из каждого килограмма влажного воздуха.

Процесс охлаждения и нагревания воздуха происходит при постоянном влагосодержании и на Id – диаграмме изображается по линии $d = \text{const}$.

Предел насыщения воздуха паром (влажностью) при охлаждении (при постоянном влагосодержании) называется точкой росы, а происходит с уменьшением влагосодержания воздуха при $\phi = 1,0$, т.е. из воздуха будет выделяться влага.



- 1- точка, характеризующая состояние воздуха при $t_1 = 90^\circ\text{C}$ и $\phi_1 = 0,3$,
 2- точка, характеризующая состояние воздуха при понижении t до 60°C ;

Рисунок 5 – Изображение процесса охлаждения воздуха на Id-диаграмме (задача 2)

При параметрах воздуха $t_1 = 90^\circ\text{C}$ и $\phi_1 = 0,3$ (точка «1») до охлаждения определяем влагосодержание $d_1 = 176 \text{ г/кг}$, $t_{m.p.} = 61^\circ\text{C}$ (рисунок 5).

От точки росы, перемещаясь по линии $\phi = 1,0$, влево до пересечения с $t_2 = 60^\circ\text{C}$, находим точку «2», характеризующую охлажденный воздух. Для точки «2» находим:

$$\phi_2 = 1,0; \quad U_2 = 465 \text{ кДж/кг}; \quad d_2 = 158 \text{ г/кг}.$$

Зная влагосодержание воздуха до и после охлаждения d_1 и d_2 , определяем количество выпавшего конденсата из каждого килограмма воздуха:

$$K = 176 - 158 = 18 \text{ г/кг}.$$

6.2 Испарение воды с поверхности материала

Испарение влаги в воздухе происходит тогда, когда он не насыщен паром и соприкасается с поверхностью воды, имеющей температуру 0°C .

В начале сушки мокрого материала испаряется вода с открытой его поверхности. Происходит теплообмен между воздухом и материалом. Более нагретый воздух отдает часть тепла материалу и, следовательно, сам охлаждается, но одновременно получает от материала это же количество тепла (закон сохранения энергии).

При испарении теплосодержание воздуха остается постоянным (так как тепло, затрачиваемое на испарение, остается в воздухе), увеличивается влагосодержание d , но понижается температура t . При достаточной длительности процесса воздух может быть насыщен паром; тогда испарение

прекратится. Точка, характеризующая состояние воздуха, при котором прекратилось испарение, называется *пределом охлаждения при испарении или пределом охлаждения*. Температуру, при которой воздух, испаряя влагу, достигает состояния насыщения, называют *температурой предела охлаждения* $t_{п.о.}$

Мокрое тело, омываемое воздухом, при достаточной длительности процесса приобретает температуру t_m , равную температуре предела охлаждения $t_{п.о.} = t_m$ (t_m – температура мокрого термометра). Температура предела охлаждения может быть измерена смоченным термометром психрометра.

Иллюстрацией физической сущности процесса испарения влаги может служить широко применяемый во многих областях техники прибор — психрометр (рисунок 6), состоящий из двух термометров. При испарении воды с одного из его баллонов, покрытого мокрой марлей, он охлаждается и тем интенсивнее, чем суше испаряющий воду воздух и больше его скорость. Следовательно, степень его охлаждения, т. е. разность температур между сухим и мокрым термометром, называемая психрометрической разностью Δt , является показателем сушильной способности воздуха. Если $t=0$, вода не испаряется с баллона мокрого термометра, следовательно, пар в воздухе насыщенный, т. е. $\phi=1$.

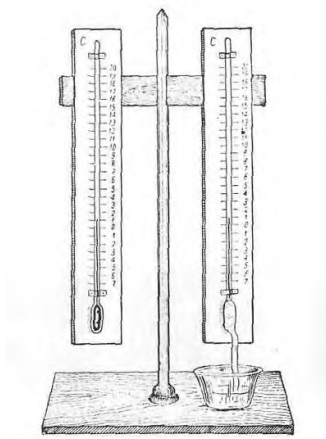
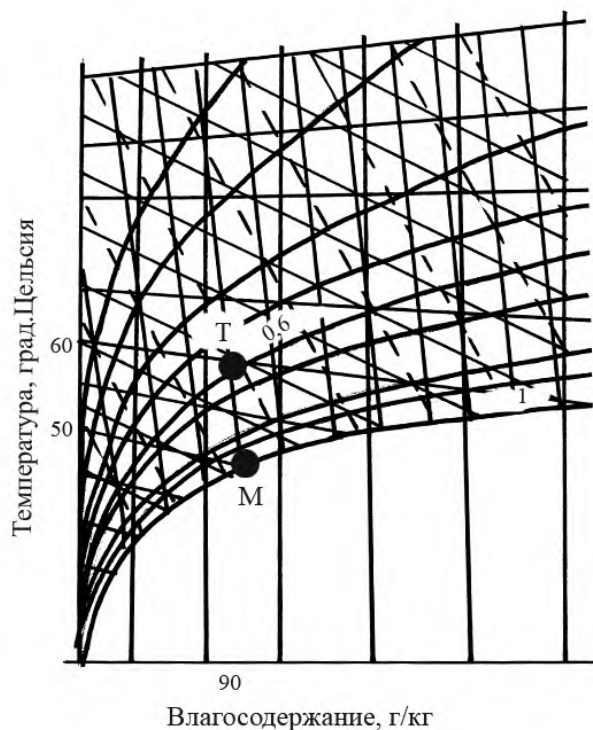


Рисунок 6 – Психрометр

С помощью психрометра легко установить на Id-диаграмме все параметры воздуха, замеренного этим прибором.

Задача 3. По сухому термометру психрометра отсчитано $t_c=60$ °С, а по мокрому $t_m=50$ °С. Требуется определить параметры замеренного психрометром воздуха.

На Id-диаграмме (рисунок 7) перемещаясь по линии температур $t_m=50$ °С вправо до линии $\phi=1$, и затем от промежуточной точки М по линии параллельной линии теплосодержания (вверх и налево) до линии температур $t_c=60$ °С, отсчитывают в найденной точке Т параметры замеренного воздуха ($d=90$ г/кг, $\phi=0,6$ и др.).



- 1- точка М ,характеризующая состояние воздуха при $t = 50^{\circ}\text{C}$ по мокрому термометру,
- 2- точка Т,характеризующая состояние воздуха при $t = 60^{\circ}\text{C}$ по сухому термометру;

Рисунок 7 –Определение параметров сушильного агента по показаниям психрометра (процесс испарения) на Id–диаграмме (задача 3)

6.3 Смешение воздуха разных состояний

Процессы смешения воздуха различных состояний очень важны для сушильной техники. Лесосушильные камеры работают по принципу многократной циркуляции, при которой прошедший через штабель воздух состояния «2» смешивается со свежим воздухом состояния «0» и после подогрева смесь вновь поступает в штабель. Состояние смеси зависит от состояния её компонентов и от отношения массы воздуха состояние «2» к массе воздуха состояние «0» :

$$n = \frac{m_2}{m_0} , \quad (9)$$

где n – коэффициент пропорции смеси;
 m_2 – масса воздуха состояния «2»;
 m_0 – масса воздуха состояния «0».

Количество тепла и влаги в обоих состояниях воздуха до смешения и после смешения равны.

Основные параметры воздуха (t , d , I) связаны между собой пропорциональными зависимостями, поэтому при смешении воздуха разных

состояний смесь определяется линейно по значениям исходных ее параметров и количеств.

Положение точки смеси на прямой легко определить, если известно влагосодержание воздуха различного состояния и коэффициент пропорции смеси n . Влагосодержание точки смешения определяется по формуле

$$d_{см} = \frac{d_0 + n \times d_2}{1 + n}, \quad (10)$$

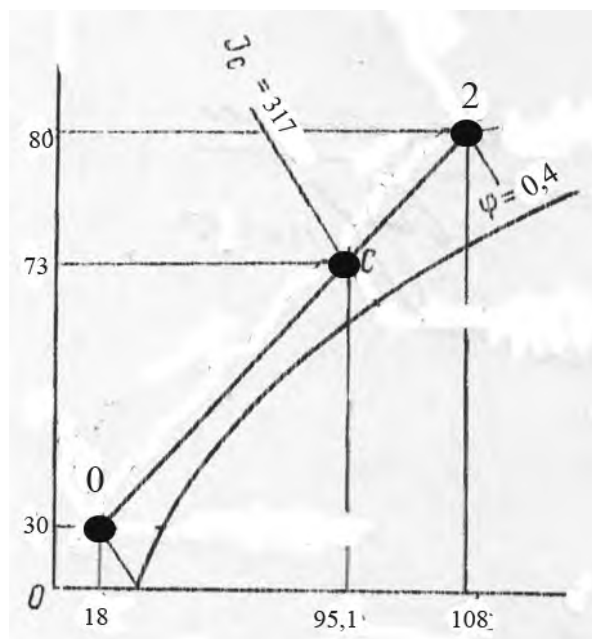
В случае смешения воздуха нескольких состояний параметры конечной смеси находятся последовательным построением процессов смешения воздуха двух состояний с учетом возрастающего его количества.

Примеры:

Задача 4. Воздух состояния $t_0 = 30^\circ\text{C}$ и $\varphi_0 = 0,6$ смешивается с воздухом состояния $t_2 = 80^\circ\text{C}$ и $\varphi_2 = 0,3$ в соотношении 1 : 6.

Определить параметры смеси воздуха – $d_{см}$, $I_{см}$, $t_{см}$, $\varphi_{см}$.

Задача решается по Id – диаграмме. По данным t_0 и φ_0 находим точку «0».



0 – точка, характеризующая параметры свежего воздуха при $t_0 = 30^\circ\text{C}$ и $\varphi_0 = 0$,

2 – точка, характеризующая параметры воздуха, прошедшего сквозь табель при $t_2 = 80^\circ\text{C}$ и $\varphi_2 = 0,3$,

C – точка, определяющая состояние смеси;

Рисунок 8 – Изображение смешения воздуха различных состояний на Id – диаграмме (задача 4)

Определяем $d_0 = 18 \text{ г/кг}$ (рисунок 8). По данным t_2 и φ_2 находим положение «2» на Id – диаграмме. Определяем $d_2 = 108 \text{ г/кг}$. Соединяем точки «0» и «2» отрезком прямой линии. Точка смеси лежит на прямой 0 – 2.

Для определения её положения на прямой 0 – 2 найдем значение по формуле

$$n = \frac{m_2}{m_0} = \frac{6}{1} = 6$$

$$d_{см} = \frac{18 + 108 \cdot 6}{1 + 6} = 95,1 \text{ г/кг}$$

Из значения $d_{см} = 95,1 \text{ г/кг}$ поднимаемся вверх до пересечения с прямой 0 – 2. Найденная точка – точка смеси. Определяем $t_{см}$, $\varphi_{см}$, $Y_{см}$.

$$t_{см} = 73^\circ\text{C}; \quad \varphi_{см} = 0,35; \quad Y_{см} = 315 \text{ кДж/кг}.$$

Глава 2 Свойства древесины, имеющие значение при её гидротермической обработке

7 Влажность древесины. Способы определения влажности.

Влажность - одна из основных характеристик древесины. Под влажностью древесины понимают выраженное в процентах отношение массы воды к массе древесины, выраженное в процентах.

Различают два вида влажности:

а) Абсолютная влажность - отношение массы влаги, содержащейся в древесине к массе абсолютно сухой древесины, выраженное в процентах

$$W_{абс.} = (m - m_0) / m_0 * 100, \quad (11)$$

где $W_{абс.}$ - абсолютная влажность древесины, %;

m - начальная масса образца древесины, г;

m_0 - масса образца абсолютно сухой древесины, г.

б) Относительная влажность - это отношение массы влаги, содержащейся в древесине, к массе древесины во влажном состоянии, выраженное в процентах

$$W_{отн.} = (m - m_0) / m * 100, \quad (12)$$

где $W_{отн.}$ - относительная влажность древесины, %.

Пример:

Задача 5:

Начальная масса древесины – 45,3 г. Масса абсолютно-сухой древесины – 39,8 г. Определить абсолютную и относительную влажность древесины.

Для определения абсолютной влажности древесины используем формулу (11).

$$W_{абс.} = \frac{45,3 - 39,8}{39,8} \cdot 100 = 13,8 \%$$

Для определения относительной влажности используем формулу (12).

$$W_{отн} = \frac{45,3 - 39,8}{45,3} = 12,1 \%$$

Влажность древесины определяется различными способами. Наиболее распространенными в деревообработке являются весовой и электрический способы.

Весовой метод основан на взвешивании и высушивании образцов, отбираемых из контролируемой партии древесных сортиментов. От заготовки или доски на расстоянии 300...500 мм от торца выпиливают пробу размером вдоль волокон около 10 мм. Эта проба называется секцией влажности. Секцию тщательно зачищают от заусенец, после чего взвешивают на технических весах с погрешностью 0,1 г. полученное значение начальной массы регистрируют в специальном журнале. Затем секцию помещают в сушильный шкаф и сушат при температуре $(103 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Секцию периодически вынимают из шкафа и взвешивают, отмечая каждый раз в журнале результаты взвешивания. Первое взвешивание проводят через 6 ч, а повторные – через каждые 2 ч. Секцию выдерживают в сушильном шкафу до тех пор, пока её масса не перестанет изменяться. Постоянную массу принимают равной её массе в абсолютно сухом состоянии. Влажность рассчитывается по формуле (11)

Весовой метод прост, надёжен и точен, но имеет недостаток – довольно продолжительную процедуру.

Электрический способ основан на зависимости показателей электрических свойств древесины от её влажности. Для определения влажности в этом случае используют специальный прибор - электровлагомер. Действие прибора основано на изменении электропроводности древесины в зависимости от её влажности. Иглы электровлагомера с подведенными к ним электропроводами вводят в дерево (вдоль направления волокон) и пропускают через них электрический ток, при этом на шкале прибора сразу отмечается влажность древесины в том месте, где введены иглы. Электровлагомер имеет два диапазона измерения с пределами 7...22% и 22...60% влажности. Влажность выше 30% измеряется с большей погрешностью.

Недостаток электрического способа – неточность, так как определяет влажность поверхностных зон древесины.

8 Гигроскопичность древесины. Равновесная влажность

Различают две формы воды, содержащейся в древесине:

а) *Связанная влага.* Находиться в клеточных стенках. Связанная вода удерживается в основном физико-химическими связями, изменение её содержания существенно отражается на большинстве свойств древесины. Содержание связанной влаги в древесине ограничено. *Состояние, при котором стенки клеток имеют максимальную влажность, называется пределом их насыщения.* Предел насыщения равен 30%.

б) *Свободная влага.* Содержится в полостях клеток и межклеточных пространствах. Свободная вода, удерживаемая только механическими связями, удаляется легче, чем связанная вода, и оказывает меньшее влияние на свойства древесины. Максимальное содержание свободной влаги зависит от объема полостей клеток и колеблется для древесины различных пород от 60 до 250%.

Из связанной и свободной влаги складывается общее количество влаги в древесине.

При высыхании древесины сначала из нее испаряется свободная влага, а затем связанная (гигроскопическая).

На практике по степени влажности различают древесину:

а) *мокрую*, $W > 100\%$, длительное время находившуюся в воде или только что срубленную;

б) *свежесрубленную*, $W = 50-100\%$, сохранившую влажность растущего дерева;

в) *атмосферно-сухую*, $W = 15-20\%$, выдержанную на открытом воздухе;

г) *комнатно-сухую*, $W = 8-12\%$, долгое время находившуюся в отапливаемом помещении;

д) *абсолютно-сухую*, $W = 0$, высушенную при температуре $t=103\pm 2^\circ\text{C}$.

Различают также эксплуатационную влажность - влажность древесины эксплуатируемого изделия в конкретных условиях.

Древесина относится к гигроскопичным материалам т.е. влажность зависит от состояния окружающей среды.

Если древесину длительное время выдержать в воздухе неизменного состояния, то её влажность будет стремиться к определенной величине, которая называется устойчивой влажностью. Устойчивой влажности древесина может достигнуть, либо поглощая влагу из воздуха (*сорбция*), либо отдавая её в воздух (*десорбция*). Влагу из воздуха могут поглощать только клеточные стенки. Появление свободной влаги при этом невозможно, даже если воздух будет насыщен водяным паром. Максимальная устойчивая влажность, которую приобретает древесина при длительной выдержке в воздухе, называется влажностью предела гигроскопичности.

Предел гигроскопичности – состояния древесины, при котором клеточные оболочки содержат максимальное количество связанной влаги, а в полостях клеток находится только воздух. Предел гигроскопичности равен 30%.

Дальнейшее увлажнение древесины с заполнением полостей клеток и межклеточных пространств происходит только при непосредственном контакте древесины с водой (вымачивание, пропаривание). Из этого следует, что однажды высушенная древесина, не находясь в непосредственном контакте с водой, не может иметь влажность выше предела гигроскопичности.

Процессы сорбции и десорбции взаимнообратны.

Устойчивую влажность измельченной древесины, которая практически одинакова при сорбции и десорбции, называют равновесной влажностью. *Равновесная влажность – это влажность, к которой стремится измельченная древесина при длительной выдержке её в воздухе определенного стабильного состояния.*

Равновесную влажность определяют по диаграмме равновесной влажности древесины в зависимости от температуры и степени насыщенности воздуха или газовой смеси.

Устойчивая влажность досок и заготовок из древесины камерной сушки определяется приближенно по формулам

$$W_{у.д.} = W_p + 1,25, \quad (13)$$

где: $W_{у.д.}$ – устойчивая влажность при десорбции, %;
 W_p – равновесная влажность, %.

$$W_{у.с.} = W_p - 2,5\%, \quad (14)$$

где: $W_{у.с.}$ – устойчивая влажность при сорбции, %

Примеры

Задача 6:

6.1 Определить величину равновесной влажности (рисунок 2.1 [1] или рисунок 11[2]) древесины при $t = 70^\circ\text{C}$ и $\phi = 0,8$.

По диаграмме равновесной влажности находим точку пересечения линий $t = 70^\circ\text{C}$ и $\phi = 0,8$. Эта точка характеризует состояние воздуха. По положению этой точки относительно линий равновесной влажности определяем $W_p = 13 \%$.

6.2 Определить минимальную влажность до которой могут высохнуть доски при $t = 20^\circ\text{C}$ и $\phi = 0,4$.

Для заданного состояния воздуха по диаграмме равновесной влажности (рисунок 2.1 [1] или рисунок 11[2]) находим $W_p = 8 \%$. По условию задачи требуется определить устойчивую влажность десорбции (формула 13). Она составляет

$$W_{y.d} = 8 + 1,25 = 9,25 \%$$

6.3 Установить максимальную влажность, до которой могут увлажниться доски, предварительно высушенные в камере до 6%, при $t = 15^\circ\text{C}$ и $\varphi = 0,8$.

Находим для заданного состояния воздуха равновесную влажность (рисунок 2.1 [1] или рисунок 11[2]) $W_p = 17 \%$.

В соответствии с условием задачи требуется найти устойчивую влажность сорбции. Искомая влажность (формула 14) будет равна

$$W_{y.c} = 17 - 2,5 = 14,5 \%$$

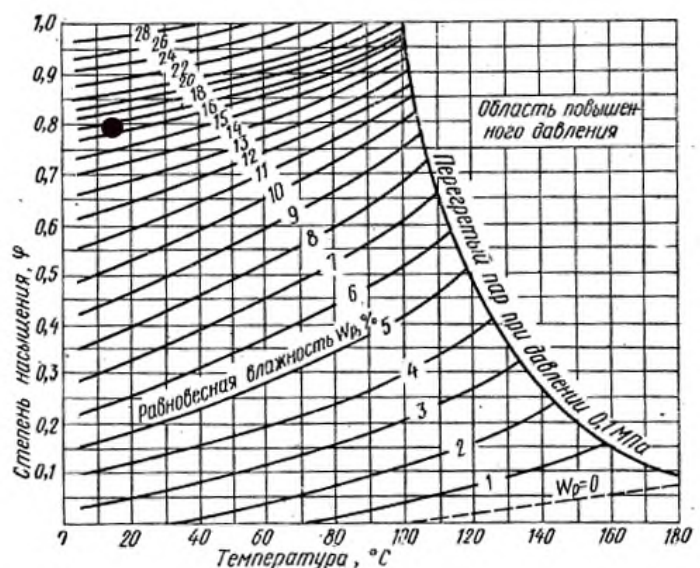


Рисунок 9 – Графическое определение равновесной влажности древесины (задача 6.3)

9 Усушка и разбухание древесины

Усушкой называется уменьшение линейных размеров и объема древесины при высыхании. Усушка начинается после полного удаления свободной влаги и с начала удаления связанной влаги, то есть от 30%.

Усушка зависит от структурного направления, диапазона изменения влажности и породы древесины.

Усушка по разным направлениям неодинакова. В среднем полная линейная усушка в тангентальном направлении составляет 6...10%, в радиальном - 3...5% и вдоль волокон - 0,1...0,3%. Уменьшение объема древесины при испарении связанной влаги называется объемной усушкой. Полная объемная усушка составляет 12...15%. Вдоль волокон усушка ничтожна и обычно не принимается во внимание.

Усушка пропорциональна изменению влажности древесины (в диапазоне её ниже 30%). Наибольшую усушку имеют образцы, высыхающие от предела

насыщения клеточных стенок $W_{\text{пн}}$ до абсолютно сухого состояния. Такую усушку называют *максимальной или полной*. Усушка при снижении влажности образца до заданной величины W определяется по формуле

$$U = K \cdot (W_{\text{пн}} - W) = K \cdot (30 - W), \quad (15)$$

где U – величина усушки;

K – коэффициент усушки (таблица 2.1 [1]);

$W_{\text{пн}}$ - влажность предела насыщения, %;

W – влажность древесины

В процессе сушки влага по объему древесины распределяется неравномерно. Уменьшение размеров может начаться при средней влажности сортамента свыше 30%. Величина этого изменения отличается от усушки при равномерном распределении влаги. Этот процесс усложняется развивающимися внутренними напряжениями, которые вызывают изменение размеров, называемое *усадкой*.

При распиловке бревен на доски предусматривают припуски на усушку с тем, чтобы после высыхания пиломатериалы и заготовки имели заданные размеры.

Разбуханием называется увеличение линейных размеров и объема древесины при повышении содержания связанной влаги. Разбухание наблюдается при увеличении влажности до предела гигроскопичности; увеличение свободной влаги не вызывает разбухания. Это - свойство, обратное усушке, и подчиняется, в основном, тем же закономерностям. Так же, как и усушка, наибольшее разбухание древесины наблюдается в тангенциальном направлении поперёк волокон, а наименьшее - вдоль волокон.

Разбухание - отрицательное свойство древесины, но в некоторых случаях оно приносит пользу, обеспечивая плотность соединений (в бочках, чанах, судах и т.д.).

Пример

Задача 7:

Найти величину абсолютной усушки в тангенциальном направлении для буковой доски шириной 150 мм от влажности 60% до влажности 8%.

По таблице 2.1 [1] для древесины бука определяем коэффициент полной усушки $K=0,32$. По формуле (15) усушка при влажности 8% составит

$$U_W = 0,32 \cdot (30 - 8) = 7,04 \%$$

При ширине доски 150 мм абсолютная усушка составит

$$\frac{150 \cdot 7,04}{100} = 10,56 \text{ мм}$$

Таким образом, после высыхания до $W = 8 \%$ ширина доски будет

$$150 - 10,56 = 139,44 \text{ мм.}$$

10 Плотность древесины

Важной характеристикой свойств древесины является плотность. Плотность - это свойство характеризуется массой единицы объёма материала. Для древесины характерны следующие виды плотности:

а) *Плотность древесинного вещества* – плотность материала клеточных стенок

$$\rho_{\text{д.в.}} = \frac{m_{\text{д.в.}}}{V_{\text{д.в.}}}, \quad (16)$$

где $\rho_{\text{д.в.}}$ – плотность древесного вещества, г/см³;

$m_{\text{д.в.}}$ – масса древесного вещества, г;

$V_{\text{д.в.}}$ – объем древесного вещества, м³.

Для всех пород плотность древесного вещества - 1,53 г/см³, поскольку одинаков химический состав клеточных стенок древесины.

б) *Плотность абсолютно сухой древесины*

$$\rho_o = \frac{m_o}{V_o}, \quad (17)$$

где ρ_o – плотность абсолютно сухой древесины, кг/м³;

m_o – масса абсолютно сухой древесины, г;

V_o – объем абсолютно сухой древесины, м³.

Плотность древесины меньше плотности древесинного вещества, так как она включает пустоты (полости клеток и межклеточные пространства, заполненные воздухом).

в) *Плотность влажной древесины*

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}, \quad (18)$$

где ρ_w – плотность влажной древесины, кг/м³;

m_w – масса древесины при влажности W , г;

V_w – объем древесины при влажности W , м³.

Плотность древесины зависит от её влажности. При влажности $W < W_{\text{п.н.}}$ плотность изменяется незначительно, а при увеличении влажности выше $W_{\text{п.н.}}$ наблюдается значительный рост плотности древесины.

г) *Базисная плотность древесины* выражается отношением массы абсолютно сухого образца к его объёму при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок.

$$\rho_{б.} = \frac{m_o}{V_{W_{п.н.}}} , \quad (19)$$

где $\rho_{б.}$ – базисная плотность, кг/м³;

m_o – масса древесины абсолютно сухой, кг;

$V_{W_{п.н.}}$ – объем древесины при влажности свыше $W_{п.н.}$, м³.

Этот основной показатель плотности, который не зависит от влажности, широко используется для оценки качества сырья в деревообработке, целлюлозно-бумажной промышленности и в других случаях.

д) *Действительная плотность* – полная масса материала (включая воду) в единице его объема при заданной влажности. Является характеристикой древесины, знание которой необходимо для решения практических и теоретических задач. Приблизленно определяется в зависимости от базисной плотности и влажности древесины по диаграмме (рисунок 12 [2]).

По этой диаграмме для конкретной породы можно определить максимальные значения плотности и влажности. Точки пересечения на этой диаграмме линии базисной плотности с правой граничной кривой характеризуют древесину с максимальной влажностью, достигаемой при полном замещении воздуха в полостях клеток свободной водой.

е) *Стандартная плотность* – плотность древесины при 12% влажности

$$\rho_{12.} = \frac{m_{12.}}{V_{12.}} , \quad (20)$$

где $\rho_{12.}$ – стандартная плотность, кг/м³;

$m_{12.}$ – масса древесины при влажности 12%, кг;

$V_{12.}$ – объем древесины при влажности 12%, м³.

Плотность древесины зависит от влажности и для сравнения значения плотности всегда приводят к единой влажности - 12%.

Величина плотности древесины изменяется в очень широких пределах от 100...130 кг/м³ до 1300 кг/м³.

По плотности древесины при 12% влажности породы делят на 3 группы:

а) *малой плотности* – до 540 кг/м³ - сосна, ель, пихта, кедр, тополь, липа, ива, ольха, каштан, орех;

б) *средней плотности* - от 550 до 740 кг/м³ - лиственница, тис, береза, бук, вяз, груша, дуб, ильм, карагач, клен, платан, рябина, яблоня, ясень;

в) *высокой плотности* – более 740 кг/м³ - акация белая, береза железная,

граб, самшит, саксаул, фисташка, кизил.

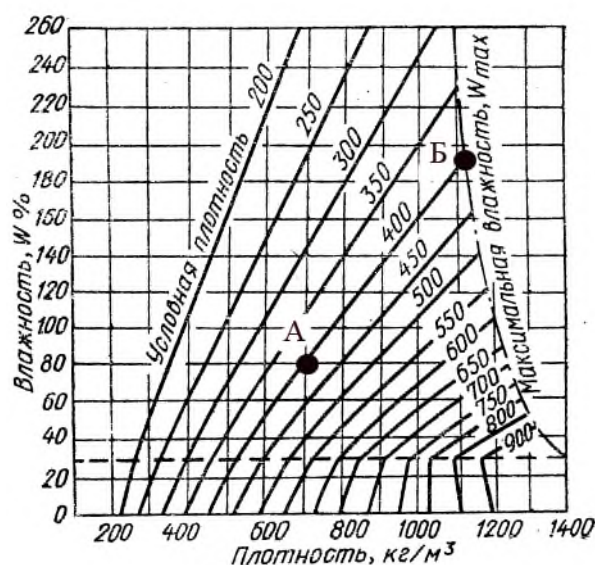
Между плотностью и прочностью древесины существует тесная связь. Более тяжелая древесина, как правило, является более прочной.

Пример

Задача 8:

Определить плотность древесины сосны при влажности 80 %, а также её максимальные влажность и плотность.

По диаграмме плотности древесины (рисунок 12 [2]) находим точку пересечения линии породы (условной плотности) – сосна, $\rho_{\text{усл.}} = 400 \text{ кг/м}^3$ с линией влажности 80%. Из точки пересечения проводим вертикальную прямую вниз и по шкале плотности с учетом масштаба делений находим $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$. Далее доводим линию $\rho_{\text{усл.}} = 400 \text{ кг/м}^3$ до пересечения с кривой W_{max} . По положению точки пересечения на шкалах W и ρ находим $W_{\text{max}} = 190\%$, $\rho_{\text{max}} = 1110 \text{ кг/м}^3$.



А – точка, определяющая плотность древесины сосны при влажности 80%,

Б – точка, определяющая максимальные влажность и плотность для древесины сосны;

Рисунок 10 – Определение плотности древесины сосны и её максимальных влажности и плотности по диаграмме плотности древесины (задача 8)

Глава 3 Физические закономерности процессов сушки древесины

11 Основные закономерности перемещения влаги в древесине

Сушка любого материала, в том числе древесины - очень сложный процесс, особенности протекания и закономерности которого обусловлены рядом физических явлений.

В процессе сушки с поверхности высушиваемых древесных сортиментов испаряется влага. Одновременно происходит перемещение влаги изнутри их на поверхность. Необходимое для испарения влаги тепло передается древесине от окружающей среды посредством конвективного поверхностного теплообмена. Если среда имеет повышенную температуру, то древесина при сушке нагревается и происходит перемещение тепла по материалу вследствие теплопроводности.

К основным физическим явлениям конвективной сушки, таким образом, относятся:

- а) передача тепла от газообразной среды к поверхности высушиваемых сортиментов, т. е. теплообмен древесины со средой посредством конвекции;*
- б) перемещение тепла от поверхности внутрь сортиментов вследствие теплопроводности;*
- в) испарение влаги с поверхности высушиваемых сортиментов, т. е. влагообмен древесины со средой;*
- г) перемещение влаги по древесине от центра сортиментов к поверхности; это перемещение принято называть влагопереносом.*

Из перечисленных явлений наиболее сложен и важен влагоперенос. На закономерности процесса сушки он оказывает наиболее существенное влияние.

Влагоперенос, т. е. движение влаги в древесине, происходит под действием трех основных движущих сил: перепада влажности, перепада температуры и перепада давления паровоздушной смеси в древесине.

Движение влаги под действием перепада влажности называется влагопроводностью.

На величину влагопроводности влияют следующие факторы:

1. Перепад влажности, т. е. разница по влажности между внутренними более влажными и наружными высыхающими слоями. Величина перепада влажности, выраженная в процентах на единицу расстояния между зонами на 1 см или 1 мм толщины, называется *градиентом влажности*. Влага всегда движется в сторону убывающей влажности.
2. Температура древесины. Чем сильнее прогрета древесина, тем выше ее влагопроводность за счет снижения вязкости влаги в капиллярах. Поэтому при высокотемпературных режимах сушки процесс идет быстрее, чем при низкотемпературных.

Движение влаги в древесине под действием перепада температуры называется термовлагопроводностью.

При термовлагопроводности движение влаги всегда направлено в сторону понижающейся температуры. Влагопроводность и

термовлагопроводность — это перемещение влаги носящее преимущественно диффузионный, молекулярный, характер.

В отличие от этого *движение влаги под действием перепада давления* паровоздушной смеси в древесине носит молярный характер, т. е. характер непрерывного направленного потока. Такое движение *называют молярны влагопереносом*.

Явление испарения влаги с поверхности древесины в окружающую среду называется *лагоотдачей*.

Для нормального хода процесса сушки необходимо, чтобы лагоотдача и лагопроводность протекали взаимосвязанно. Сушку нужно вести так, чтобы поток влаги из внутренних слоев древесины к наружным не отставал бы от интенсивности лагоотдачи. В противном случае наружные слои пересохнут, и вследствие большей усадки по сравнению с внутренними, могут растрескаться. Интенсивность лагоотдачи зависит от разности парциальных давлений в слое воздуха (газа или пара) над поверхностью влажной древесины и в объеме окружающего воздуха, а также от скорости воздуха. Чем больше разность парциальных давлений и скорость воздуха, тем сильнее испаряется влага с поверхности, т. е. тем выше лагоотдача.

Парциальное давление водяного пара над поверхностью древесины будет тем больше, чем влажнее или чем более нагрета древесина, которая отдает влагу. Парциальное давление воздуха в пространстве, окружающем древесину, зависит в свою очередь от температуры воздуха и его относительной влажности.

12 Распределение влажности по толщине пиломатериала. Анализ внутренних напряжений

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

Пока влажность наружных слоев выше или равна пределу насыщения клеточных стенок $W_{п.н.}$ (рисунок 11, а, кривая 1), усушки нет, напряжения отсутствуют.

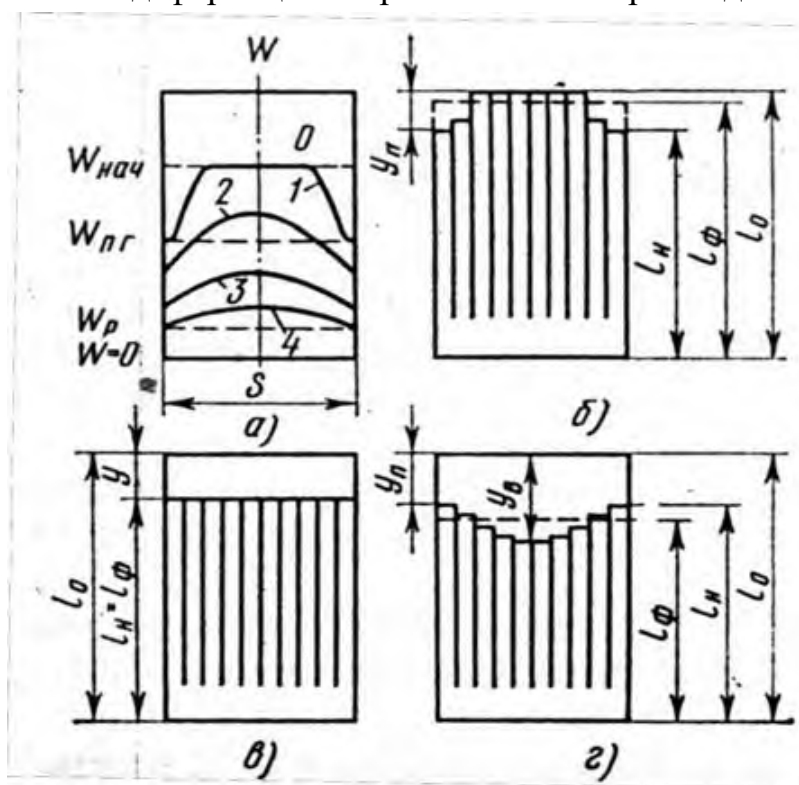
После снижения влажности ниже $W_{п.н.}$ (кривая 2) поверхностные слои стремятся к усушке. Однако этому препятствуют внутренние слои, влажность которых ещё пока выше $W_{п.н.}$. начавшуюся усушку можно выявить, если из высушиваемого сортамента выпилить по всему поперечному сечению пластинку (секцию) и распилить на ряд слоев по толщине (рисунок 11, б).

При этом внутренние слои сохранили первоначальный размер по ширине сортамента ℓ_o , а поверхностные слои усохли на величину U_n . Их размер теперь составляет ℓ_n . Целая неразрезанная пластина имеет фактический размер ℓ_f , меньший чем ℓ_o , и больший чем ℓ_n . поскольку размер поверхностных слоев стал меньше фактического, то эти слои

испытывают растягивающие напряжения, а внутренние слои, размер которых стал больше фактического, испытывают напряжения сжатия.

Если бы древесина была упругим телом, то внутренние напряжения уменьшались бы по мере снижения перепада влажности и окончательно исчезли при выравнивании влажности в конце сушки. Однако в начальный период процесса влажная древесина обладает повышенной податливостью к нагрузкам. В результате действия напряжений в ней развиваются остаточные деформации: деформации удлинения в поверхностных слоях (под действием растягивающих напряжений) и деформации укорочения во внутренних слоях (под действием сжимающих напряжений).

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



а – кривые распределения влажности по толщине пластины в различные моменты процесса сушки,

б, в, г - виды слоев секции в момент времени процесс, соответствующие кривым 2, 3 и 4 распределения влажности;

Рисунок 11 - Схемы к развитию деформаций и напряжений при сушке древесины

В результате этого к концу процесса (рисунок 11, а, кривая 4) усадка на поверхности Y_n окажется меньше, чем усадка внутренних слоев Y_v (рисунок 11, г), то есть размер поверхностных слоев секции после её раскроя будет больше, а внутренних слоев меньше l_ϕ . В древесине появятся сжимающие напряжения на поверхности и растягивающие напряжения во внутренних слоях древесины.

Таким образом, в процессе сушки происходит смена напряжений. В этот момент, который наступает на некотором промежуточном этапе процесса (кривая 3), напряжения в древесине отсутствуют (рисунок 11, в).

Возникающие в древесине напряжения уравниваются в пределах данного образца. Чтобы их обнаружить, надо нарушить это равновесие, разделив образец или секцию на части. Каждая часть будет стремиться к новому равновесному состоянию путем деформации. В секции, разрезанной на тонкие слои, деформации проявятся в виде удлинения или укорочения.

В производстве для установления характера внутренних напряжений из пиломатериалов выпиливают секции в виде двузубой гребенки. Деформации в этом случае будут проявляться изгибом зубцов этой гребенки.

Если внутренние напряжения достигнут предела прочности, то произойдет разрушение образца в виде трещины в зоне действия растягивающих напряжений (первая стадия сушки) или внутри сортимента (конечная стадия сушки).

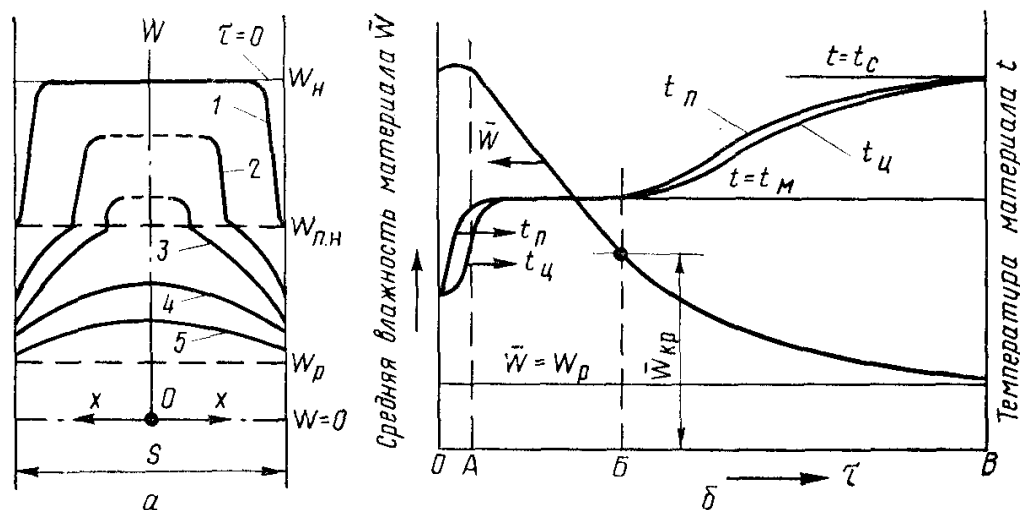
Избежать напряжений в древесине в процессе сушки невозможно. Однако при правильном проведении процесса возникающие напряжения не достигают предела прочности. *Внутренние напряжения могут быть уменьшены или ликвидированы путем влаготеплообработки древесины.* Влаготеплообработка заключается в обработке древесины в среде повышенных температуры и степени насыщения.

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

В пиломатериалах (брусках, досках) помимо напряжений, вызванных перепадом влажности, зарождаются дополнительные напряжения, причиной которых является неодинаковая усушка древесины в различных направлениях. Так, например, в досках тангенциальной распиловки плоть, более отдаленная от сердцевины и направление волокон которой приближается к тангенциальному, усыхает больше противоположной пласти. От этого появляется изгибающий момент и доска изменяет свою форму (коробится).

13 Графическое изображение процесса сушки

Графическое изображение процесса сушки рассмотрено на примере низкотемпературного процесса при начальной влажности древесины меньше влажности предела насыщения клеточных стенок.



а - кривые распределения влажности по толщине пластины,
б - кривая сушки и температурные кривые низкотемпературного процесса;

Рисунок 12 - Графическое изображение процесса сушки

Предположим, что образец древесины в виде пластины толщиной S с начальной влажностью $W_{нач.}$, превышающей $W_{п.н.}$, помещен в нагретый воздух. Влага по толщине пластины распределена равномерно. Состояние воздуха характеризуется его температурой t_c («сухого») и температурой «смоченного» термометра t_m . Сразу же с поверхности пластины начнется испарение влаги, которое понизит влажность поверхностных слоев. Пока влажность на поверхности будет выше $W_{п.н.}$, влага в древесине перемещаться не будет. Ее движение начнется, когда вся свободная влага будет удалена с поверхности. С этого момента между внутренними слоями древесины, где влага находится в полостях клеток, и поверхностью, где влага содержится только в клеточных стенках, появится разность капиллярных давлений.

Разность давлений обеспечивает подачу свободной влаги к поверхности по мере ее испарения (рисунок 12, а; кривая 1). Сначала свободная влага удаляется из наружных слоев древесины. Влажность поверхности остается при этом постоянной и соответствует приблизительно пределу гигроскопичности. Скорость сушки в этот период постоянна и определяется интенсивностью испарения влаги с поверхности пластины.

По мере удлинения пути движения свободной влаги скорость ее подвода к поверхности уменьшается. Наступает момент, начиная с которого эта скорость становится ниже возможной скорости испарения. Вследствие этого влажность поверхности становится ниже $W_{п.н.}$. По толщине пластины

образуются две зоны: наружная, с влажностью ниже предела гигроскопичности, и внутренняя, имеющая влажность выше предела гигроскопичности.

В наружной зоне плотность потока влаги пропорциональна перепаду влажности. Эта зона называется зоной влагопроводности. Во внутренней зоне по-прежнему движение свободной влаги идет за счет разности капиллярных давлений, но только к внутренней границе зоны влагопроводности. По мере заглубления зоны влагопроводности (рисунок 12, а; кривые 2, 3) средняя влажность, древесины и скорость сушки уменьшаются. В дальнейшем после удаления свободной влаги (рисунок 12, кривая 4) по всей толщине пластины основной причиной движения влаги будет влагопроводность.

К концу процесса влажность сортамента стремится к равновесной (рисунок 12, кривая 5). Практически же процесс сушки заканчивают значительно раньше, при достижении древесиной заданной конечной влажности W_k .

Кривая сушки для рассматриваемого случая (рисунок 12, б) состоит из трех участков, соответствующих трем периодам процесса: периоду начального прогрева ОА, периоду постоянной скорости сушки АВ и периоду падающей скорости сушки БВ.

Влажность $\ddot{W}$ в конце второго периода и начале третьего периода называют критической влажностью $\ddot{W}_{кр}$. Величина её зависит от толщины пиломатериала и состояния сушильного агента.

При камерной сушке толстых пиломатериалов продолжительность периода постоянной скорости очень мала. При сушке тонких пиломатериалов она по сравнению с общей длительностью процесса может быть весьма существенной.

Температура поверхности материала в период прогрева быстро повышается, в период постоянной скорости сушки сохраняется постоянной, равной пределу охлаждения (температуре смоченного термометра t_m), а в период падающей скорости сушки возрастает, стремясь, при приближении влажности материала к W_p , к температуре среды. Температура центра материала t_c в период прогрева ниже температуры поверхности t_n , в период постоянной скорости сушки равна ей, а в период падающей скорости отличается от нее значительно. В этой группе процессов доминирующую роль в перемещении влаги играет влагопроводность.

Глава 4 Оборудование сушильных устройств

14 Классификация оборудования сушильных устройств

Сушильная камера для древесины - это сложный механизм, состоящий из нескольких элементов оборудования, каждый из которых выполняет свои функции. К элементам оборудования сушильной камеры относятся: ограждения, тепловое оборудование, система циркуляции, транспортное

оборудование, система воздухообмена, увлажнение, системы контроля за процессом сушки и автоматика.

Назначения элементов оборудования сушильной камеры.

Ограждения сушильных камер - конструкции, которые отделяют сушильное пространство от окружающей среды. Это стены, двери и перекрытия сушильной камеры.

Тепловое оборудование (система нагрева) сушильной камеры предназначено для нагрева древесины в процессе сушки и включает в себя: калориферы, конденсатоотводчики, паропроводы, запорные и регулирующие устройства.

Система циркуляции сушильной камеры служит для организации принудительного движения агента сушки через штабель (вентиляторы, эжекторные установки).

Транспортное оборудование предназначено для формирования слоя или штабеля высушиваемого материала, загрузки, выгрузки и перемещения штабеля.

Система воздухообмена сушильной камеры обеспечивает поддержание требуемой влажности сушильного агента.

Система контроля процесса сушки позволяет оператору следить за температурой, влажностью древесины и влажностью сушильного агента внутри сушильной камеры, не открывая дверей.

Автоматика выполняет функции системы контроля плюс управляет технологическим оборудованием сушильной камеры. Автоматика координирует взаимодействие всех механизмов сушки на основании текущей влажности высушиваемых пиломатериалов. При отсутствии автоматики оператор вынужден выполнять всю эту работу вручную, практически не отходя от сушильной установки.

15 Тепловое оборудование

Калорифер – теплообменный аппарат, предназначенный для передачи теплоты от теплоносителя к сушильному агенту.

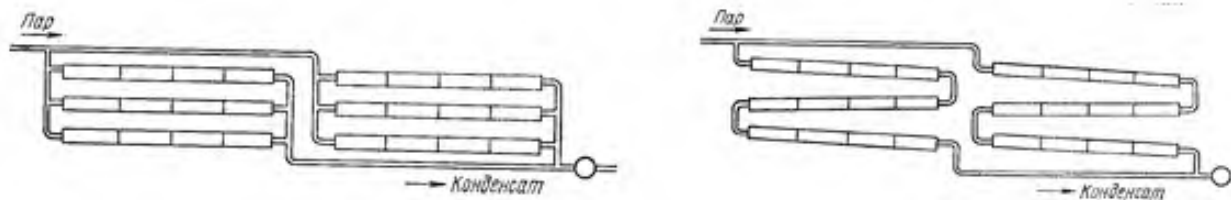
По характеру применяемого теплоносителя подразделяются:

1. *Паровые и водяные* – представляют собой замкнутую металлических трубопроводов, омываемых снаружи циркулирующим сушильным агентом, а изнутри обогреваемых паром или горячей водой (используются чаще всего);
2. *Огневые;*
3. *Электрические.*

По конструктивному исполнению подразделяются:

1. *Сборные* – монтируются из стандартных труб внутри сушильного пространства – чугунные или стальные.

2. *Компактные* – устанавливаются в специальных внутренних или внешних воздухопроводах сушилок. Недостаток – засоряемость живого сечения вследствие заноса с воздухом мусора, пыли и разрушения металла из-за коррозии.



В камерах трубы группируются в секции, а внутри секции соединяются параллельно или последовательно (рисунок 13).

а

б

- а – параллельное соединение труб,
б – последовательное соединение труб;

Рисунок 13 – Схемы соединения труб сборного калорифера

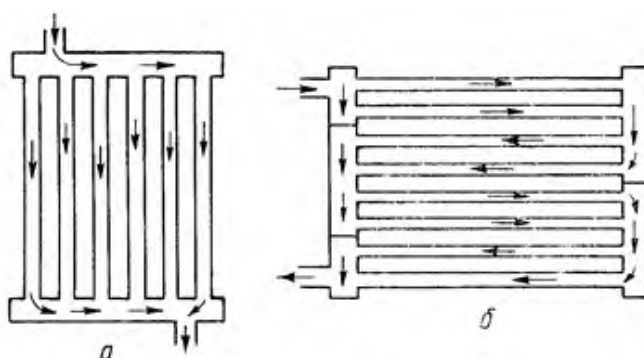
При монтаже калориферов обязательно необходимо соблюдать уклон не менее 0,01 в направлении стока конденсата. Последовательным соединением обеспечивается более равномерный нагрев воздуха по длине калориферов, а параллельным – более компактное размещение труб в камере.

По способу оребрения трубок калориферы могут быть:

1. *Пластинчатые* – обогреваются паром или водой;
2. *Спирально-навивные*.

По характеру циркуляции подразделяются (рисунок 14):

1. *Одноходовые* – обогреваемые паром; теплоноситель движется по всем трубам в одном направлении; устанавливаются в вертикальном положении;
2. *Многоходовые* – обогреваются водой; теплоноситель несколько раз изменяет свое направление на обратное; располагаются горизонтально.



- а – одноходовые,
б- многоходовые;

Рисунок 14 – Схемы движения теплоносителя в одноходовом и многоходовом калориферах

Конденсатоотводчики – устанавливают на трубопроводах, отводящих конденсат от паровых калориферов.

Назначение их состоит в том, чтобы, не выпуская из калориферов пар, обеспечивать свободный выход конденсата.

Теплосодержание греющего пара должно быть использовано в калориферах в максимально возможной степени. Если пар будет проходить через калорифер и не конденсироваться, скрытая теплота парообразования не будет использована и потеряется за пределами камеры.

В каждой камере устанавливается один или два конденсатоотводчика, устанавливают их за пределами камеры, в коридоре управления.

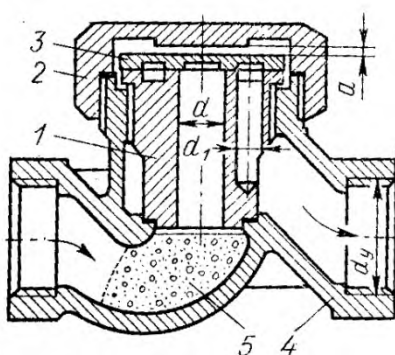
В сушильных камерах конденсатоотводчики применяют трех типов:

1. *Гидростатические (поплавковые)*. Работают по принципу поплавкового крана. Недостаточно надежны из-за сильной коррозии.

2. *Термодинамические*. Их действие основано на различии свойств пара и жидкости, имеющих разную плотность. При определенной разности давлений через отверстие малого диаметра легко выпустить жидкость. Для того, чтобы через это отверстие выпустить пар, необходимо развить большую скорость и преодолеть очень большое сопротивление.

Термодинамический конденсатоотводчик (рисунок 15) состоит из стального корпуса 4, крышки 2, тарелки 3, седла 1 и фильтра 5. Тарелка перемещается по вертикали на величину a . Если из калорифера в конденсатоотводчик поступает только конденсат, он поднимает тарелку и свободно выходит в сливную трубу через отверстия d и d_1 . Если же поступает пар, скорость движения которого велика, под тарелкой вследствие возрастания динамического напора статическое давление пара понижается и она прижимается к седлу. Конденсат сливается через прибор свободно, а пар проходит в ничтожно малом количестве.

Используются наиболее широко.



- 1- седло,
- 2- крышка,
- 3- тарелка,
- 4- корпус,
- 5- фильтр;

Рисунок 15 – Термодинамический конденсатоотводчик в разрезе

3. *Дроссельные*. Действуют по принципу термодинамических. Величина отверстия регулируется с помощью игольчатого клапана.

Конденсатоотводчики следует проверять ежедневно, раз в три месяца

разбирать и чистить; изношенные детали заменять или ремонтировать. Неисправность конденсатоотводчика приводит к потере теплоты пара, снижается теплоотдача калориферов.

Паропроводы и конденсатопроводы изготавливают из гладких стальных труб. Для их соединения используют сварку, муфты, тройники, крестовины. Все паропроводы, установленные вне сушилки необходимо теплоизолировать.

К запорно-регулирующим устройствам относятся: паровые вентили (включение и отключение калориферов, конденсатоотводчиков), обратные клапана (движение пара и конденсата в заданном направлении), грязевики (очистка конденсата при подаче в котельную), манометры (измерение давления в паропроводах).

16 Циркуляционное оборудование

Вентиляторы – воздухоувные машины, применяемые для побуждения циркуляции воздуха или газа в сушильных камерах.

По принципу действия и по форме подразделяются:

1. *Центробежные (рисунок 16, а) –* воздух перемещается под действием центробежного эффекта во вращающемся внутри кожуха колесе в форме барабана с лопастями.

По величине развиваемого давления они разделяются на вентиляторы: низкого (до 1000 Н/м^2), среднего ($1000-3000 \text{ Н/м}^2$), высокого ($3000-10000 \text{ Н/м}^2$) давления. Наиболее часто применяются вентиляторы среднего давления.

По направлению вращения ротора различают:

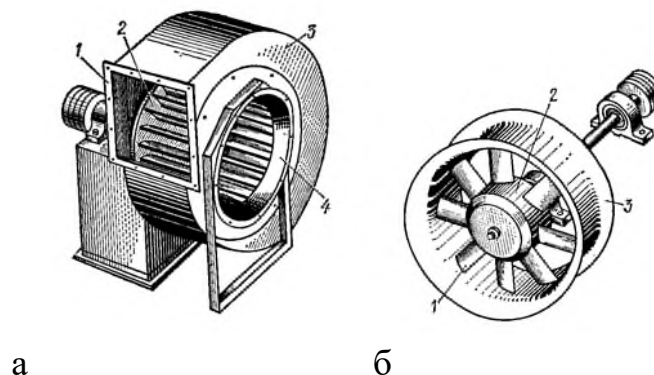
- *Правые –* ротор вращается по часовой стрелке;
- *Левые –* ротор вращается против часовой стрелке.

2. *Осевые (рисунок 16, б) –* воздух перемещается в направлении оси вращения ротора. Выпускают правого и левого вращения.

Промышленность выпускает следующие типы осевых вентиляторов:

- *Вентиляторы МУ (малонапорные)* с четырьмя листовыми изогнутыми лопастями; применяются для обогрева помещений;
- *Вентиляторы У (универсальные)* с шестью или двенадцатью полыми лопастями специального профиля; развивают давление до 800 Н/м^2 ; применяют в сушильной технике;
- *Вентиляторы В (высоконапорные)* шестнадцатилопастные, развивают давление до 1500 Н/м^2 , применяют в сушильной технике.

Все эти вентиляторы нереверсивны, их нормальная работа возможна только при вращении ротора в одном направлении. Очень часто необходимо реверсировать воздушный поток в камере (изменять направление на обратное). Реверсивные вентиляторы изготавливают по спецзаказу. По конструкции реверсивные вентиляторы сходны с универсальными вентиляторами, но их лопасти через одну повернуты на 180° . При вращении в одну сторону работает одна половина лопастей, при вращении в обратную – другая половина.



- а – центробежный вентилятор,
 1 – отверстие выхлопного патрубка,
 2 – рабочее колесо (ротор),
 3 – улиткообразный кожух,
 4 – отверстие всасывающего патрубка,
 б – осевой вентилятор,
 1 – лопасти,
 2 – ступица,
 3 – кожух в форме патрубка;

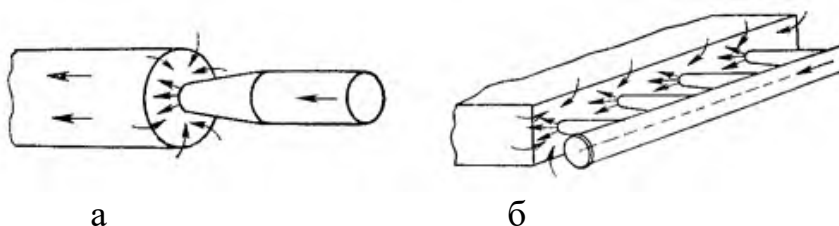
Рисунок 16 – Общий вид центробежного и осевого вентиляторов

Эжекторные установки - работа основана на эффекте подсоса, создаваемого струей движущегося с большой скоростью воздуха или газа.

В открытую трубу (рисунок 17, а) вставлен воздуховод меньшего сечения с конической насадкой, из которой выбрасывается струя воздуха. При резком увеличении скорости воздуха в насадке статический напор потока в ней уменьшается (так увеличился динамический напор). Во входном отверстии основной трубы образуется разрежение и воздух из окружающего пространства будет засасываться в трубу. Количество воздуха, движущегося по трубе, будет значительно больше количества подаваемого насадкой воздуха.

Эжектор требует непрерывной подачи воздуха в насадку, что достигается применением вентиляторов.

В сушилках воздуховоды для циркулирующего воздуха часто делают удлиненной прямоугольной формы и вместо одной устанавливают несколько насадок (рисунок 17, б).



- а – эжектор с круглым каналом,
 б – эжектор с прямоугольным каналом;

Рисунок 17 – Схемы воздушных эжекторов

17 Увлажнительные устройства. Воздухонаправляющие экраны

Увлажнительные трубы предназначены для повышения влажности сушильного агента в камере. По ним подается пар.

Представляют собой обычные трубы диаметром 50 мм. На трубе через каждые 300 мм насверливаются отверстия диаметром 5 мм. Направление выхода струи пара из увлажнительных труб должно строго совпадать с направлением циркуляции агента сушки, но пар не должен попадать на материал.

Длина труб и их размещение определяется конструкцией камеры. В камерах периодического действия трубы проложены по всей длине, либо в верхней, либо в нижней части камеры. Предпочтительнее по полу, так как пар легче воздуха и лучше распределяется по объему камеры.

В камерах непрерывного действия трубы размещают за калориферами по ходу действия воздушного потока.

Воздухонаправляющие экраны применяются для ликвидации паразитных потоков (воздушные потоки, проходящие мимо штабеля) в сушильных камерах. В процессе сушки необходимо пропускать через штабель весь объем циркулирующего воздуха.

В зависимости от назначения различают:

1. *Торцевые поворотные.* Предотвращают прохождение воздуха через пространство между торцами штабелей и торцевыми стенками штабелей.
2. *Потолочные.* Перекрывают пространство между потолком камеры и верхом штабеля.
3. *Боковые передвижные.* Перекрывают свободное пространство между торцами штабелей в средней части камеры.

Экраны изготовляют из листового материала, не поддающегося коррозии. Торцевые экраны крепятся на шарнирах к стене, потолочные – к подвескам, боковые – вешаются на трубчатую направляющую.

Экраны свободно перемещаются по направляющим и ими перекрывают свободные пространства.

В камерах где отсутствуют экраны, через штабель проходит фактически не более 50% воздуха, подаваемого вентилятором. Другая половина циркулирует без пользы через свободные пространства мимо штабелей.

18 Ограждения сушильных устройств

Элементами ограждений сушильных камер являются полы, стены, перекрытия и загрузочно-разгрузочные двери.

Ограждения камер должны иметь малую теплопроводность, быть долговечными и герметичными.

Полы камер обычно выстилают в четыре слоя. Нижний слой - балластный толщиной 200-250 мм, далее подготовительный из щебня (толщина 60 мм), на

нем слой бетона толщиной 120 мм. Верхний слой - цементный (толщина 20 мм).

Полу камер придается уклон от 0,01 до 0,005 в направлении к канавкам, идущим вдоль камеры и имеющим слив в канализацию или сточный колодец.

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

Стены выкладывают из глиняного кирпича (ГОСТ 530-71) на цементном растворе марки М-50 с полным заполнением швов. Иногда для устройства стен применяют железобетон.

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

Стены штукатурят, но только со стороны внутренней поверхности камеры. Оштукатуривать сушильные камеры снаружи недопустимо.

Потолочные перекрытия камер выполняют из железобетонных плит толщиной 70-100 мм, поверх которых наносят влагонепроницаемый слой из битумной мастики и наклеивают слой толя. Мастику готовят из нефтяного битума (ГОСТ 8771-76) на уайт-спирите (соотношение 55:45 по массе). Перекрытие обычно утепляют слоем шлака толщиной 250-350 мм, либо используют для этой цели пенобетон, пеностекло или другие изоляционные материалы.

В воздушных и газовых камерах для повышения герметичности ограждения изнутри покрывают краской БТ-177 (ГОСТ 5631-70), эмалями на основе перхлорвиниловой смолы ПХВ-14 (ГОСТ 6993-70) или на основе пентафталевых и эпоксидных смол. Нарушать целостность защитной пленки не допускается.

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

Ограждения сборных камер изготавливают в виде щитов, которые имеют каркас из профильной стали (уголки, швеллеры), облицованный листовым металлом (с внутренней стороны обязательно нержавеющей металлом) и заполненный минеральным теплоизоляционным материалом (шлаковой ватой, минеральной ватой, стекловолокном). Щиты соединяют болтами, либо непосредственно друг с другом, либо с рамой металлического каркаса. Все стыки тщательно заделывают.

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

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

Наиболее широкое применение имеют створные двери.

Дверное полотно на массивных петлях крепится к металлической дверной коробке. С внутренней стороны полотно по периметру окантовано уголком, который при закрывании двери нажимает на уплотнительную прокладку, выполненную из термостойкой резины или асбестового жгута. Прокладка заложена в канавку, образованную уголком. Герметизация двери в притворе осуществляется винтовыми прижимами. Достаточно герметичный притвор обеспечивает конструкция, предусматривающая прокладку полосы термостойкой резины по периметру дверной коробки.

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

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

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

Подъемно-щитовые двери имеют дверное полотно, которое может перемещаться в вертикально расположенных направляющих с помощью небольшой тросовой лебедки. При открывании двери полотно перемещают вверх по направляющим и фиксируют в верхнем положении стопорным устройством.

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

Глава 5 Лесосушильные камеры для пиломатериалов

19 Классификация сушильных устройств

В зависимости от применяемого способа сушки сушильные устройства делятся на несколько классов:

1. *Газопаровые конвективные (конвективные)* – сушка нагретой газовой среде;
2. *Жидкостные* - сушка в нагретых гидрофобных и гидрофильных жидкостях;
3. *Кондуктивные* - сушка с передачей тепла материалу посредством теплопроводности при непосредственном контакте древесины с нагретыми поверхностями;

4. *Диэлектрические* - сушка в электромагнитном поле ТВЧ с передачей тепла материалу за счет диэлектрических потерь;

5. *Радиационные* - сушка с передачей тепла материалу излучением;

6. *Индукционная* - сушка в электромагнитном поле промышленной частоты с передачей тепла материалу от размещаемых внутри штабеля ферромагнитных прокладок, нагреваемых индуктивными токами;

7. *Вакуумные* – сушка в вакууме.

Все способы, связанные с применением СВЧ и ТВЧ, а также кондуктивные отличаются технической новизной и экзотикой, однако широкого промышленного применения не получили из-за сложности оборудования, дороговизны и весьма низкого качества высушенной древесины. При вакуумной сушке продолжительность процесса по сравнению с конвективными сушильными камерами сокращается в 3-5 раз на толстых и трудносохнущих сортаментах твердолиственных пород. На хвойных и мягколиственных породах нормальной толщины ускорение процесса сушки не значительно. К тому же большая трудоемкость загрузочно-разгрузочных работ, пока не поддающихся автоматизации и механизации, высокая неравномерность конечной влажности по толщине материала, отсутствие четких, обоснованных режимов и технологических рекомендаций, при малой вместимости автоклавов и их большой стоимости ограничивают распространение сушилок такого типа.

Для сушки пиломатериалов применяют в основном конвективные сушилки, называемые сушильными камерами.

Сушильные камеры классифицируются по следующим признакам:

1. *По конструктивному оформлению сушилок*

- *Камерные сушилки.* Камеры представляют собой постройки различных размеров, внутри которых находятся высушиваемые штабеля пиломатериалов или заготовок, загружаемые через специальные двери. Внутри камеры, а иногда частично снаружи, располагают узлы теплового и циркуляционного оборудования.

- *Роликовые сушилки,* через сушильное пространство которых материал перемещается роликовыми конвейерами; применяются для сушки шпона, плит.

- *Пневматические сушилки,* работающие по принципу сушки материала во взвешенном состоянии в потоке воздуха или газа (измельченная древесина).

- *Барабанные сушилки,* основной частью которых является барабан, внутри которого происходит перемещение и сушка материала (измельченная древесина).

- *Ленточные сушилки,* перемещающие материал по ленточному сетчатому конвейеру (шпон). В настоящее время практически не применяются.

2. *По виду сушильного агента различают*

- *Камеры воздушные,* агентом сушки в которых является влажный воздух.

- *Газовые,* где в качестве сушильного агента используют топочные газы в смеси с воздухом.

- *Действующие на перегретом паре.* Последние очень часто называют высокотемпературными камерами.

- *Паровоздушные*, в которых сушильным агентом могут быть влажный воздух и чистый перегретый пар.

Наиболее экономичны по себестоимости сушки топочные газы. Однако существующие конструкции сушильных камер не обеспечивают необходимого качества сушки, поэтому широкое применение их нецелесообразно.

Сушильные камеры пиломатериалов с электрообогревом при существующих ценах на электроэнергию, как правило, неэкономичны. Их можно применять только на предприятиях с небольшими объемами сушки и не имеющих других источников тепловой энергии.

3. По принципу действия

- *Периодического действия*. В камеры периодического действия высушиваемый материал загружают одновременно на полный их объем. Камеры работают циклично: загрузка, высушивание и выгрузка материала.

- *Непрерывного действия*. Камеры непрерывного действия работают непрерывно. Процесс сушки в них не прекращается на время загрузки и выгрузки материала. По камере материал перемещается от загрузочного (сырого) конца к выгрузочному (сухому). При каждой выгрузке высушенного штабеля остальные штабеля, находящиеся в камере, перемещаются на длину одного штабеля.

4. По характеру ограждений камеры делят на

- *Стационарные камеры* - это постройки, элементы ограждений которых формируются на месте из обычных строительных материалов. В стационарных камерах стены делают из кирпича или железобетона. Их строительство и монтаж оборудования производятся на деревообрабатывающих предприятиях. В этих сушильных камерах следует обращать особое внимание на герметизацию и теплоизоляцию.

- *Сборные камеры (сборно-металлические)* изготавливают на специальных заводах и монтируют на месте строительства из готовых панелей и секций. На месте их установки выполняют только сборку узлов и монтаж оборудования. Это значительно сокращает сроки их строительства. Имеют единственное преимущество перед сушильными камерами в строительных ограждениях - быстрота ввода в эксплуатацию.

Элементами ограждений сушильных камер являются полы, стены, перекрытия и загрузочно-разгрузочные двери. Ограждения камер должны иметь малую теплопроводность, быть долговечными и герметичными.

5. По способу циркуляции сушильного агента различают

- *Камеры с естественной циркуляцией*. Сушильный агент - влажный воздух циркулирует без внешнего побуждения за счет различия плотности нагретого и охлажденного при испарении воздуха. Сушильные камеры с естественной циркуляцией являются устарелыми, малопродуктивными, режим сушки в них практически не управляем, равномерность просыхания пиломатериала неудовлетворительная.

- *Камеры с побудительной циркуляцией*. Сушильный агент перемещается по штабелю вентиляторами. Циркуляция может быть односторонней по отношению к штабелю и реверсивной, когда направление ее периодически

меняется на обратное. Циркуляция агента сушки может осуществляться вентиляторами, непосредственно находящимися в камере, или через сопла эжектора. В этом случае камеры называются эжекционными.

6. *По кратности циркуляции сушильного агента* сушильные камеры могут быть

- *С однократной циркуляцией* - агент сушки после прохождения через высушиваемый материал полностью выбрасывается в атмосферу.

- *С многократной циркуляцией* – агент сушки выбрасывается лишь частично. Один и тот же воздух или газ многократно проходит через высушиваемый пиломатериал.

7. *По перемещению штабеля в туннеле*

- *С продольной загрузкой* – перемещение штабеля в направлении длины досок.

- *С поперечной загрузкой* – перемещение штабеля перпендикулярно длине досок.

Камеры должны обеспечивать качественное высушивание пиломатериалов в соответствии с производственными требованиями, быть возможно дешевыми, иметь наименьшие затраты на сушку, быть компактными, безопасными в пожарном отношении, удобными и не сложными в обслуживании, обеспечивать наилучшие показатели качества сушки пиломатериалов.

20 Камеры периодического действия

В камерах периодического действия загрузка - выгрузка материала выполняются на весь объем камеры. Температура и влажность агента сушки одинаковы по всей камере. Режим сушки изменяется в зависимости от того, насколько подсохла древесина в камере, то есть по времени – при переходе с одной стадии сушки на другую. По вместимости камеры строят на один, два или четыре штабеля.

В камерах периодического действия сушат сравнительно небольшие партии пиломатериалов разных пород и размеров. В этих камерах можно создавать самый разнообразный режим сушки в зависимости от высушиваемого материала, проводить влаготеплообработку и кондиционирование материала, поэтому они обеспечивают высокое качество сушки. Крупные, трудно сохнущие сортименты и древесину ценных пород сушат только в этих камерах. В них пиломатериал можно высушивать до любой конечной влажности и с минимальными дефектами сушки пиломатериала.

Камеры периодического действия строят паровоздушными, газовыми и работающими на перегретом паре.

Они бывают с естественной и побудительной циркуляцией.

В зависимости от интенсивности циркуляции агента сушки сушильные камеры периодического действия для сушки пиломатериалов подразделяются следующим образом: с естественной циркуляцией; со слабой побудительной

циркуляцией (средняя скорость воздуха по штабелю 0,5 м/с); с циркуляцией средней интенсивности (средняя скорость воздуха по штабелю 1,0 м/с) и сушильные камеры с циркуляцией повышенной интенсивности (средняя скорость воздуха по штабелю 2,0 м/с и более).

Камеры с естественной циркуляцией, как малоэффективные для нового строительства, не рекомендуются. Существующие камеры подлежат реконструкции.

Принудительная циркуляция сушильного агента осуществляется осевыми и центробежными вентиляторами. Побуждение может быть прямое, когда через вентилятор проходит весь циркулирующий в камере воздух, и косвенное (эжекционное), когда побудителем циркуляции внутри сушильной камеры пиломатериалов служит энергия струй сушильного агента, выпускаемых с большими скоростями через сопла эжектора. Современные сушильные камеры для сушки пиломатериалов выпускают с прямым побуждением циркуляции.

Для высококачественной сушки древесины в конвективных сушильных камерах периодического действия с одновременной интенсификацией процесса, основным требованием является обеспечение равномерной циркуляции сушильного агента по штабелю или нескольким штабелям с необходимой скоростью сушильного агента по пиломатериалу.

В зависимости от характера побуждения и оснащения оборудованием различают следующие схемы устройства и работы сушильных камер периодического действия:

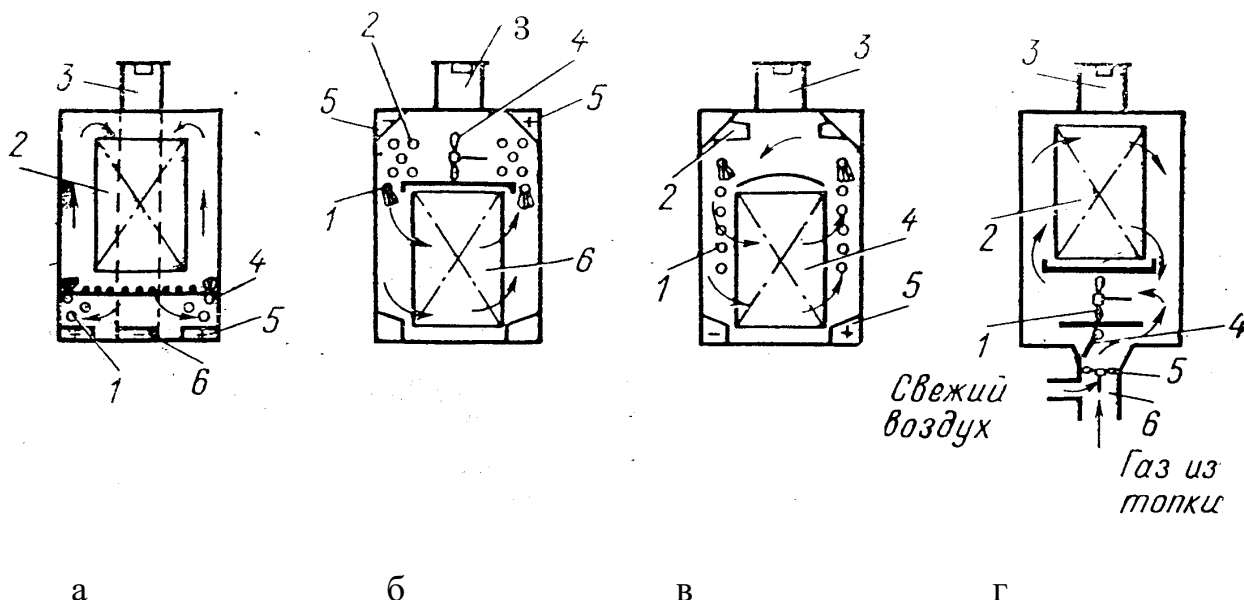
1) Камеры с естественной циркуляцией (рисунок 18, а).

Воздух, нагретый в калориферах (1), более легкий и поднимается вверх. Соприкасаясь с влажными досками, он расходует часть тепла на испарение влаги, охлаждается, становится тяжелее и вместе с полученными водяными парами опускается вниз. Одна часть воздуха через вытяжной канал (6) и трубу (3) удаляется, другая снова нагревается калорифером и поднимается вверх между штабелем (2) и стеной камеры. Для увлажнения воздуха в камере установлены увлажнительные трубы (4). Свежий воздух поступает через приточные каналы (5), в камере создается естественная циркуляция. Доски в штабеле укладываются на прокладки, в каждом ряду между ними оставляют пространство - шпации, чтобы обеспечить доступ воздуха к каждой доске.

2) Камеры паровоздушные с прямым побуждением (рисунок 18, б).

Поток воздуха через вентиляторы (4) проходит через калориферы (2), нагревается и проходит в штабель (6). Здесь он испаряет влагу из материала, увлажняется и снова подается в зону вентилятора. Удаление отработавшего воздуха и приток свежего происходит через приточно-вытяжные каналы (5) и трубу (3). Воздух в камере увлажняется паром, поступающим через увлажнительные трубы (1).

Доски укладываются без шпаций, что на 25-30% увеличивает вместимость камеры по сравнению с камерами с естественной циркуляцией.



- а – паровоздушная с естественной циркуляцией,
 б – паровоздушная с прямым побуждением циркуляции сушильного агента,
 в – паровоздушная с побудительной циркуляцией сушильного агента,
 г – газовая с побудительной циркуляцией;

Рисунок 18 – Схемы устройства лесосушильных камер периодического действия

3) Камеры с эжекционным побуждением (рисунок 18, в)

Воздух входит через специальные насадки – сопла (2). Струя воздуха, вышедшая из сопла, вовлекает в движение массы окружающего воздуха. Причем, эжектирующий воздух вовлекает в себя в несколько раз больше объема окружающего эжектируемого воздуха. В результате весь этот воздух приводится в движение.

Струя воздуха вместе с эжектируемым воздухом попадает в зону калориферов (1), нагревается и проходит через штабель (4). Затем воздух проходит через вторую зону калориферов и снова подсасывается эжектирующей струей. Так создается циркуляция агента сушки.

Удаление отработавшего и приток свежего воздуха происходит, как и в других камерах через приточно-вытяжные каналы (5) и трубу (3).

Сопла располагаются с двух сторон и работают попеременно через определенный интервал времени, таким образом меняется направление циркуляции агента сушки по штабелю.

4) Газовые камеры с побудительной циркуляцией (рисунок 18, г).

В газовых камерах нет калориферов. Тепло подается вместе с топочными газами непосредственно в камеру. Газы в камеру подаются специальным вентилятором (5). Специальная заслонка (4) изменяет направление подачи газа в ту или иную сторону по отношению к штабелю. Её положение меняется одновременно с изменением направления основного вентилятора (1),

расположенного за заслонкой. Это создает реверсирование потока сушильного агента через штабель (2).

Свежий воздух подается в струю топочных газов. В смесительной камере (6) создается рабочая смесь – сушильный агент определенной температуры и влажности. Температура смеси зависит от количества свежего воздуха, участвующего в смеси. Отработавшая смесь удаляется так же, как и в других камерах через приточно-вытяжные каналы и трубу (3).

21 Камеры непрерывного действия

Камеры непрерывного действия применяют для сушки большого количества однородных пиломатериалов до транспортной влажности. Эти камеры отличаются от камер периодического действия своей длиной: при продольной загрузке штабелей их длина обычно бывает 35...42 м с расчетом на 5...6 штабелей нормальной длины 6,5 м; при поперечной загрузке штабелей - около 20 м (на 10 штабелей). Ширина сушилки на один штабель - примерно 2 м, на два штабеля - примерно 4,7 м, при поперечной загрузке пакетов - примерно 7 м. Камеры работают непрерывно круглый год, кроме остановки на ремонт.

Штабеля загружают с сырого конца, а выгружают с сухого конца камеры. Загружают и выгружают штабеля одновременно. При этом штабеля, находящиеся в камере, перемещаются на один штабель вперед к сухому концу. Если длина камеры пятиштабельная, за время сушки каждый штабель переместится 5 раз.

Режим сушки в этих камерах изменяется не так, как в камерах периодического действия, а по длине туннеля.

В сухой конец камеры постоянно подается воздух, по температуре и влажности в соответствии с режимом сушки. Проходя через штабель пиломатериалов и испаряя влагу, воздух насыщается, снижается температура воздуха. Перепад температуры между сухим концом камеры и сырым концом камеры непрерывного действия достигает 15 - 30°, а относительная влажность воздуха изменяется с 30% в сухом конце камеры до 85... 100% в сыром конце.

Теплоносителем в камерах служит пар или горячая вода. Если энергетических мощностей недостаточно, строят газовые камеры на древесном топливе.

Все камеры непрерывного действия обладают тремя особенностями:

- 1) В камерах непрерывного действия отсутствуют устройства для снятия внутренних напряжений;
- 2) необходимостью наладки каждой камеры на сушку пиломатериалов только одной породы и толщины;
- 3) В качестве сушильного агента используется только воздух.

В камерах непрерывного действия невозможна сушка по высокотемпературному режиму, так как из-за частого открывания дверей, невозможно создать среду перегретого пара.

Наиболее распространены противоточные камеры непрерывного действия (рисунок 19). Камера представляет собой длинный туннель (рисунок 19,а), разделенный горизонтальным экраном 8 на две части – сушильное пространство 7 и циркуляционный канал 6, в котором установлены осевой вентилятор 1 и пластинчатые калориферы 5. Вентилятор, приводимый в движение электродвигателем 2, прогоняет воздух через калориферы и далее по циркуляционному каналу в разгрузочный (сухой) конец камеры. Здесь воздушный поток поворачивает в сушильное пространство, движется по нему в обратном направлении, омывает последовательно все штабеля и возвращается к вентилятору. На перекрытии камеры до и после вентилятора ставят приточную 3 и вытяжную 4 трубы. Камера работает по типовой и принципиальной схеме сушки с многократной циркуляцией.

Штабель сырого материала, загружаемого в камеру, попадает в среду повышенной степени насыщенности. В ходе процесса он периодически перемещается на новые места, в среду с более высокой температурой и низкой степенью насыщенности. Поскольку пиломатериал перемещается навстречу движения воздуха, такие камеры и получили название противоточные.

Изложенный принцип работы одинаков для всех противоточных камер, однако характер движения воздуха относительно материала и способы штабелевки могут быть различными.

Имеются три основных варианта противоточных камер:

1) *Камера с продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией (рисунок 19, б), в которой штабель занимает все поперечное сечение сушильного пространства, а материал уложен со шпациями.*

2) *Камера с продольной штабелевкой и зигзагообразной циркуляцией (рисунок 19, в).*

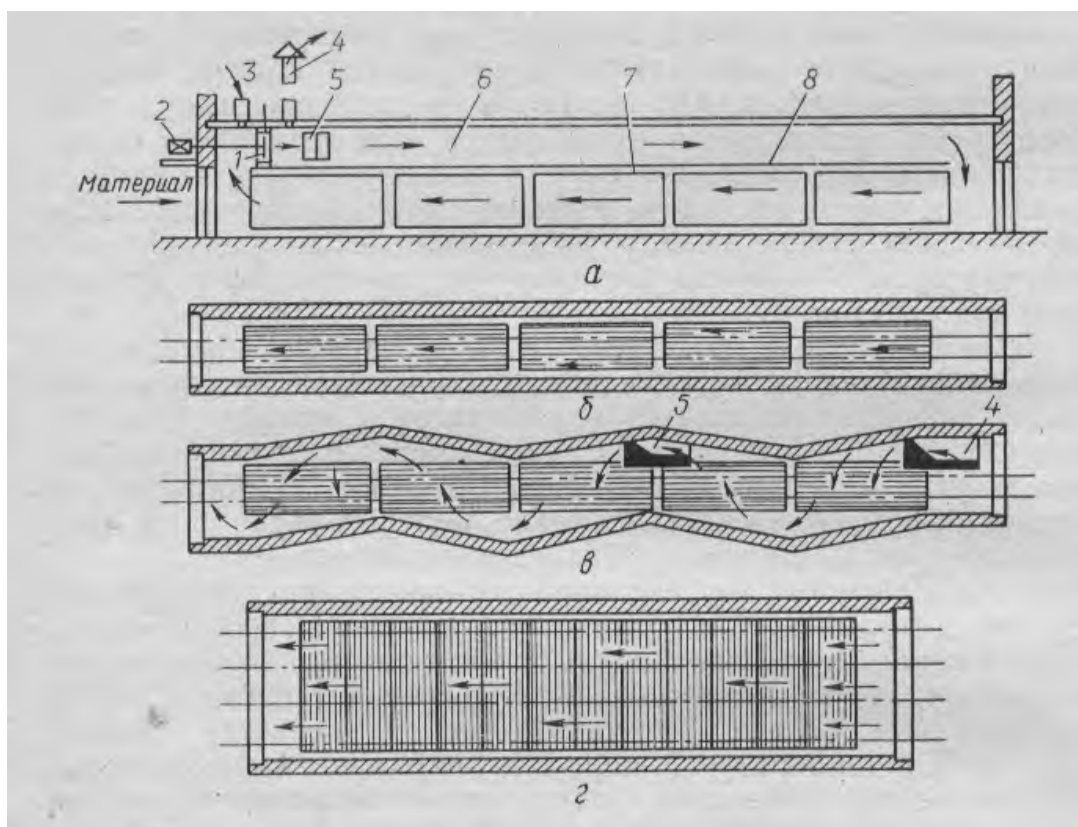
Материал уложен без шпаций, а зигзагообразные стены (или система экранов, примыкающих к прямым стенам) направляют воздух в камере так, как показано на схеме стрелками. При перемещении штабеля с одного места на другое поток воздуха меняет свое направление относительно материала, то есть реверсируется.

3) *Камера с поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией (рисунок 19, г).*

Штабель занимает всю площадь поперечного сечения камеры, материал уложен без шпаций.

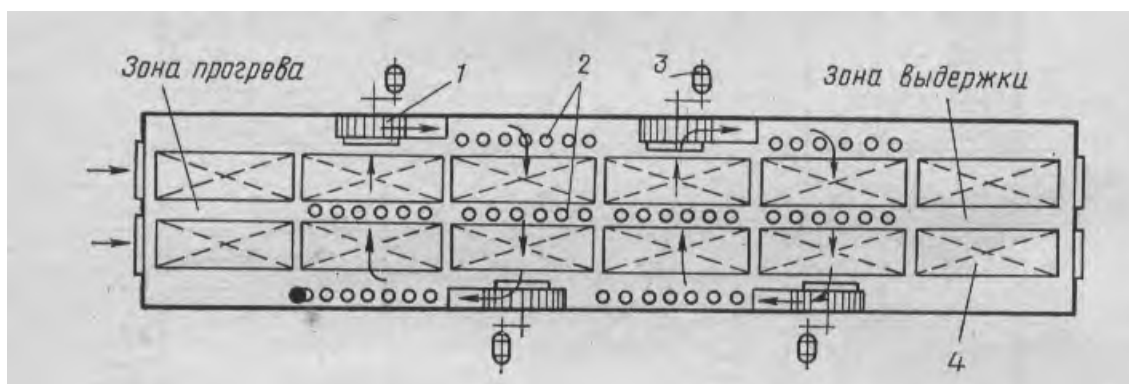
Кроме противоточных камер непрерывного действия существуют камеры с поперечной циркуляцией, в которых предусматривается позонное регулирование состояния воздуха (рисунок 20). В камерах установлены центробежные вентиляторы у обеих продольных стен. Предполагается, что два показанных на схеме стрелками горизонтальных кольцевых потока циркуляции автономны и в каждом из них поддерживается свое состояние сушильного агента. В действительности автономность потоков не сохраняется и они смешиваются между собой. В результате не соблюдается режим сушки и камера работает неудовлетворительно. Данные камеры рекомендуют эксплуатировать по принципу камер периодического действия, поддерживая

стабильное состояние воздуха по всей длине камеры и регулируя его во времени.



а – камера с продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией,
 б – камера с продольной штабелевкой и зигзагообразной циркуляцией,
 в – камера с поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией ;

Рисунок 19 – Противоточные сушильные камеры непрерывного действия



1 – центробежные вентиляторы,
 2 – калориферы,
 3 – электродвигатели,
 4 – штабеля;

Рисунок 20 – Схема камеры непрерывного действия с позонной циркуляцией

При выборе типа сушильной камеры для сушки пиломатериалов, при проектировании и строительстве для данного предприятия необходимо учитывать следующее: объем высушиваемых пиломатериалов в год; спецификацию пиломатериалов по породам и толщине: назначение пиломатериалов и заготовок (требуемая категория качества сушки), наличие источников теплоснабжения для сушильной камеры.

Глава 6 Технология камерной сушки

2.2 Режимы сушки

Режим сушки древесины - это совокупность параметров и условий воздействия на пиломатериал, обеспечивающих заданное качество и продолжительность его сушки.

Режимы сушки назначают из таблиц в зависимости от породы высушиваемой древесины, их влажности, толщины, категории качества и типа лесосушильной камеры.

Режимы сушки координируют по влажности древесины. То есть изменение параметров режима сушки обусловлено изменением влажности пиломатериалов. В камерах периодического действия режим сушки древесины в зависимости от её состояния задается таблицей, оговаривающей последовательное изменение параметров сушильного агента в процессе сушки (ступени). Переход со ступени на ступень происходит при достижении древесиной определенной влажности, указанной в таблице (переходная влажность). В камерах непрерывного действия режим сушки сортиментов определенной породы, толщины, назначения и влажности задается лишь двумя состояниями среды – в сухом и сыром концах камеры.

Существуют три показателя режимов сушки:

1. *Жесткость* – характеризует скорость испарения влаги из древесины в среде заданного состояния. Жесткость режима возрастает с уменьшением степени насыщенности ϕ и увеличением температуры сушильного агента. При одинаковой степени насыщенности сушильного агента более жестким будет режим с повышенной температурой, а при одинаковой температуре - режим с меньшей степенью насыщенности. Воздух одного и того же состояния создаёт более жесткие условия сушки (с возможностью даже растрескивания древесины) для толстого, более твёрдого, более влажного пиломатериала и с большей продолжительностью сушки.
2. *Безопасность* – характеризует сохранение целостности древесины при сушке. Безопасность режима тем выше, чем меньше возникающие при сушке в древесине внутренние напряжения. Режим перестает быть безопасным, если напряжения достигают предела прочности древесины.
3. *Эффективность* – определяется совокупностью затрат на сушку с учетом получения пиломатериала качества, соответствующего его назначению.

Эффективен тот режим, который дает наиболее быструю сушку при достижении определенного качества.

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

Основными параметрами сушильного агента, характеризующими режим сушки являются:

1. *Температура t* – оказывает влияние на теплопроводность и физико-механические свойства древесины, то есть на процессы, протекаемые в высушиваемом материале.

2. *Скорость воздуха* – оказывает влияние на равномерность просыхания материала в объеме штабеля; с увеличением скорости воздуха сокращается время сушки.

3. *Психрометрическая разности Δt* – характеризует скорость испарения влаги с поверхности древесины.

Сушка пиломатериалов происходит при определенном температурном и влажностном режиме, под которым понимают закономерное чередование процессов температурного и влажностного воздействия на древесину в соответствии с ее влажностью и сроками сушки. В процессе сушки в камере постепенно повышается (по ступеням) температура воздуха и понижается относительная влажность сушильного агента. Режимы сушки назначают с учетом породы древесины, толщины пиломатериалов, конечной влажности, категории качества высушиваемых материалов и конструкций (типа) камер

В зависимости от температуры сушильного агента режимы сушки разделены на четыре категории: мягкие, нормальные, форсированные и высокотемпературные. Первые три категории (мягкие, нормальные и форсированные) относятся к режимам низкотемпературного процесса.

При низкотемпературных режимах сушки в качестве сушильного агента используется влажный воздух с температурой в начальной стадии до 100 °С, хотя более высокая температура допускается на последней стадии процесса.

Низкотемпературные режимы сушки пиломатериалов делятся на 2 группы: 1 - для хвойных пород, 2 - для лиственных пород.

При сушке в камерах периодического действия низкотемпературные режимы сушки имеют несколько уровней (ступеней) – при начальной влажности выше 30% - три ступени, при W_n меньше или равной 30% - две ступени. В процессе сушки пиломатериалов переход с одной ступени на другую осуществляется по определённой влажности древесины (переходная влажность). Например, при сушке древесины хвойных пород эти значения составляют 35% и 25%, при сушке лиственных пород 30% и 20%.

Мягкие режимы сушки обеспечивают бездефектную сушку пиломатериалов при полном сохранении естественных физико-механических свойств древесины, прочности, цвета.

Нормальные режимы сушки обеспечивают бездефектную сушку пиломатериалов при полном сохранении прочностных показателей древесины с незначительными изменениями её цвета.

Форсированные режимы сушки обеспечивают бездефектную сушку пиломатериалов при сохранении прочности на статический изгиб, растяжение и сжатие, но при снижении прочности на скалывание и раскалывание до 20 % с потемнением древесины.

При высокотемпературных режимах сушки древесины агентом сушки служит перегретый пар с температурой выше 100 °С.

Высокотемпературные режимы сушки обеспечивают бездефектную сушку пиломатериалов при незначительном уменьшении прочности на статический изгиб, растяжение и сжатие, при заметном снижении прочности до 35 % на скалывание и раскалывание с потемнением древесины.

Определяют высокотемпературный режим в зависимости от породы и толщины пиломатериалов.

По этим режимам предусматривается двухступенчатое изменение параметров сушильного агента, причем переход с первой ступени на вторую производится при достижении древесиной влажности (переходной) 20%. В этих режимах рекомендуется сушка до эксплуатационной влажности пиломатериалов целевого назначения для изделий, работающих с большим запасом прочности.

Камеры периодического действия предназначены главным образом для сушки пиломатериалов до эксплуатационной влажности.

В противоточных камерах непрерывного действия, в отличие от камер периодического действия, состояние сушильного агента изменяется не по времени процесса, а по длине камеры, оставаясь в любом её сечении (в сухом и сыром концах камеры) при сушке древесины определенно стабильными.

Для камер непрерывного действия с поперечной циркуляцией применяют низкотемпературные режимы: в сыром конце поддерживают параметры по первой ступени режима, в сухом конце – по последней ступени.

Режимы высокотемпературного процесса сушки в камерах непрерывного действия не могут быть реализованы, что объясняется периодическим открыванием дверей для загрузки и выгрузки пиломатериалов в процессе сушки.

В камерах непрерывного действия разрешается одновременно сушить только однородные по характеристике пиломатериалы (порода, толщина, начальная влажность).

Основное назначение камер непрерывного действия – сушка до транспортной влажности. Возможна сушка до эксплуатационной влажности пиломатериалов, в которых допускаются остаточные внутренние напряжения.

Область применения режимов определяется назначением, породой и размерами сортиментов.

В режимах сушки пиломатериалов изменение температуры и влажности воздуха могут координироваться по следующим параметрам :

1. во *времени* от начала сушки с составлением заранее расписания температуры и относительной влажности на весь процесс;
2. по *влажности* материала, уменьшающейся в процессе сушки;
3. в соответствии с характером и величиной возникающих в высушиваемом материале *напряжений*.

В настоящее время, с развитием систем автоматики, сушка по времени потеряла свою целесообразность, так как обеспечивает существенно ниже качество, чем процесс сушки, основанный на фактической влажности древесины в штабеле. Сушка же по возникающим в древесине напряжениям затруднена в настоящее время, из-за отсутствия датчиков для их измерения.

23 Категории качества

Древесина, выпускаемая из сушилки, должна по качественным показателям соответствовать своему назначению. Так как назначение древесины должно быть различным, различными должны быть и требования, предъявляемые к качеству сушки. В зависимости от этих требований по камерной сушке установлено четыре категории качества:

1) *Первая (I) категория – высококачественная сушка.* Предназначена для высушивания древесины, механически обрабатываемой по 1-му классу точности: точное машино- и приборостроение, производство моделей, авиационных деталей, лыж, музыкальных инструментов и т.п. При этом предусматривается полное сохранение при сушке механических свойств древесины.

Для пиломатериалов I категории рекомендуют мягкие или нормальные режимы в камерах периодического действия. Жесткость режима определяется породой древесины.

2) *Вторая (II) категория – качественная сушка.* Предназначена для высушивания древесины, механически обрабатываемой по 2-му классу точности: для столярно-мебельного производства (кроме погонажного производства), автомобилестроения, вагоностроения.

Для пиломатериалов II категории качества рекомендуют нормальные режимы в камерах периодического действия.

3) *Третья (III) категория – сушка до эксплуатационной влажности.* Предназначена для высушивания древесины, механически обрабатываемой по 3-му классу точности и для изделий, не требующих взаимозаменяемости: для использования в столярно-строительном производстве (двери, окна), погонажном производстве (плинтуса, наличники, перила, половая доска, подоконник и т.д.), грузовом автомобилестроении и вагоностроении, сельскохозяйственном машиностроении, производство деталей и изделий малоэтажных домов и комплектов деталей для домов со стенами из местных материалов, строительных конструкций, производство тары и временных заграждений (качество сушки должно соответствовать техническим требованиям на указанные изделия).

Для пиломатериалов III категории рекомендуют нормальные режимы. Если конкретные условия службы изделий или сооружений из древесины допускают снижение её прочности и желательно сокращение производительности сушки, целесообразно применение форсированных или высокотемпературных режимов.

4) Нулевая (0) категория – сушка до транспортной влажности ($W=18-20\%$) пиломатериалов экспортного и внутрисоюзного потребления.

Для 0 категории качества рекомендуют мягкие (пиломатериалы экспортного назначения) или нормальные режимы (пиломатериалы внутрисоюзного направления) в камерах непрерывного действия.

24 Правила пуска камеры

Оборудование сушильных камер перед загрузкой в них пиломатериалов следует проверить. Двери камер должны герметично закрываться, воздухообменные отверстия иметь плотно пригнанные шиберы с хорошо заделанными рамками, все вентили быть исправными. Калорифер и пол камеры необходимо содержать в чистоте.

Исправность калориферов проверяют путем пробного пуска в них пара при полном давлении. В это время наблюдают, не пропускают ли пара фланцы и другие соединения калорифера и паропроводов. Если слышатся характерные металлические звуки (удары или потрескивание), надо прикрыть вентиль, уменьшив впуск пара в калорифер, и постепенно приоткрыть его через некоторое время. Паровпускные вентили следует открывать постепенно во избежание гидравлических ударов, нарушающих герметичность соединений. После длительной остановки камеры калорифер может плохо прогреваться из-за накопившегося там конденсата. В этом случае калорифер следует продуть паром через обводную трубку у конденсатоотводчика. Однако продувкой нельзя злоупотреблять, так как она требует излишнего расхода пара.

После разогрева калорифера проверяют работу конденсатоотводчиков, для чего отключают калорифер от конденсатной магистрали и открывают вентиль для выбрасывания конденсата через контрольную трубку наружу.

Действие увлажнительной системы проверяют пуском в нее пара, который должен выходить из всех отверстий равномерно.

В газовых камерах необходимо в первую очередь проверить герметичность топки, газоходов и шиберов.

Для того, чтобы влага не конденсировалась на холодном оборудовании и ограждениях сушильной камеры, перед загрузкой пиломатериалов лесосушилку необходимо прогреть сухим воздухом. Чем суше внутренние поверхности ограждений, тем меньше будет потерь тепла при работе камеры.

25 Процессы влаготеплообработки древесины

25.1 Начальная влаготеплообработка (прогрев)

Первой операцией после загрузки материала в камеру является начальная влаготеплообработка (прогрев) материала, проводимая для выравнивания влажности древесины по объему штабеля, сечению и прогрева по толщине пиломатериала.

Для интенсивного начального прогрева перед сушкой в камере должна быть создана высокая степень насыщенности среды при повышенной температуре. Для этого в камеру через увлажнительные трубы подают пар при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах.

В период прогрева штабеля влажность пиломатериалов в нём не должна повыситься более, чем на 1 - 2 %. Испарение влаги из материала должно начаться только после полного его прогрева по всей толщине.

Температура начальной ВТО устанавливается:

- для лиственных и твердых лиственных пород – выше температуры среды, установленной для первой ступени режима на 5°C;
- для мягких лиственных пород (береза, ольха, осина, тополь, липа) – выше температуры среды, установленной для первой ступени режима на 8°C, но в обоих случаях не выше 100°C.
- для мягких хвойных пород (сосна, ель, кедр, пихта) - поддерживается в зависимости от их толщины и категории режима сушки; устанавливается по таблице 7.12 [1].

Для создания высокой степени насыщенности среды при прогреве психрометрическую разность поддерживают на уровне $\Delta t = 0,5 \div 1,5^\circ\text{C}$.

Прогрев проводят до тех пор, пока разность температуры окружающей среды и температуры в центр доски (заготовки) не достигнет 3°C.

Ориентировочно длительность начального прогрева определяется из расчета 1 час на каждый сантиметр толщины материала (например, для прогрева пиломатериала толщиной 32 мм потребуется 3,2 часа).

В фазе нагрева и при переходе к первой ступени процесса важно не допустить даже коротковременного понижения температуры во влажном пиломатериале, так как это может привести к возникновению поверхностных трещин в данный период сушки.

25.2 Промежуточная влаготеплообработка

Промежуточная влаготеплообработка проводится для уменьшения влажностных внутренних напряжений, возникающих в древесине при сушке.

Как и прогрев осуществляется подачей пара через увлажнительные трубы.

Промежуточная влаготеплообработка проводится для пиломатериалов I и II категорий качества и для пиломатериалов повышенных толщин.

Промежуточная ВТО проводится при переходе со второй на третью ступень режима низкотемпературного процесса или с первой на вторую при высокотемпературном режиме.

Во время промежуточной ВТО температура среды поддерживается на 8°C выше температуры предшествующей ступени режима (но не более 100°C).

Относительная влажность воздуха $\phi = 95 - 97\%$, психрометрическая разность устанавливается равной $\Delta t = 1,5 \div 2^\circ\text{C}$.

Длительность промежуточной ВТО зависит от породы и толщины материала и принимается равной $\frac{1}{3}$ времени от общей продолжительности влаготеплообработок. Общая продолжительность промежуточной и конечной влаготеплообработки определяется по таблице 19 [2] .

25.3 Конечная влаготеплообработка

Конечная влаготеплообработка проводится с целью снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений. Конечной ВТО подвергают все пиломатериалы I, II и III категорий качества. Конечная ВТО предупреждает образование внутренних трещин.

Как и промежуточная ВТО конечная осуществляется подачей пара через увлажнительные трубы.

Во время конечной влаготеплообработки температуры среды поддерживают на 8°C выше температуры на последней ступени режима, но не выше 100°C. При степени насыщенности $\phi = 0,9 \div 1,0$ психрометрическая разность устанавливается – $\Delta t = 0,5 \div 1^\circ\text{C}$,

Продолжительность конечной ВТО составляет $\frac{2}{3}$ от общей продолжительности влаготеплообработок. Общая продолжительность промежуточной и конечной влаготеплообработки определяется по таблице 19 [2] .

Пиломатериалы, высушиваемые высокотемпературными режимами, охлаждают, перед влаготеплообработкой до $95 \div 100^\circ\text{C}$.

После конечной влаготеплообработки пиломатериалы выдерживают в камере при психрометрической разности последней ступени сушки в течение 2-3 часов для подсушки поверхности.

26 Кондиционирующая обработка. Окончание процесса сушки

Кондиционирующая обработка проводится в обязательном порядке для пиломатериалов I категории качества и пиломатериалов II категории качества толщиной 60 мм и более; и для выравнивания влажности древесины по всему объему штабеля и по толщине пиломатериалов, а также для снятия остаточных напряжений.

В камере поддерживают такое состояние среды, при котором недосушенные сортаменты подсыхают, а пересушенные увлажняются.

Температура среды во время кондиционирующей обработки поддерживается на (5...8) °C выше температуры на последней ступени режима сушки, но не более 100°C, а степень насыщенности должна быть равновесна средней заданной конечной влажности древесины, увеличенной на 1%. Степень насыщенности воздуха ϕ определяется по диаграмме равновесной влажности древесины в зависимости от температуры среды и конечной влажности пиломатериала.

Продолжительность кондиционирующей обработки определяется в зависимости от категории качества, особенности камеры, материала и ориентировочно равна половине продолжительности конечной влаготеплообработке.

Для обеспечения требуемых качественных показателей сушку пиломатериалов, особенно I и II категорий, следует заканчивать по определенным правилам. При достижении контрольными образцами заданной конечной влажности назначают влаготеплообработку. По окончании её в течении 1 – 4 часов, в зависимости от толщины сортиментов, увлажненную поверхность древесины подсушивают при психрометрической разности последней ступени режима, после чего проверяют показатели качества сушки. Если древесина отвечает предъявляемым к ней требованиям, её охлаждают в камере.

Охлаждение пиломатериала в камере до 30-40 °C проводят при открытых приточно-вытяжных каналах и неработающих вентиляторах, подачу пара в калориферы прекращают, двери полуоткрывают. Ориентировочная продолжительность охлаждения составляет 1 час на каждый сортимент толщины пиломатериала. Выкатка из камеры неостывших штабелей не допускается.

Если же пиломатериалы просушены недостаточно качественно, например имеют недопустимые отклонения конечной влажности, проводят кондиционирующую обработку с целью выравнивания влажности.

Весь процесс сушки, от начального прогрева до кондиционирующей обработки, сопровождается записью всех проводимых наблюдений и замеров в специальном журнале и картах сушки.

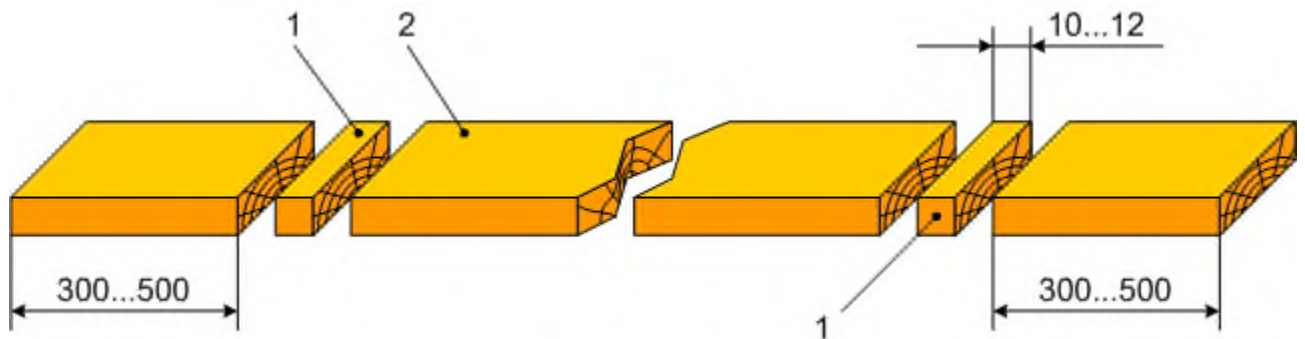
27 Контроль текущей влажности пиломатериалов

Для постоянного измерения текущей влажности пиломатериалов в нескольких точках штабеля, температуры и относительной влажности сушильного агента внутри камеры на протяжении всего процесса сушки древесины используются различные системы контроля. Эти данные необходимы оператору сушильной камеры с ручным управлением для соблюдения технологии сушки лесоматериалов

Контроль влажности древесины в процессе сушки в настоящее время проводят следующими способами:

1. Способ контрольных образцов (видоизмененный весовой способ)

Контрольный образец длиной 1-1,2 м отпиливают от доски, характерной для партии пиломатериалов, загружаемой в сушильную камеру. Одновременно выпиливают две смежные с образцом секции влажности (рисунок 21). Сразу же после распиловки секции очищают от опилок и заусенцев и взвешивают на технических весах. Затем определяют их влажность. Среднее значение влажности, вычисленное по двум секциям, принимают за начальную влажность контрольного образца.



- 1- секция влажности,
2 - контрольный образец;

Рисунок – 21 – Схема вырезки секции влажности из доски

Контрольный образец нумеруют, торцы его очищают и покрывают густотертой масляной краской. После этого взвешивают на торговых весах с погрешностью до 5 г. Начальную массу (M_n) записывают на образце и в журнале или карте сушки.

По известным величинам начальной влажности и начальной массы секции рассчитывают влажность абсолютно сухого контрольного образца

$$W_{\text{абс.сух.}} = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100\%, \quad (21)$$

где m – масса влажной секции, г;

m_0 – масса секции в абсолютно-сухом состоянии, г.

В процессе сушки через определенные промежутки времени образцы вынимают из штабеля и взвешивают. Текущую влажность образцов находят по формуле

$$W_T = \frac{M_T - M_0}{M_0} \times 100\%, \quad (22)$$

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

M_0 – масса образца в абсолютно-сухом состоянии, г.

$$M_0 = \frac{M_n \times 100\%}{100 + W_n}, \quad (23)$$

где M_n – начальная масса образца, г.

При сушке тонких пиломатериалов хвойных пород контроль влажности проводят в начальной стадии процесса через 8 ч, а в конечной стадии - через 12 ч. Для пиломатериалов повышенной толщины или лиственных пород промежутки времени между взвешиваниями увеличивают в 1,5-2 раза.

По величине текущей влажности судят о возможности перехода на последующую ступень режима сушки или окончании процесса.

В каждый сушильный штабель закладывают два-три контрольных образца в места интенсивной и замедленной сушки. Образцы укладывают заподлицо с торцом штабеля или несколько глубже, но так, чтобы их легко можно было вынуть. Они должны лежать на прокладках, не соприкасаясь с пластью досок. Над образцами укладывают специальные прокладки с вырезом.

Данный метод является наиболее точным, но трудоемким, не оперативным и требующим наличия специфического оборудования на предприятии. Операция закладки и выемки контрольных образцов приводит к вынужденным остановкам камеры, что нарушает режим сушки и, к тому же, сама операция небезопасна для операторов.

Поэтому метод контрольных образцов используется, в основном, в научных целях.

2. *С помощью дистанционного кондуктометрического влагомера*, который основан на зависимости электропроводности древесины от влажности. Преимуществом этого способа является непрерывность определения влажности материала при сушке, что позволяет в автоматическом режиме производить переход на последующую ступень процесса, проводить влаготеплообработку и кондиционирование материала. Но недостатками кондуктометрических электровлагомеров являются: несистематическое появление погрешностей измерений, обусловленных конструкцией игл, методикой их установки в пиломатериал, коррозией самих игл и мест крепления сигнальных проводов в процессе эксплуатации. Также на результаты замеров оказывают влияние свойства измеряемого материала (плотность, текущая температура, неравномерность распределения влаги и т.п.).

3. *Изменение массы штабеля по величине его усадки в процессе сушки*

Устройство состоит из датчика усадки и электрического измерительного прибора.

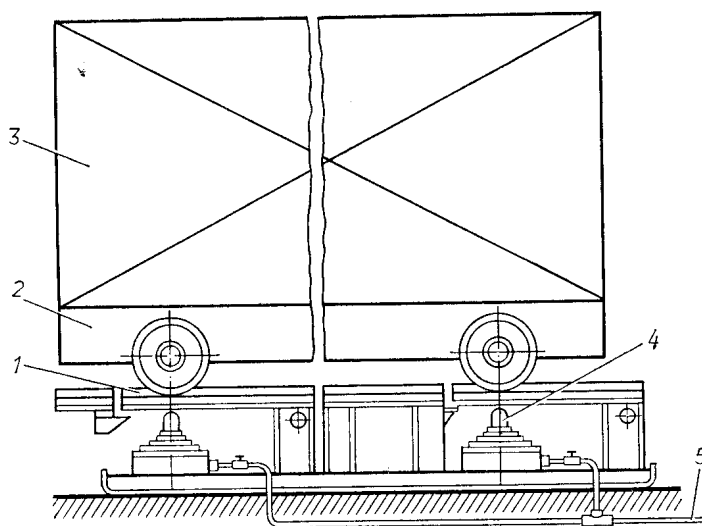
Усадку нужно измерять либо по средней оси на торце штабеля, либо на обоих его боковых сторонах, усредняя результат. Из базы измерения следует исключать верхнюю треть штабеля, где может быть неплотное соприкосновение досок с прокладками. Дистанционность измерения обеспечивается механическими, трансформаторными или индукционными преобразователями.

Величина усадки штабеля (по показаниям прибора) в проценты влажности переводится по таблицам или графикам, которые составляются для пиломатериалов различных пород и толщин на основании специальных испытаний.

Широкого промышленного применения данный метод не получил из-за присущего им серьезного недостатка – необходимость сложной и трудоемкой тарировки приборов применительно к каждому типоразмеру высушиваемого материала.

4. Методика определения средней текущей влажности пиломатериалов путем непрерывного взвешивания всего штабеля при помощи тензометрических датчиков, связанных с системой автоматического управления камерой.

Данная методика является совершенствованием способа определения средней влажности партии пиломатериалов – по изменению массы штабеля, взвешиваемого в процессе сушки. Способ признан надежным, но измерительная установка имеет следующие недостатки: громоздкость комплекса взвешивания штабеля (необходимость монтажа гидропроводов, датчиков давления, нажимных рельс-консолей и т.д.), а для камер с фронтальной загрузкой пакетов пиломатериалов, практически неприменима.



- 1 – рельсы,
- 2 – подштабельная тележка,
- 3 – штабель пиломатериалов,
- 4 – гидравлические мембранные датчики,
- 5 – трубопрово,

Рисунок 22 - Схема устройства для взвешивания штабеля

Штабель пиломатериалов (рисунок 22) укладывается на подштабельную тележку. Все её четыре колеса после закатки в камеру фиксируются в определенном положении на отрезке рельсов, играющих роль консолей. Под

этими консолями установлены гидравлические мембранные датчики, в которых создается давление жидкости, пропорциональное массе штабеля. Усредненное давление от датчиков передается по трубопроводу на электрический преобразователь. Его сигнал регистрируется измерительным прибором, шкала которого проградуирована в единицах массы.

Исчисление текущей влажности штабеля производится, как и при способе контрольных образцов, по формулам (22) и (23).

Данный метод позволяет дистанционно непрерывно контролировать убыль массы древесины и рассчитывать среднюю текущую влажность партии пиломатериалов. При этом не происходит нарушений режима сушки, поскольку упраздняется операция периодической остановки камеры и взвешивания образцов, заложенных в штабеле

28 Контроль внутренних напряжений

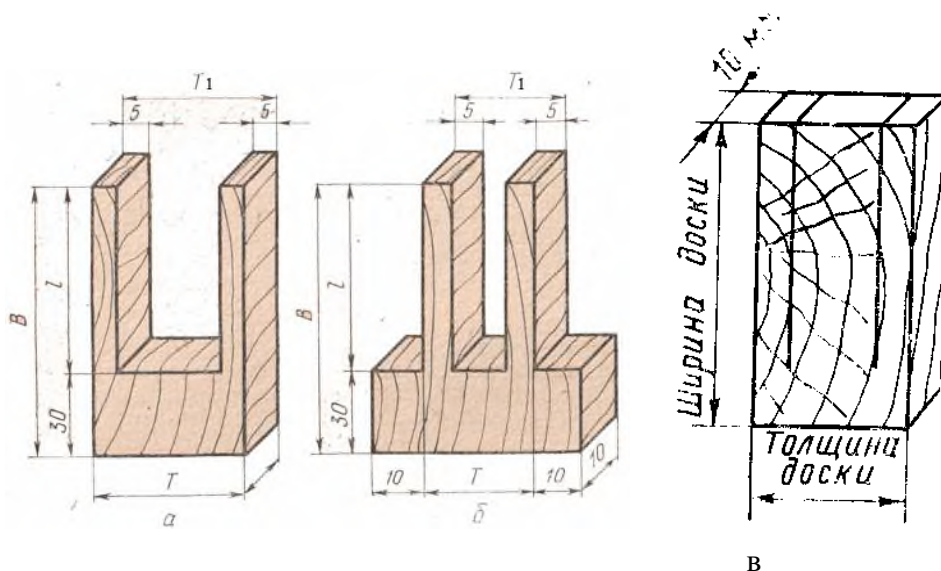
При сушке пиломатериалов важно в любой момент процесса иметь возможность установить характер и примерную величину внутренних напряжений в древесине, а также наличие в ней остаточных деформаций. Последние сведения особенно необходимо иметь после влаготеплообработки и в конце сушки.

Для контроля за напряжениями в процессе сушки в штабель одновременно с контрольными образцами влажности закладывают силовые образцы приблизительно такой же (1- 1,2 м) длины (рисунок 21). От этих образцов в нужные моменты и отпиливают силовые секции. Торцы силовых образцов целесообразно замазывать густой масляной краской. Замазку возобновляют на свежем пропиле после каждой выпилки новой секции на расстоянии не менее 10 см от торца.

Силовая секция (рисунок 23, в) выпиливается на ленточной пиле и раскаивается в виде двузубой гребенки (рисунок 23, а, б), выкалыванием серединки.

Сразу же после раскроя зубцы секции начинают изгибаться в ту или иную сторону. По форме секции можно определить характер внутренних напряжений в древесине в момент вырезки секции (рисунок 24), а по величине наблюдаемой деформации можно при некотором опыте судить о сравнительной величине внутренних напряжений.

Если зубцы раскроенной секции изгибаются наружу (рисунок 24, в), значит в материале имеются растягивающие напряжения в наружных и сжимающие напряжения во внутренних слоях. При изгибании зубцов во внутрь - обратный характер напряжений: сжатие поверхности и растяжение центральной зоны (рисунок 24, а). При отсутствии внутренних напряжений форма зубцов не изменяется (рисунок 24, б).



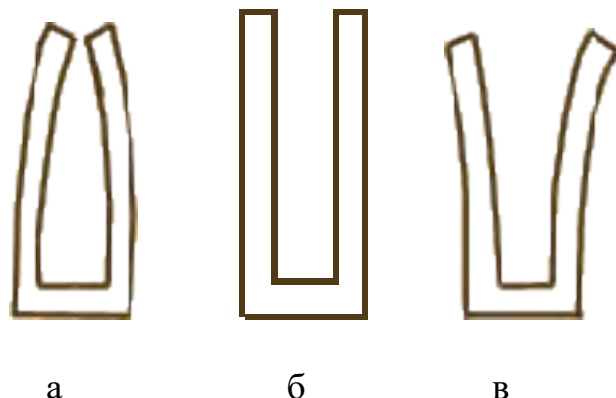
- а – гребенка для пиломатериалов толщиной до 40 мм,
 б – гребенка для пиломатериалов толщиной 40 мм и более;
 в – силовая секция ;
 В – ширина пиломатериала, мм;
 Т – толщина секции, мм;
 Т₁ – расстояние, характеризующее отклонение зубцов, мм.

Рисунок 23 – Схема раскроя силовой секции

По форме силовой секции после раскроя можно судить только о характере полных внутренних напряжений в данный момент. Для выявления же остаточных деформаций раскроенную секцию надо выдержать в комнатных условиях в течение 7-8 ч или (при необходимости ускорить анализ) в сушильном шкафу при температуре около 100° С. При этом влажность секции вследствие торцового испарения очень быстро станет равномерной, а форма зубцов может по сравнению с первоначальной измениться.

Положение зубцов секции после её выдержки характеризует имеющиеся в древесине остаточные деформации и остаточные напряжения. Если секция приобрела внутреннюю форму, значит в материале имеются остаточные деформации удлинения на поверхности и укорочения внутри и соответственно сжимающие остаточные напряжения на поверхности и растягивающие внутри. Такой характер остаточных деформаций и напряжений наблюдается в процессе сушки без влаготеплообработки (рисунок 24, а). Если после выдержки секция приобрела прямую форму (т. е. зубцы оказались прямыми), значит остаточных деформаций в древесине нет (рисунок 24, б). Такой случай может быть в самом начале сушки (когда остаточные деформации еще не успели появиться) или после правильно проведенной влаготеплообработки материала (когда имевшиеся остаточные деформации устранены). Если же после выдержки секция принимает внешнюю форму, в материале имеются остаточные деформации укорочения на поверхности и удлинения внутри (рисунок 24, в). В

процессе собственно сушки таких деформаций не возникает, но они могут появиться после излишне интенсивной влаготеплообработки.



- а – изгибание зубцов во внутрь,
б – первоначальная форма силовой секции,
в – изгибание зубцов наружу;

Рисунок 24 – Возможные деформации силовой секции

По силовым секциям, кроме характера полных и остаточных напряжений, можно установить также характер распределения влажности по толщине сортимента. Для этого необходимо сравнить формы выпиленной секции непосредственно после ее раскроя и после выдержки. Если форма секции в процессе выдержки не изменилась (т. е. деформация зубцов осталась прежней), значит влажность древесины в момент выпилки была равномерной по толщине.

Если же в процессе выдержки произошла дополнительная деформация зубцов, значит влажность в выпиленной секции (а следовательно, и в контролируемом материале) была распределена неравномерно. Поскольку более влажные слои секции усыхают при выдержке сильнее, изгиб зубцов по сравнению с первоначальным (до выдержки) их положением происходит всегда в сторону более влажных слоев.

29 Показатели качества

Качество и долговечность изделий из древесины в значительной мере зависит от того, как соблюдена технология сушки пиломатериалов.

Качество сушки пиломатериалов характеризуется несколькими показателями. 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.

1. Контроль средней влажности высушенных пиломатериалов определяют различными способами.

Определяют её при разборке штабеля.

Для пиломатериалов 0 и I категорий качества отбирают не менее шести проб, для остальных категорий – четыре пробы из зон замедленного и быстрого просыхания материала.

Из каждой отобранной доски (заготовки) на расстоянии 0,3-0,5 м от торцов перпендикулярно длине вырезают два поперечных среза (секции влажности) размером вдоль волокон древесины 10, 12 мм и определяют их влажность сушильно-весовым методом по ГОСТ 16588-79.

Этот способ является в настоящее время единственным возможным при определении высокой ($W_n > 60\%$) начальной влажности пиломатериалов с достаточной точностью.

Влажность пиломатериалов в штабеле при толщине не более 40мм допускается контролировать электровлагомером (ГОСТ 16588-79).

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

Конечная влажность древесины, используемой в разных изделиях регламентируется ГОСТами и Техническими условиями на эти изделия. Следует учитывать, что конечная влажность пиломатериалов, выгружаемых из камеры должна быть на 1 – 2 % ниже требуемой ГОСТами и ТУ. Это вызвано тем, что из-за наличия перепада влажности по толщине и снятия при механической обработке у заготовок наиболее сухих поверхностных слоев средняя влажность древесины в готовых деталях несколько повысится.

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

Вычисляется как разность между влажностями отдельных проб и средней влажностью всей партии.

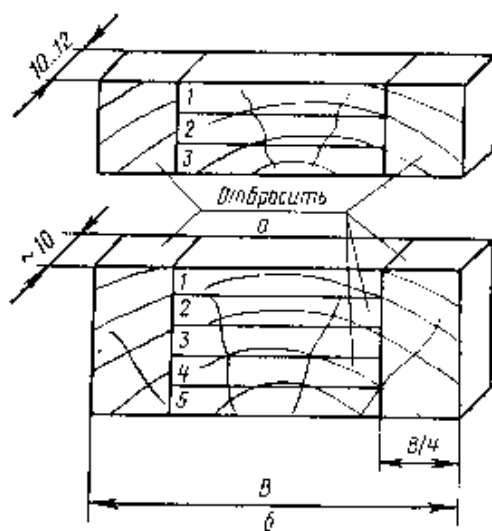
3. Контроль перепада влажности по толщине пиломатериалов.

Контролируется для пиломатериалов I, II и III категорий качества.

Для определения перепада влажности по толщине (разность во влажности внутреннего и поверхностных слоев) пиломатериалов, рядом с секциями влажности вырезают секции для определения послойной влажности. Секции выпиливают из пиломатериалов, отобранных из зон 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 перепад влажности контролируют в том случае, когда пиломатериалы поступают на раскрой по толщине.

Секции раскаивают (раскалывают) по схеме, приведенной на рисунке 25.



- а - для пиломатериалов толщиной до 50 мм,
 б- для пиломатериалов толщиной 50 мм и более,
 В- ширина пиломатериалов,
 1,3- поверхности и 2- внутренние слои древесины;

Рисунок 25 - Схема раскроя секций послойной влажности

Боковые поверхности отбрасывают. Определяют влажность поверхностных слоев (1 и 3) и центральной полоски (2).

Средняя влажность поверхностных слоев для пиломатериалов толщиной до 50 мм определяется по формуле

$$W_{п.с.} = \frac{W_{1пол.} + W_{3пол.}}{2}, \quad (24)$$

где $W_{п.с.}$ – средняя влажность поверхностных слоев, %.

Средняя влажность поверхностных слоев для пиломатериалов толщиной 50 мм и более определяется по формуле

$$W_{п.с.} = \frac{W_{1пол.} + W_{5пол.}}{2}, \quad (25)$$

Разность влажности поверхностных слоев и центральной полоски покажет перепад влажности по толщине пиломатериала

$$\Delta W = W_{ц.п.} - W_{п.с.}, \quad (26)$$

где ΔW – перепад влажности по толщине, %;

$W_{ц.п.}$ – влажность центральной полоски, %.

Влажность каждого слоя определяют весовым способом.

Так же о характере распределения влажности по толщине пиломатериалов можно судить и по силовым секциям для определения остаточных напряжений. Если после раскроя и выдержки форма секции не изменилась (деформация зубцов осталась прежней), значит влажность древесины в момент выпиливания была равномерна по толщине.

Если в процессе выдержки произошла дополнительная деформация зубцов – влажность в контрольном образце и в силовой секции распределена неравномерно.

При больших отклонениях перепада влажности по толщине пиломатериала необходимо:

- отрегулировать циркуляцию воздуха в сушильной камере;
- изменить укладку пиломатериалов в штабеле;
- применить или увеличить время конечной влаготеплообработки;
- провести кондиционирующую обработку.

4. Контроль остаточных напряжений в высушенных пиломатериалах.

Для контроля остаточных напряжений из пиломатериалов, отобранных из зоны наиболее интенсивного просыхания, вырезают рядом с секциями влажности секции для определения напряжений (силовые секции). Методика описана в разделе 28.

Количество пиломатериалов, из которых вырезают секции, зависит от категории 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.

У каждой секции (рисунок 23) измеряют индикаторной скобой или штангенциркулем с точностью 0,1 мм толщину T и расстояние T_1 между внешними гранями зубцов секции. При равенстве величин T и T_1 напряжений в пиломатериалах практически нет.

Относительную деформацию зубцов секции вычисляют по формуле

$$f = \frac{T - T_1}{2 \times L} \times 100\%, \quad (27)$$

где f - относительная деформация зубцов секции;

T – толщина секции, мм;

T_1 – расстояние, характеризующее отклонение зубцов, мм;

L - длина зубца, мм.

За результат принимают среднее арифметическое значение отклонения зубцов контролируемых секций $f_{\text{ср}}$.

Чем больше напряжения, тем больше отклонения зубцов от первоначальной формы. Для пиломатериалов, высушиваемых по I и II категориям качества, относительная деформация зубцов секции f (в вершине) не должна превышать 1,5 - 2%.

Если деформация зубцов секции больше допустимого, то необходимо принимать меры для её устранения – провести промежуточную, конечную влаготеплообработку и кондиционирующую обработку.

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

30 Дефекты сушки

Дефекты, которые появляются в древесине при сушке, можно разделить на две группы:

а) *Видимые дефекты*: коробление, растрескивание, выплавление смолы на поверхности сортимента, сморщивание, выпадение сучков, наличие плесени, потемнение древесины, загрязнение дымовыми газами и различные механические повреждения;

б) *Скрытые дефекты*: напряжения в древесине, повышенная и неравномерно распределенная влажность, как по сечению каждой доски, так и во всей партии материала, недосушивание пиломатериала.

При сушке все видимые дефекты не допускаются.

30.1 Видимые дефекты

1.1 Коробление – изменение первоначальной формы пиломатериала при сушке или увлажнении.

Коробление может быть: поперечным (изгиб доски перпендикулярно волокнам), продольным по плоскости, продольным по кромке, винтообразным (рисунок 26).



- 1 – поперечная,
- 2 – простая продольная по плоскости,
- 3 – продольная по кромке,
- 4 – сложная продольная по плоскости,
- 5 – крыловатость;

Рисунок 26 – Коробление

Коробление древесины может быть вызвано следующими причинами:

а) *Внутренние напряжения в растущем дереве.*

Древесина отличается сложным анатомическим строением, поэтому в её стволе уже при росте дерева возникают высокие внутренние напряжения. При распиловке бревен с такими напряжениями пиломатериалы коробятся сразу же после распиловки. Избежать коробления нельзя, её можно лишь уменьшить. Для чего нужно сушить доски в выправленном состоянии, то есть правильно укладывать доски в штабель.

б) *Различной усадкой в тангенциальном и радиальном направлениях.*

Усушка в тангенциальном направлении почти в 2 раза больше, чем в радиальном, поэтому пласть доски, обращенная к сердцевине дает меньшую усадку, чем противоположная. Такая доска при свободном высыхании примет форму желоба и чем толще доска, тем больше коробление.

Радиальные доски не коробятся. Боковые доски коробятся меньше, чем центральные.

в) *Дефектами строения древесины – крень, наклон волокон.*

г) *Неравномерным распределением влажности по сечению сортимента в процессе сушки.*

На величину коробления влияет градиент влажности – разность влажности между поверхностью и центром доски. Интенсивное испарение влаги с поверхностных слоев вызывает появление внутренних напряжений, которые и увеличивают в свою очередь коробление.

д) *Неправильной укладкой пиломатериалов в штабель.*

В штабеле доски коробятся из-за неправильной укладки. В штабеле на покоробленность досок влияют: плоскость подштабельного основания, расположение прокладок, доски в верхних рядах не зажаты, в одном ряду доски разной толщины.

Наибольшая часть покоробленных досок наблюдается в верхней части штабеля (1/3 высоты штабеля).

Существует только один способ предупреждения как продольного, так и поперечного коробления пиломатериалов - сушка их под нагрузкой в состоянии зафиксированной плоской формы.

Коробление после сушки происходит при наличии в высушенном материале влажности и упругих деформаций, поэтому необходимо проводить надлежащую конечную влаготеплообработку высушенных пиломатериалов и охлаждать только в штабеле.

Покоробленные доски перерезают на более короткие или применяют завышенные нормы на припуски. При этом теряется от 3 до 6% древесины.

1.2 Растрескивание - разрыв древесины.

Растрескивание происходит из-за неправильного высушивания древесины. Различают:

а) *Торцовые трещины (рисунок 27,в).*

Торцевые трещины в процессе сушки появляются первыми на торцевых срезах и располагаются по направлению сердцевинных лучей от центра к периферийным зонам. Испарение влаги с поверхности торца пиломатериала в несколько раз интенсивнее, чем с пластей и кромок. Поэтому и усадка древесины в слоях, прилегающих к торцевой поверхности, начинается раньше.

Торцовые трещины, вначале очень неглубокие, могут углубляться вдоль доски и даже привести к продольному ее разрыву, что иногда наблюдается в пиломатериалах твердых лиственных пород. Для предотвращения торцовых трещин применяют следующие мероприятия:

- торцы досок обмазывают специальными составами, затрудняющими испарение, например известково-меловой замазкой, химическими составами;
- применение Г-образных прокладок по краям штабеля;
- увлажнение торцов штабеля в процессе сушки;
- закрытие торцов штабеля термостойкой влагонепроницаемой бумагой, тканью;
- установка экранов для защиты торцов штабеля от чрезмерного омывания потоком воздуха.

При наличии торцевых трещин пиломатериал торцюю, потери составляют до 2% от высушенной партии древесины.

б) Поверхностные трещины.

Образуются в первый период сушки на наружной пласти или кромках доски (рисунок 27, а,б). Поверхностные трещины возникают вследствие резкого перепада влажности между поверхностными и внутренними слоями древесины, который получается при интенсивном испарении влаги с поверхности пиломатериалов в начале процесса сушки.

В процессе сушки трещины могут углубиться и расшириться. Их увеличение продолжается до тех пор, пока не станет усыхать центральная часть доски и знак напряжения переменится на обратный. После перемены знака поверхностная трещина начнет закрываться. Такие трещины незаметны при внешнем осмотре высушенного пиломатериала, но они снижают его прочность.

Для предотвращения поверхностных трещин:

- удлиняют время прогрева материала во влажной среде при полном насыщении воздуха паром;
- следят за развитием внутренних напряжений;
- в сердцевинных досках удаляют сердцевину, заменяя её после сушки рейкой на клею.

в) Внутренние трещины.

Образуются во второй половине сушки, когда начинает усыхать середина доски и меняется характер напряжений – появляются сжимающие напряжения на поверхности и растягивающие внутри.

Возникновение трещин внутри материала возможно и после сушке у пиломатериалов, недосушенных и не прошедших процесс кондиционирования. Что является следствием выравнивания влажности по толщине материала после сушки. Появление внутренних трещин в данном случае сопровождается характерным треском.

Метод предупреждения внутренних трещин - строгое соблюдение режимных параметров во второй стадии сушки и проведение надлежащей конечной влаготеплообработки материала после окончания сушки.



а – пластовые,
б – кромочные,
в – торцовые;

Рисунок 27 - Разновидности трещин

1.3 Выпадение и ослабление сучков

Ослабление связи сучков происходит из-за того, что более плотная древесина сучка усыхает сильнее, чем окружающие ее слои доски. Ослабленные сучки легко выпадают при механической обработке досок, образуя на пласти сквозные отверстия.

Для предупреждения данного дефекта рекомендуют применение мягких режимов сушки.

1.4 Сморщивание древесины

Сморщивание древесины вызывается большим деформированием древесных клеток при сушке очень влажного материала (начальная влажность 100% и более).

Внешне сморщивание (коллапс) проявляется в том, что пиломатериалы приобретают вид "стиральных досок", а поперечное сечение пиломатериалов и брусков изменяет свою форму.

Очень часто данный дефект возникает при сушке таких пород как дуб, ясень, бук, тополь, ива.

Сморщивание происходит при длительной её обработке воздухом высокой температуры и влажности. Материал при этом пластифицируется. При высыхании воздух не успевает проникнуть внутрь полостей клеток вместо удаленной влаги. Происходит сильное сжатие, сплющивание клеток.

Для предотвращения сморщивания рекомендуется:

- Предварительно подсушивать материал в атмосферных условиях.
- Применять режимы с пониженными температурами и влажностью. Лиственные породы рекомендуют сушить нормальными режимами.
- В течении суток обрабатывать материал насыщенным паром с температурой до 95 °С, при этом материал должен увлажняться до предела гигроскопичности. Затем его снова надо сушить при температуре не более 60 °С до влажности 15%. Далее можно повысить температуру.

1.5 Плесень

Плесень возникает при застойной или слабой циркуляции воздуха; возможна и как следствие неправильной укладки штабелей.

Для предотвращения данного дефекта рекомендуют усилить циркуляцию воздуха, дополнительно прогреть пиломатериал, улучшить его укладку для сушки.

1.6 Потемнение древесины

Изменения цвета зависят от 3 факторов: температуры, относительной влажности воздуха и продолжительности сушки (времени).

Общее правило для сушки свежей древесины, особенно содержащей танины (Дуб, Каштан, Орех), состоит в том, чтобы не превышать на первых двух стадиях сушки температуру в 30-40 °С, для кислотосодержащей древесины (Бук, Клен, Береза, Ольха) – 40-50 °С, для хвойных пород (Ель, Сосна) – 75°С. Относительная влажность воздуха не должна превышать 60-65%. Продолжительность сушки должна быть как можно короче.

1.7 Механические повреждения – сколы, вырывы.

30.2 Скрытые дефекты

2.1 Недосушка всего штабеля пиломатериалов

Недосушка древесины происходит при досрочной выгрузке пиломатериалов из камеры, при неудовлетворительном контроле процесса сушки или преднамеренном нарушении технологии (например, из-за срочной потребности в материале).

Необходим систематический контроль за соблюдением технологии сушки.

2.2 Неравномерное просыхание по объему и высоте штабеля; по толщине, длине и ширине сортимента

Неравномерное просыхание по толщине материала возникает с применением форсированного процесса сушки при значительной конечной влажности древесины. Необходимо проведение конечной влаготеплообработки (выдержки), обязательной для пиломатериалов I и II качественной категории.

Неравномерное просыхание по длине штабеля является следствием неравномерной раздачи воздуха или его нагрева по длине камеры, а также неудовлетворительного состояния дверей. Надлежит отрегулировать равномерность распределения воздуха и его нагревания, а также заменить двери на утепленные, герметичные.

Неравномерное просыхание по ширине штабеля наблюдается при слабом движении воздуха. Необходимо экранировать штабель для избежания перетекания воздуха помимо материала, а также увеличить подачу воздуха вентиляторами. Так же рекомендуют применять разреженную укладку материала в местах его недосыхания.

Неравномерное просыхание по высоте штабеля происходит из-за несоблюдения вертикальности рядов штабелей (в камерах с естественной циркуляцией) и слабой циркуляцией воздуха. Необходимо улучшить укладку пиломатериалов в штабель и модернизировать сушильные камеры на реверсивные.

Неравномерное просыхание объема штабеля наблюдается при слабой циркуляции воздуха, укладке в штабель разных сортиментов, сдвоенной

укладке пиломатериалов, применении широких (более 40мм) заготовок в качестве прокладок, укладке заготовок в клетку с частыми прокладками и др. Такие дефекты в укладке не допускаются.

2.3 Напряжения в пиломатериалах

Процесс сушки древесины сопровождается неравномерным распределением влаги по толщине сортимента. Это вызывает неравномерную усушку древесины и приводит к образованию в ней внутренних напряжений. Чтобы обнаружить напряжения, возникшие во внутренних слоях сохнувших досок, из контрольной доски вырезают силовую секцию и анализируют форму полосок.

Избежать напряжений в древесине при конвективной сушке невозможно. Однако при правильной технологии камерной сушки, возникающие напряжения не превышают предела прочности. Для снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений проводят конечную и, если необходимо, промежуточную обработку древесины в среде повышенной температуры и влажности, называемую влаготеплообработкой.

Глава 7 Механизация работ в сушильном цехе

31 Формирование сушильных штабелей

Одно из важнейших условий оптимальной эксплуатации сушильных камер и высокого качества сушки - правильная укладка пиломатериалов в штабеля. При укладке должны обеспечиваться: механическая прочность штабеля, стабильность его формы и уложенных в него пиломатериалов, обдув всех досок в штабеле циркулирующим сушильным агентом. При правильной укладке значительно снижается брак от коробления и растрескивания и улучшается равномерность просыхания пиломатериалов в штабеле.

При камерной сушке используются штабеля двух типов:

1. *Пакетный*, формируется при помощи подъемно-транспортных средств из нескольких пакетов, предварительно уложенных на пакетформирующей машине или вручну (рисунок 28);
2. *Цельный (безпакетный)*, формируемый полностью на штабелеформирующей машине или вручну (рисунок 29).

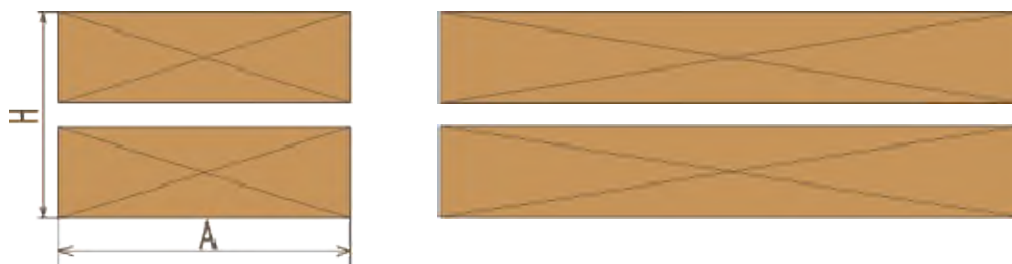


Рисунок 28- Пакетный штабель

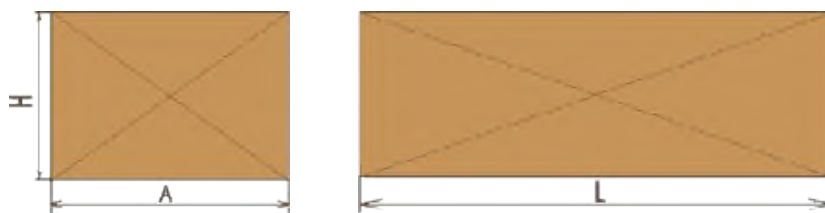


Рисунок 29 – Цельный штабель

Штабель должен состоять из пиломатериалов одной породы древесины и одной толщины. Допускается укладывать доски разных ширин, но обязательно с одинаковой толщиной. Необходимо учитывать, что широкие доски требуют более длительной сушки, в сравнении с более узкими. 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.

Пиломатериалы должны иметь примерно одинаковую начальную и требуемую конечную влажность. Большая разница в начальной влажности древесины и одинаковой требуемой конечной влажности пиломатериалов - на практике скажется на увеличении продолжительности сушки, так как будет присутствовать вероятность пересушки пиломатериалов до значения менее требуемой величины (для пиломатериалов с меньшей начальной влажностью).

Ширина штабеля должна быть единая, доски не должны выступать.

Размеры пакетов и штабелей должны соответствовать размерам и конструкции камеры. Формировать штабель с требуемыми размерами необходимо согласно технологической инструкции к сушильной камере. В противном случае это приведет к экономически необоснованному увеличению срока сушки и снижению качества сушки. Форма поперечного сечения пакетов и штабелей должна быть прямоугольной, торцы досок должны быть выровнены по вертикали.

Недогрузка штабеля по высоте недопустима. За счёт больших утечек сушильного агента над штабелем резко снижается скорость циркуляции в самом штабеле. Всё это приводит к увеличению срока сушки и к неравномерности просыхания пиломатериала.

При укладке должны обеспечиваться механическая прочность штабеля; стабильность его формы и уложенных в него пиломатериалов; нестабильность штабелей может даже привести к их падению во время сушки.

Подштабельное основание должно быть прочным, жестким, а верх его - горизонтальным. Длина основания должна равняться длине штабеля. В качестве подштабельного основания рекомендуется использовать подштабельные тележки (при трековой загрузке пиломатериала) или межпакетные прокладки (при загрузке пакетов вилочным погрузчиком).

В верхние два-три ряда штабеля укладывают худшие по качеству доски.

Форма поперечного сечения пакетов и штабелей должна быть прямоугольной, а торцы их выравниваются по вертикали.

Необрезные доски укладывают комлями в разные стороны, чередуя узкую и широкую пластъ.

Допускается укладка в один пакет или штабель пиломатериалов, различных по длине, в разбежку (для предохранения концов досок от коробления). При этом длинные доски укладываются по краям пакета или штабеля, короткие - в середине (рисунок 30). Стыкуемые пиломатериалы располагаются не менее чем на 2-х прокладках, при этом внешние торцы выравниваются по торцам пакета или штабеля.

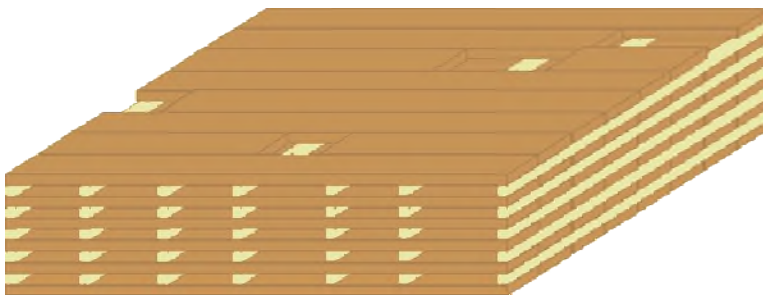


Рисунок 30 – Укладка пиломатериалов в разбежку

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

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

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.

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

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 таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые размеры прокладок

Назначение прокладок	Размеры прокладок, мм	
	Толщина	Ширина
Межрядовые	25*	40
Межпакетные	75; 100	75; 100

Примечание: *В штабелях высотой до 3 м допускается применять прокладки толщиной 22 мм.

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

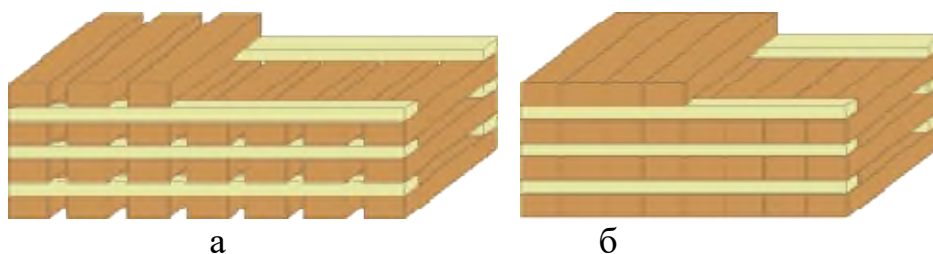
Влажность древесины для изготовления прокладок при сушке пиломатериалов до транспортной влажности не должна превышать 22%, при сушке до эксплуатационной влажности – 10%. Значение параметра шероховатости рабочих пластей прокладок не должно превышать 800 мкм (ГОСТ 7016-82).

Прокладки выпиливают из древесины хвойных и лиственных пород. Верхние и нижние стороны прокладок строгают.

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

Различают два способа укладки досок в ряду:

1. *Сплошная укладка* (рисунок 31, б). Применяют при горизонтальной поперечной циркуляции воздуха в камерах периодического действия с принудительной циркуляцией, в камерах непрерывного действия с поперечной закаткой штабелей, с зигзагообразной циркуляцией
2. *Укладка с промежутками - шпациями* (рисунок 31, а). Применяют в камерах непрерывного действия с прямолинейной циркуляцией, для камер с горизонтальной циркуляцией вдоль штабелей и с вертикальной, в том числе естественной циркуляцией. Ширина шпации должна составлять при укладке обрезных досок 55...60 % их ширины, а при укладке необрезных досок - не менее 100 %; по вертикали шпации располагают точно друг над другом.



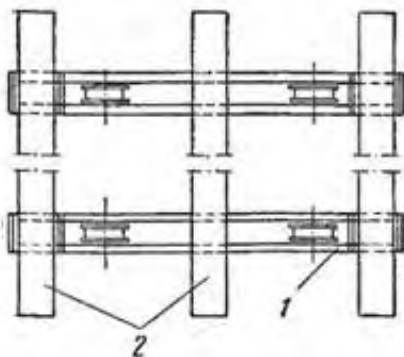
а – со шпациями,
б – сплошная;

Рисунок 31 – Способы укладки досок

При укладке в штабель заготовок расстояния между прокладками делают несколько меньшими, чем при укладке досок. Прокладками могут быть сами заготовки. Узкие заготовки укладывают в ряду группами шириной 120... 180 мм.

Для закладки контрольных образцов в пакетах и штабелях оставляют свободные места. Контрольный образец должен располагаться не менее, чем на двух прокладках.

Сушильный штабель должен иметь под собой составную вагонетку из треков (подштабельные тележки). Трек (рисунок 32, 1) представляет собой двухколесную тележку, устанавливаемую на одном рельсе. Составные трековые вагонетки для камер с продольной и поперечной разгрузкой показаны на рисунке 32.



- 1 – трек,
2 – брусья;

Рисунок 32 – Подштабельное основание (трековая тележка)

В камерах с поперечной транспортировкой (СП-5КМ и др.) штабель перемещается по роликовым шинам. Основанием штабеля в этом случае служат отрезки швеллеров, уложенные на шины.

32 Механизмы для формирования и расформирования штабелей

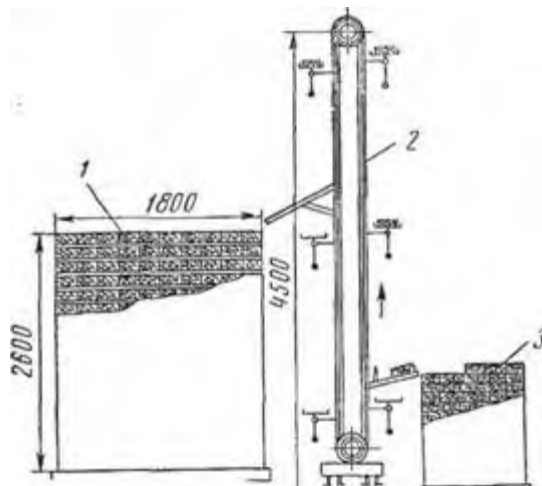
Укладка пиломатериалов в штабель вручную - трудоемкий и тяжелый процесс, особенно при формировании верхней части штабеля, когда рабочие вынуждены поднимать доски на высоту до 3 м.

Производительность при ручной погрузке пиломатериалов в штабель не превышает 2 - 2,5 м³ на человека в смену. На формирование верхней половины штабеля затрачивается примерно в 2 раза больше времени, чем на формирование нижней половины. Для механизации укладки досок в штабель разработаны различные механизмы, которые следует применять в зависимости от объема работ.

В лесосушильных цехах мощностью до 5 тыс. м³/год рекомендуют применять малые средства механизации:

1. *Штабелер (вертикальный подъемник).* Представляет собой двухцепной транспортер высотой 3,5 - 4 м (рисунок 33). Его устанавливают на тележке, при помощи которой он может передвигаться по рельсам. Рабочие перекладывают доски из плотного пакета на питатель с упором. При движении цепи полки транспортера

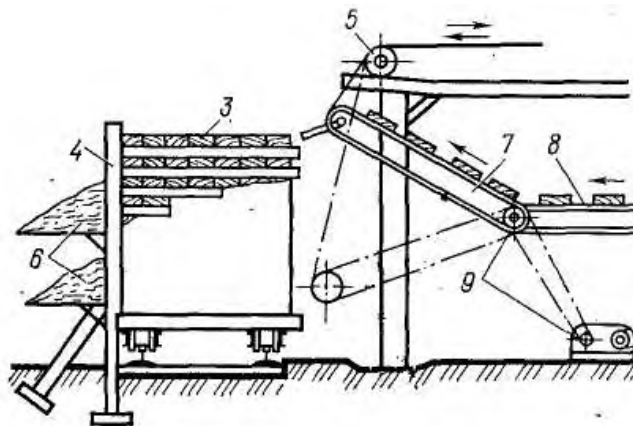
подхватывают доску снизу, снимают с питателя, поднимают и перекалывают ее на другую сторону транспортера. При опускании доски укладываются на наклонный приемник и скатываются на штабель. При погрузке с помощью вертикального подъемника рабочие переносят доски от плотного пакета к штабелю на расстояние до 1,5 м. Это довольно трудоемкая работа, особенно если доски толстые.



- 1 – штабель,
- 2- штабелер,
- 3- Плотный пакет пиломатериалов;

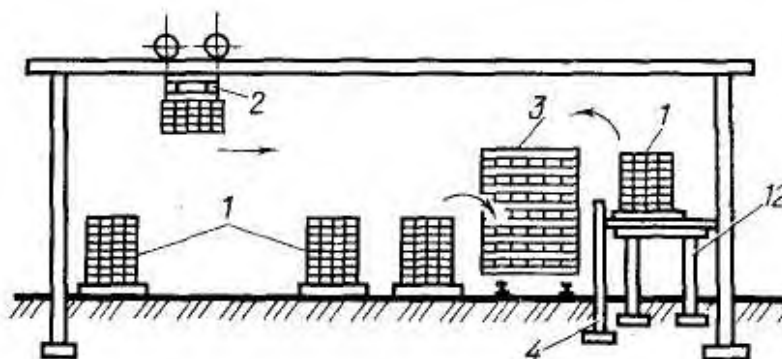
Рисунок 33 – Вертикальный подъемник

2. *Наклонный транспортер.* Следует применять для подачи досок на середину и верх штабеля (рисунок 34). В начале укладки досок на штабель транспортер располагают с незначительным наклоном, а по мере роста штабеля его поднимают.
3. *Эстакада* высотой примерно 1,5 м над уровнем земли (рисунок 35). Вдоль эстакады прокладывают рельсовый путь длиной на один или два штабеля. Формируют штабеля следующим образом. Сначала с земли выкладывают на треновых тележках нижнюю половину штабеля 1 до высоты 1,5—1,6 м от брусьев треновой тележки, а затем с эстакады верхнюю половину 3. Плотные пакеты 1 с пиломатериалами удобно подавать на эстакаду подъемными транспортными устройствами, электроталью.



- 3 – штабель,
- 4 – упорная стенка,
- 5 – механизм подъема,
- 6 – прокладки,
- 7 – подъемный конвейер,
- 8 – питательный конвейер,
- 9 – привод конвейера;

Рисунок 34 – Наклонный транспортер

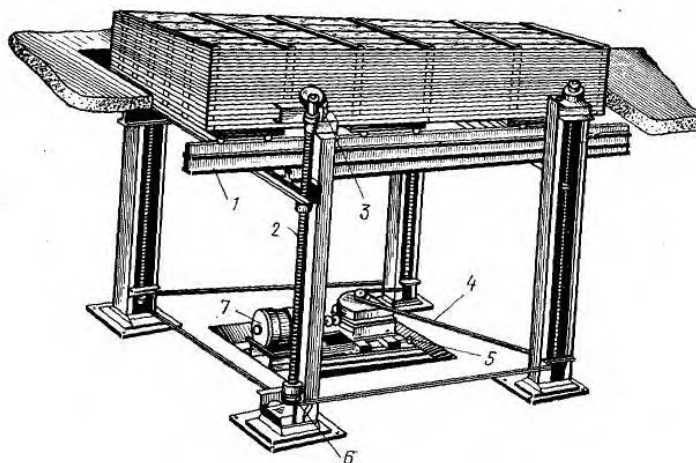


- 1 – транспортные пакеты,
- 2 – электроталь,
- 3 – штабель,
- 12 – эстакада;

Рисунок 35 – Двухвысотная погрузочная площадка с электроталью (эстакада)

При мощности предприятия более 5000 м³ пиломатериалов в год целесообразно устанавливать вертикальные подъемники, представляющие собой подвижную платформу, которая укреплена на четырех вертикальных ходовых винтовых стойках, расположенных в углах платформы (рисунок 36). Винтовые колонны получают движение от электродвигателя через редуктор и бесконечную цепь. По мере роста штабеля платформа опускается вниз вместе

со штабелем, так что при работе с вертикальным подъемником верх штабеля всегда находится на одном уровне по отношению к рабочим.



- 1 – платформа,
- 2 – подъемные винты,
- 3 – подшипники,
- 4 – приводная цепь,
- 5 – редуктор,
- 6 – звездочки,
- 7 – электродвигатель;

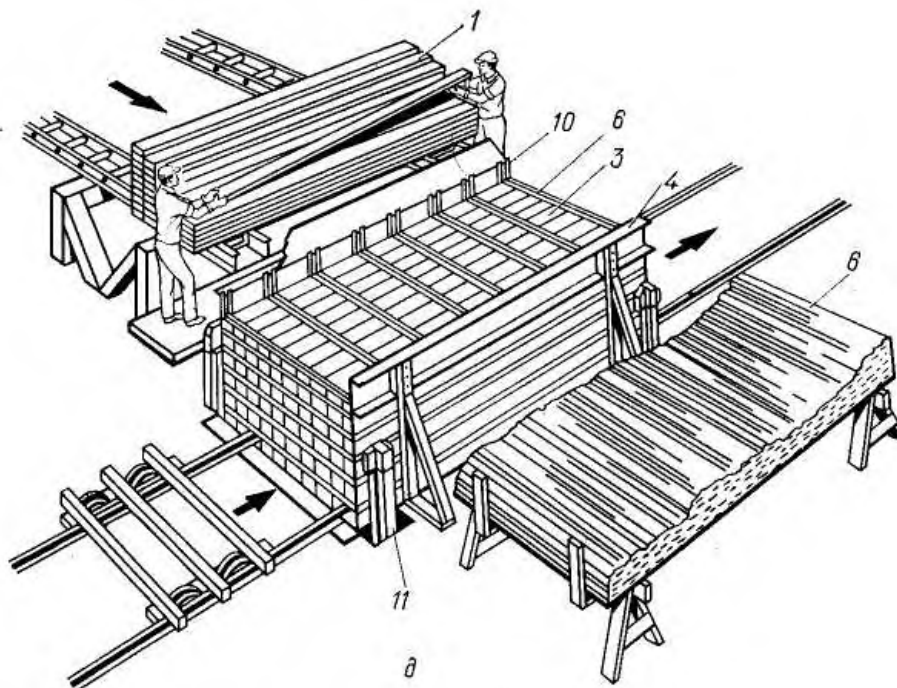
Рисунок 36 – Вертикальный подъемник

Вертикальные подъемники устанавливают в прямках соответствующей глубины. Подъемник обычно обслуживают двое рабочих (рисунок 37). Рабочие берут пиломатериалы из подвешенного к лифту плотного пакета и укладывают их на трековые тележки, которые предварительно устанавливают на рельсовом пути платформы подъемника. Уложив ряд материалов, рабочие раскладывают прокладки. Для удобства выравнивания торцевой стороны у штабеля устанавливается откидной металлический щит высотой примерно 1 м, а для раскладки прокладок в определенных местах - откидные специальные приспособления, в которых фиксируется один из концов прокладок.

По мере роста штабеля платформа подъемника опускается в прямок, и к концу загрузки штабель почти целиком оказывается в прямке. По окончании укладки платформа со штабелем поднимается. Уровень головки рельсового пути на платформе совмещается с уровнем головки рельсового подъездного пути, после чего при помощи траверсной тележки штабель закатывается в камеру или перекачивается на запасную площадку.

Пиломатериалы подают к подъемнику автопогрузчиками, тельферами и по рельсовым путям на вагонетках. Вблизи подъемника следует иметь буферный

склад для пакетов, из которого будут своевременно подаваться для укладки в штабель пиломатериалы одной толщины.

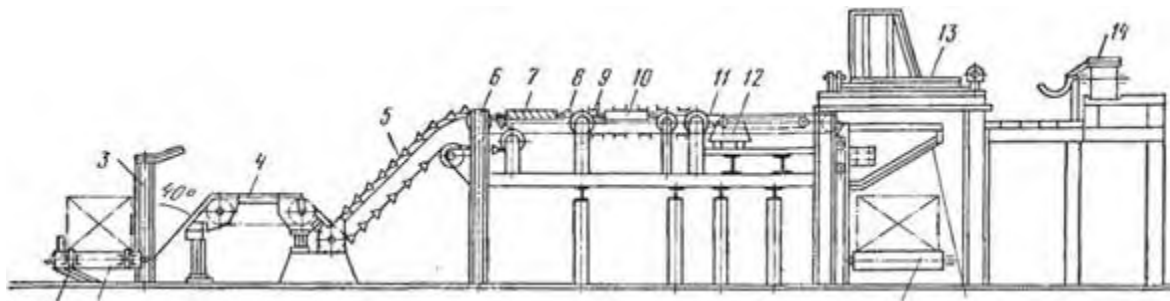


- 1 – транспортные пакеты,
- 3 – погружаемый штабель,
- 6 – прокладки,
- 9 – фиксатор прокладок,
- 10 – стойка винта лифта;

Рисунок 37 – Погрузочная площадка с лифтом

При объемах производства более 50 тыс. м³ рекомендуют использовать пакетоформирующие машины или линии, которые готовят пакеты на прокладках (со шпациями и без шпаций) и без прокладок (плотные пакеты). Процесс формирования штабелей полностью автоматизирован. Применение этих машин позволяет в 1,5-2,5 раза повысить производительность труда по сравнению с ручным способом.

На рисунке 38 показана пакетоформирующая машина ПФМ-10, которая может формировать пакеты со шпациями и без шпаций.



- 1 - подающий цепной транспортер,
- 2 - рольганг,
- 3 - наклонный подъемник,
- 4 - приемный транспортер,
- 5 - наклонный транспортер,
- 6 - горизонтальный транспортер,
- 7 - винтовой рольганг-торцеравнитель,
- 8 - отсекальщик механизма поштучной выдачи досок,
- 9 - транспортер с разновысокой цепью,
- 10 - рольганг-торцеравнитель с гладкими роликами,
- 11 - шпациеиборочный транспортер,
- 12 - каретка,
- 13 - кассетное устройство,
- 14 - ленточный транспортер для подачи прокладок,
- 15 - вертикальный подъемник,
- 16 - рольганг;

Рисунок 38 - Пакетоформирующая машина ПФМ-10

Формирование пакетов производится следующим образом. Автопогрузчиком или автолесовозом плотный пакет пиломатериалов устанавливается на подающий цепной транспортер 1, который подает пакет на рольганг 2. С помощью кронштейнов наклонного подъемника 3 пакет снимается с рольганга, наклоняется на 40° и поднимается вверх. При подъеме верхнего ряда досок пакета выше рамы наклонного подъемника доски скатываются на цепи приемного транспортера 4, при этом освободившиеся прокладки удаляются ленточным транспортером. Затем доски поступают в приемник, образованный скатами приемного транспортера и цепным наклонным транспортером 5 с упорами. Поступление досок в приемник регулируется оператором. По наклонному транспортеру доски подаются на цепи горизонтального транспортера 6. После этого доски поступают на винтовой рольганг-торцеравнитель 7 для выравнивания досок по правому торцу. Далее доски транспортируются до упора отсекальщика 8 механизма поштучной выдачи досок в каждую ячейку транспортера 9. По заданной программе набирается необходимое количество досок в ряду пакета, после чего отключается механизм поштучной выдачи досок без отключения транспортера с разновысокой цепью. Благодаря этому осуществляется пропуск выдачи одной доски и тем самым отделение набранного щита от другого. С низких ячеек цепи транспортера с разновысокой цепью доски поступают на рольганг-торцеравнитель 10 с гладкими роликами, который выравнивает их по левому

торцу, после этого они поступают на цепи шпациенаторочного транспортера 11.

Доски с верхних ячеек цепного транспортера с разнорысокой цепью, минуя рольганг-торцеватель с гладкими роликами, также поступают на шпациенаторочный транспортер.

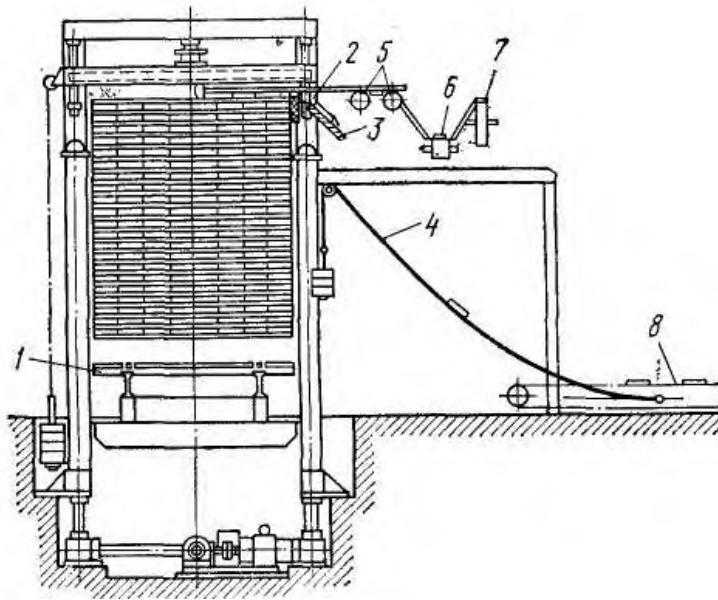
За время прохождения одного шага между упорами транспортера с разнорысокой цепью цепи шпациенаторочного транспортера передвигаются на величину, равную ширине доски и шпации, что зависит от настройки машины. С помощью механизма перемещения каретки 12 и цепей на поднимающихся рычагах при обратном ходе каретки щит досок перекладывается на прокладки формируемого пакета. При возвращении каретки с рычагами в исходное положение включается привод кассетного устройства 13. После отключения привода кассетного устройства вертикальный подъемник 15 опускается на величину, равную толщине доски в щите и прокладки. Сформированный пакет с вертикального подъемника передается на рольганг 16, по которому пакет выкатывается из-под машины.

Механизация разборки штабелей. Разгрузка штабелей на большинстве предприятий производится вручную. Это тяжелая работа. Кроме того, сбрасываемые со штабеля пиломатериалы часто повреждаются.

На предприятиях, где подъемники полностью заняты по основному назначению, рекомендуется устанавливать дополнительные подъемники специально для разгрузки штабелей. Для этого *вертикальный подъемник 1* (рисунок 39) оборудуют *специальным приспособлением 2*, которое сдвигает верхний ряд досок штабеля к наклонному спуску 3. По гибкому наклонному спуску 4 доски попадают на поперечный транспортер 8, приводными роликами 5 и движущейся лентой 7 прокладки разворачиваются и удаляются транспортером 6. Штабель по мере загрузки поднимается на определенную высоту.

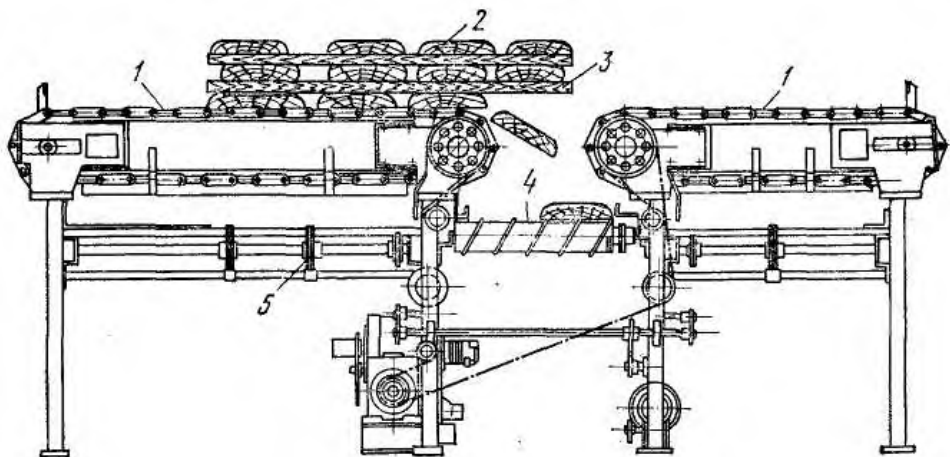
Для механизированной разборки пакетов размерами может быть использован питатель ПА-4 (рисунок 40).

Пакет 2 с помощью подъемного устройства (крана, тельфера, автопогрузчика) подается на один из поперечных цепных транспортеров симметрично расположенных по бокам продольного роликового транспортера 4, который по отношению к ним имеет более низкий уровень. При включении цепных транспортеров пакет перемещается с одного транспортера на другой и обратно. При этом доски нижнего ряда, проходя над рольгангом, попадают на него и уносятся к сортировочному столу или к станку. Когда весь нижний ряд досок сброшен, прокладки 3 проваливаются вниз между цепями и удаляются с помощью особого цепного транспортера.



- 1 – вертикальный подъемник,
- 2 – приспособление для сдвигания ряда досок,
- 3 – наклонный спуск,
- 4 – гибкий (из тросов) наклонный спуск,
- 5 – приводные ролики,
- 6 – конвейер для прокладок,
- 7 – движущиеся для разворота прокладок,
- 8 – поперечный конвейер;

Рисунок 39– Вертикальный подъемник с приспособлением для разборки штабелей



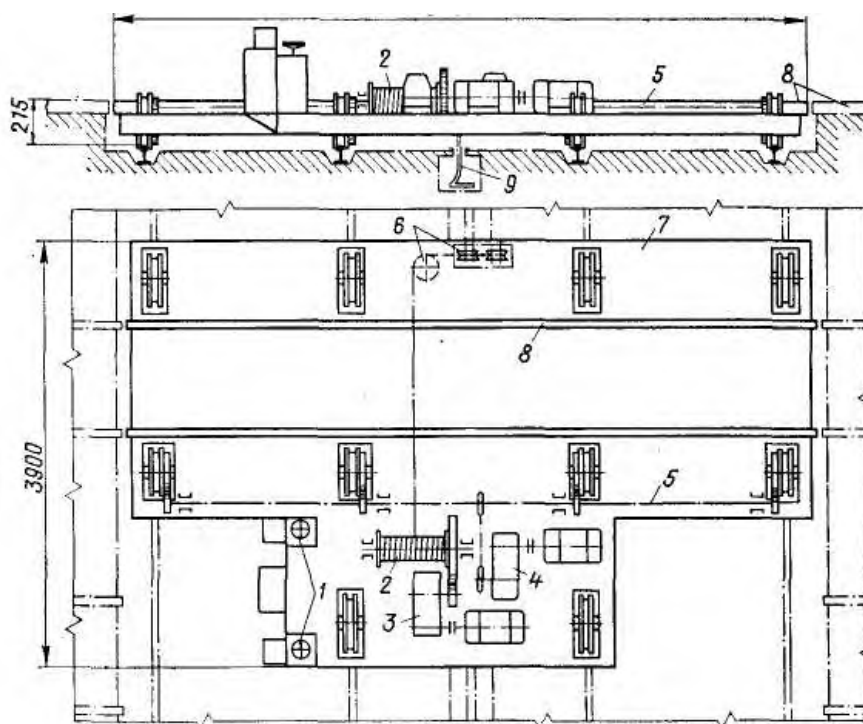
- 1 – поперечные конвейеры,
- 2 – пакет на прокладках,
- 3 – прокладки,
- 4 – роликовый конвейер,
- конвейер для удаления прокладок

Рисунок 40 – Питатель (пакеторазгрузчик) ПА-4

33 Транспортные операции в сушильном цехе

К основным транспортным операциям в сушильном цехе относятся:

- 1) перевозка сырых пиломатериалов на формировочную площадку;
- 2) перемещение сформированных штабелей на буферный склад сырых штабелей;
- 3) загрузка штабелей в сушильные камеры и выгрузка;
- 4) подача штабелей на склад сухих пиломатериалов и размещение их;
- 5) подвозка штабелей сухих пиломатериалов к месту их расформирования;
- 6) отправка сухих пиломатериалов в деревообрабатывающий цех или на отгрузку потребителям;
- 7) подача вагонеток и прокладок, освободившихся при расформировании штабелей, к формировочной площадке.



- 1 – контроллеры,
- 2 – лебедка,
- 3, 4 – привод механизма перемещения,
- 5 – вал механизма перемещения,
- 6 – блоки,
- 7 – платформа,
- 8 – рельсы,
- 9 – кабель питания

Рисунок 41 – Траверсная тележка ЭТ2-6,5

Указанные транспортные операции могут осуществляться различными механизмами, например подвозка сырых пиломатериалов к месту формирования штабелей и отправка сухих пиломатериалов производятся автолесовозами, автопогрузчиками, вагонетками по узкоколейным рельсовым путям и др.

Перемещение сформированных сушильных штабелей в основном осуществляется при помощи рельсового транспорта - приводными траверсными тележками ЭТ2-6,5 (рисунок 41) и ЭТ-4,5.

Используются кран-балки или мостовые краны для транспортировки пакетов.

Глава 8 Продолжительность сушки пиломатериалов. Производительность сушильных камер

34 Продолжительность сушки

Теоретические уравнения для расчетов продолжительности сушки сложны в производственных условиях, поэтому разработан укрупненный метод определения продолжительности с помощью таблиц и коэффициентов (табличный метод расчета). Табличный метод рекомендуется для расчета производительности камер, составления календарных планов работы сушильных цехов.

В зависимости от принципа действия сушильных камер и категории, применяемых режимов расчет продолжительности сушки производится в трех направлениях:

- 1) В камерах периодического действия при низкотемпературном процессе;
- 2) В камерах периодического действия при высокотемпературном процессе;
- 3) В камерах непрерывного действия при низкотемпературном процессе.

Общая продолжительность сушки определяется с учетом начального прогрева и влаготеплообработки.

При расчетах времени сушки в камерах периодического действия исходная продолжительность собственно сушки пиломатериалов определяется при условии, что сушка осуществляется нормальными режимами в камере с принудительной реверсивной циркуляцией от начальной влажности 60% до конечной 12%.

Сушка зависит от многих переменных факторов. Поэтому при расчете времени сушки производится поправка на жесткость режима, характер и интенсивность циркуляции воздуха в камере, начальную и конечную влажность древесины, длительность влаготеплообработки и кондиционирования древесины (качество сушки), породу, длины (для заготовок).

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

В камерах с позонной циркуляцией в загрузочном конце поддерживается состояние сушильного агента по первой, а в разгрузочном – по третьей ступени стандартных режимов сушки. Продолжительность сушки пиломатериалов в этих камерах определяется по той же методике, что и в камерах периодического действия при низкотемпературных процессах.

В противоточных камерах непрерывного действия при расчетах времени сушки исходная продолжительности собственно сушки пиломатериалов определяется при условии, что в камерах с поперечной штабелевкой, при объеме циркулирующего сушильного агента, обеспечивается минимальная себестоимость процесса при сохранении целостности материала. При расчете времени сушки производится поправка на породу, интенсивность циркуляции, начальную и конечную влажность, качество сушки.

35 Производительность сушильных камер. Условный материал

На лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях камерной сушке могут подвергаться пиломатериалы и заготовки различных пород древесины и размеров. Срок сушки различных пиломатериалов может сильно отличаться, поэтому в практике важно правильно определить производственную мощность сушильных камер и цеха для сушки заданной спецификации пиломатериалов.

Производительность камер определяется количеством пиломатериала, которое может быть вусушено в течении года.

Установлено, что в году камера должна работать 335 суток, остальное время отводится на её ремонт.

Производительность камер рассчитывается по количеству фактически высушиваемого материала, а также по количеству высушиваемого условного материала.

Для планирования работы сушильных камер, учета их работы, сопоставления и оценки значимости различных сушильных камер расчеты производительности ведут для сушки условных пиломатериалов.

Плановое задание сушильному цеху дается по условному материалу.

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

Производительность камер на материале заданной характеристики рассчитывается в кубических метрах при заданных режимах и категории качества в зависимости от породы, толщины, начальной и конечной влажности.

Продолжительность оборота камеры периодического действия включает в себя продолжительность процесса сушки и продолжительность загрузки и выгрузки камеры.

При расчетах продолжительности оборота камер непрерывного действия продолжительность загрузки и выгрузки не учитывают, так как загрузка и разгрузка камер осуществляется без остановки сушильного прогресса.

Поскольку сушке подвергаются пиломатериалы различной характеристики, производительность лесосушильных камер в объеме фактически высушиваемой древесины значительно колеблется. Поэтому учет и планирование работы камер производится в условном материале. Нормативная годовая производительность камеры на условном материале рассчитывается в кубических метрах условного материала на основе продолжительности оборота камеры при сушке условного материала с учетом объемного заполнения штабеля условным материалом и габаритного объема загружаемых в камеру штабелей.

Для определения потребного количество лесосушильных камер для выполнения годовой программы необходимо произвести перевод объема высушенной или подлежащей сушке древесины в объем условного материала. Для чего используют переводные коэффициенты продолжительности оборота и вместимости камеры.

Объем фактически высушенной древесины и соответствующий объем условного материала учитывают отдельно для каждой камеры и определяют по числу и размерам загружаемых в камеру досок, суммируя их табличный объем.

Данный метод расчета рекомендуют использовать при планировании работ камер и их проектировании для определения суммарного объема сушки в условном исчислении по заданной спецификации и объему пиломатериалов, подлежащих сушке.

Для повышения производительности сушильных камер необходимо:

1. Уменьшать простои из-за несвоевременного ремонта оборудования;
2. Сокращать перерывы в подаче пара, электроэнергии;
3. Уменьшать продолжительность сушки за счет подбора наиболее оптимального режима сушки;
4. Соблюдение всех правил при формировании штабелей.

Пример:

Задача 9: *Определить продолжительность сушки пиломатериалов заданной спецификации; рассчитать производительность сушильных камер и определить потребное количество сушильных камер для выполнения годовой программы. Сушка осуществляется в камере периодического действия СП-2КП по низкотемпературному нормальному режиму. Назначение пиломатериала – I категория качества.*

Таблица 2 – Исходные данные

Порода	Сечение, мм	Длина, мм	Влажность, %		Фактический объем, м ³
			W _{нач.}	W _{кон.}	
Ясень	32 x 150	6000	45	8	7500
Бук	32 x 150	6000			8000

По формуле (8.1), [1] рассчитываем продолжительность сушки; по формуле (8.7), [1] - продолжительность оборота камеры. Результаты расчета сносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Продолжительность сушки и оборота камеры

Характеристика п/м					Категория качества	Категория режима	$\tau_{исх},$ ч	Коэффициент					$\tau_{сушки}$		$\tau_{об},$ сут
Порода	Толщина	Ширина	W, %					A_p	A_n	A_{κ}	A_{δ}	A_g	ч	сут	
			W_H	W_{κ}											
Ясень	32	150	45	8	I	H	120	1,0	0,82	1,2	1,14	1,0	138,7	5,77	5,87
Бук	32	150				H	120	1,0	0,85	1,2	1,14	1,0	138,7	5,77	5,87
Сосна усл.	40	150	60	12	II	H	88	1,0	0,78	1,15	1,0	1,0	79,4	3,3	3,4

Используя формулы (8.17), (8.18) и (8.19), [1] производим перевод объема подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объем условного материала. Результаты расчетов сносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Перевод объем фактических пиломатериалов, подлежащих сушке в объем условного материала

Характеристика материала			Продолж. оборота камеры, сут.		Коэффициенты				Объем п/м, м ³	
Порода	Толщина	Ширина	$\tau_{об.ф}$	$\tau_{об.усл.}$	K_t	β_F	$\beta_{усл}$	K_E	заданный	в усл. материале, у
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ясень	32	150	5,87		1,72	0,399		1,09	7500	14061
Бук	32	150	5,87		1,72	0,399		1,09	8000	14998,4

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сосна усл.	40	150		3,4			0,438			

$$\sum \Phi = 15500 \text{ м}^3 \quad \sum Y = 29059,4 \text{ м}^3$$

Перемножая длину, ширину, высоту и количества штабелей, загружаемых в камеру определяем габаритный объем всех штабелей в камере

$$Г = 6,5 \cdot 1,8 \cdot 3,0 \cdot 24 = 842,4 \text{ м}^3$$

По формуле (8.15), [1] производим расчет годовой производительности камеры на условном материале.

$$П_y = \frac{335}{3,4} \cdot 0,438 \cdot 842,4 = 36354,51 \text{ м}^3 \text{ усл./год}$$

Потребное количество камер рассчитываем как отношение условного объема пиломатериалов, подлежащих сушке к годовой производительности камеры на условном материале

$$n = \frac{29059,4}{36354,51} = 0,79 \text{ шт.}$$

К строительству принимаем 1 двадцатичетырехштабельную сушильную камеру.

Глава 9 Контроль и регулирование процесса сушки пиломатериалов

36 Регулирование параметров сушильного агента в процессе сушки. Автоматическая система контроля

Регулированием сушильного процесса называют такой способ управления определенными параметрами сушки (температурой и степенью насыщения сушильного агента, влажностью древесины и внутренними напряжениями в ней), при котором эти параметры стремятся приобрести некоторое наперед заданное значение.

В настоящее время в сушильных камерах для сушки пиломатериалов задача регулирования состоит в поддержании состояния сушильного агента в соответствии с заданным режимом сушки. Более рационально было бы, однако, такое регулирование, при котором состояние сушильного агента поддерживалось бы в зависимости от величины внутренних напряжений. Но

это пока невозможно, так как еще не разработаны датчики внутренних напряжений.

Состояние сушильного агента регулируют различными способами в зависимости от способа его нагрева. В сушилках с паровым обогревом, когда состояние определяется только одним параметром-температурой, последняя регулируется с помощью вентиля или клапанов, установленных на паропроводах. Для снижения температуры в сушилке необходимо уменьшить подачу пара в калориферах, прикрывая вентиль (или клапан), а для повышения температуры, наоборот, увеличить подачу пара, открывая вентиль.

Если в сушилке с паровым обогревом состояние характеризуется двумя параметрами – температурой и степенью насыщения, температуру регулируют таким же способом, т. е. воздействием на паровые вентили или клапаны. Степень насыщения регулируют изменением кратности воздухообмена с атмосферой воздействием на шибер или задвижки приточно-вытяжных каналов. Перекрытие приточно-вытяжных каналов приводит к повышению степени насыщения за счет влаги, испаряющейся из материала. В недостаточно герметичных камерах для повышения степени насыщения в сушильное пространство впускают пар через увлажнительные трубы. Пар через увлажнительные трубы подают в том случае, когда требуется быстро повысить степень насыщения (например, для влаготеплообработки древесины).

В газовых сушилках состояние сушильного агента регулируется путем воздействия на шибер и задвижки, перекрывающие каналы подачи в камеру смешения топочных газов, отработавшей смеси и свежего воздуха, а также путем изменения количества топлива, подаваемого в топку. Для того чтобы, например, повысить температуру в сушилке, необходимо либо увеличить подачу газа из топки или газораспределительного бора, либо увеличить подачу топлива в топку. Для повышения степени насыщения (в газовых камерах для пиломатериалов) уменьшают подачу в камеру смешения свежего воздуха и соответственно увеличивают количество отработавшей смеси, направляемой на рециркуляцию.

В сушилках с электрическим обогревом температура регулируется путем включения или отключения питания электронагревателей рубильниками или магнитными пускателями.

Существует два способа регулирования: ручной и автоматический.

При ручном регулировании оператор сушильной установки следит по контрольным приборам за состоянием сушильного агента. При отклонении параметров агента от заданных режимов он воздействует на органы управления (вентили, шибер, задвижки, рубильники) и добивается соответствия фактических и заданных параметров.

При автоматическом регулировании воздействие на органы управления происходит автоматически с помощью регуляторов, воздействующих на исполнительные механизмы, в зависимости от сигналов датчиков, которые воспринимают изменения параметров сушильного агента.

Регулирование температуры в сушилках осуществляется автоматическими регуляторами температуры. Для регулирования степени насыщения также

применяются регуляторы температуры, которые реагируют на изменение температуры предела охлаждения. Датчик температуры этого регулятора должен снабжаться увлажнительным чехлом (аналогично смоченному термометру психрометра).

Каждый автоматический регулятор температуры имеет следующие основные элементы: датчик температуры, регулирующий прибор, исполнительный механизм и задатчик (устройство задания величины регулируемой температуры).

Датчик измеряет температуру и вырабатывает сигнал, поступающий на вход регулирующего прибора. В регулирующем приборе в зависимости от сигналов датчика и задатчика вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный механизм. В свою очередь исполнительный механизм воздействует на регулирующие органы (вентили, клапаны,шибера).

Различают регуляторы прямого (РПД) и. непрямого (РНД) действия.

Регуляторы прямого действия работают от энергии регулируемой среды. Область их применения очень ограничена вследствие малой точности регулирования.

Более распространены *регуляторы непрямого действия, у которых воздействие сигнала датчика на регулирующий орган осуществляется через усилители мощности.* Для перемещения регулирующего органа используется энергия дополнительного источника питания. Для РНД наиболее целесообразно применять электрические датчики температуры.

Регуляторы непрямого действия могут быть одноканальными (ОР) и многоканальными (МР).

Одноканальный регулятор может регулировать только один параметр (например, температуру) в одной установке.

Многоканальные регуляторы позволяют регулировать несколько параметров в ряде установок. Применяя МР, можно автоматизировать целый блок сушильных камер.

Одноканальные регуляторы целесообразно применять в цехах с небольшим числом сушилок. В хозяйствах с большим числом сушильных камер пиломатериалов, каждая из которых должна регулироваться по двум параметрам, рационально применять многоканальные регуляторы.

По принципу регулирования РНД, используемые в сушильной технике, подразделяются на следующие:

1. *Двухпозиционные, действующие по принципу «открыто - закрыто», когда регулирующий орган может находиться в двух положениях - или полностью открытым, или полностью закрытым;*

2. *Трехпозиционные, которые допускают еще одно промежуточное положение регулирующего органа;*

3. *Шаговые, в которых регулирующий орган перемещается в отдельные моменты времени на определенную величину (шаг);*

4. *Двухпозиционно-шаговые, работающие как по шаговому принципу, так и по позиционному, в зависимости от величины отклонения регулируемых параметров от заданных;*

5. *Импульсные*, в которых непрерывные сигналы датчиков преобразуются в отдельные импульсы, используемые для управления регулирующими органами;

6. *Пропорциональные* - в них величина сигнала, воздействующего на исполнительный орган, пропорциональна температуре в сушилке, поэтому степень открытия регулирующего органа зависит от величины рассогласования регулируемых и заданных параметров.

По виду используемой энергии регуляторы подразделяются на электрические, пневматические и электропневматические.

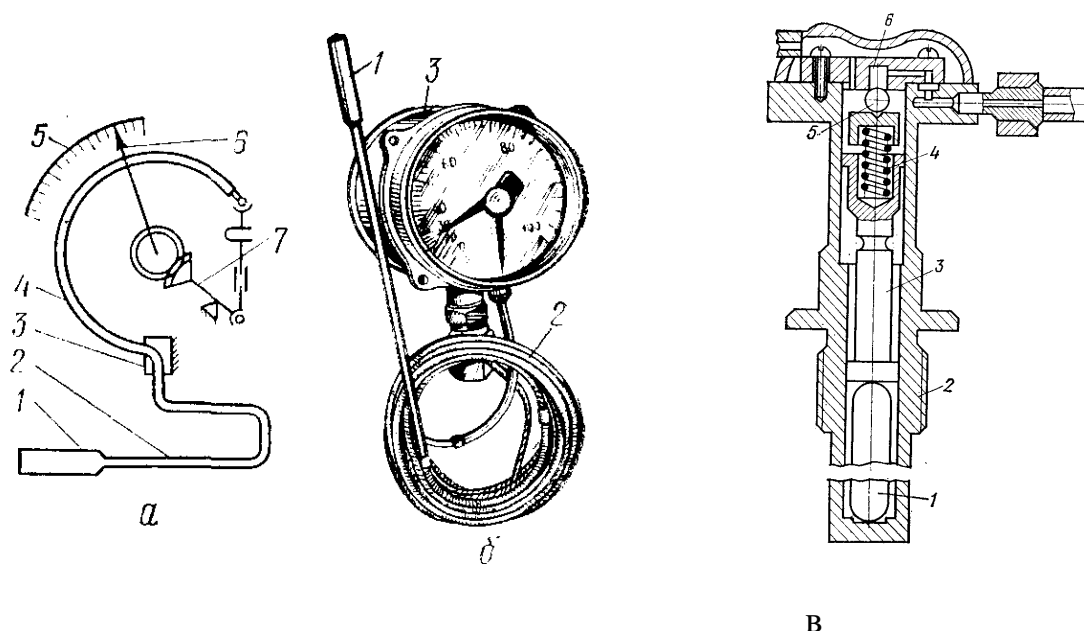
37 Приборы для контроля параметров обрабатывающего агента

В большинстве процессов гидротермической обработки древесины давление обрабатывающей среды равно атмосферному. При этом условии состояние газообразного агента (воздуха, топочных газов) обработки определяется двумя основными параметрами - температурой и относительной влажностью (степенью насыщенности).

Приборами для контроля температуры служат термометры. В технике гидротермической обработки древесины применяют следующие их типы:

1. *Термометры расширения*, действующие на принципе теплового расширения жидкости (например, ртути) или твердых тел.

Из термометров этого типа наиболее широко используются ртутные стеклянные технические термометры ТТ. Они выпускаются по ГОСТ 2823-73 на различный диапазон измеряемой температуры и могут иметь прямую (термометры типа П) или изогнутую под прямым углом (термометры типа У) нижнюю часть различной длины (от 60 до 2000 мм). В сушилках, в частности, применяются термометры ТТ-2У (пределы измерения 0-100 °С, цена деления 1 °С) и ТТ-3У (пределы измерения 0-150 °С, цена деления 1 °С). Основная допустимая погрешность технических термометров колеблется от ± 1 до ± 2 °С. Кроме ртутных, иногда применяют dilatометрические термометры расширения. Принцип действия их следующий (рисунок 42, в). Внутри корпуса (латунной трубки) 2 находится стержень 1 из сплава с малым коэффициентом температурного расширения, снабженный удлинителем 3. При повышении температуры окружающей среды корпус 2 удлиняется больше, чем стержень 1, в результате чего уменьшается сила поджатия шарика 5 пружиной 4 к калиброванному соплу 6. К соплу подводится сжатый воздух. Таким образом, изменения температуры вызывают изменения расхода воздуха в сопле и давления в пневмосистеме. Это давление может быть измерено манометром, отградуированным на температуру. Иногда dilatометрические термометры снабжают не пневмосистемой, а электрическим контактным устройством, однако такие приборы используют преимущественно не как показывающие приборы, а как датчики в системах регулирования.



- а – принципиальная схема манометрического термометра,
 б – общий вид манометрического термометра ТПП4-IV,
 в – дилатометрический термометр;

Рисунок 42 – Термометры расширения и манометрические

2. *Манометрические термометры*, в которых использована зависимость давления жидкости или газа при постоянном объеме от температуры.

На рисунке 42(а, б) приведены принципиальная схема и внешний вид показывающего парожидкостного манометрического термометра ТПП4-ГУ. Изменение температуры контролируемой среды воспринимается в нем жидкостью, заполняющей термобаллон 1, и преобразуется в изменение ее давления, которое через соединительную трубку (капилляр) 2 воздействует на упругий чувствительный элемент 4, представляющий собой одновитковую манометрическую пружину. Один конец пружины, связанный с капилляром, жестко закреплен в держателе 3, а другой герметизирован и перемещается под действием давления. Его движение через передаточный механизм 7 преобразуется в перемещение стрелки 6 относительно шкалы 5.

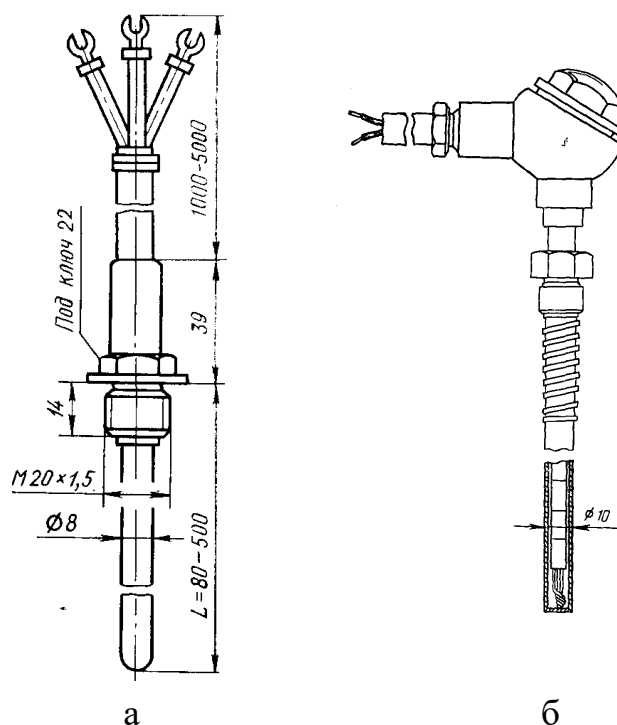
Манометрические термометры выпускают в различных модификациях с жидкостным, газовым или смешанным заполнением. Некоторые типы дают возможность одновременно измерять и регистрировать температуру и предел охлаждения или температуру в двух точках. Основная погрешность этих приборов от ± 1 до $\pm 1,6$ %.

Достоинство манометрических термометров - в дистанционности измерения и относительной простоте конструкции. Их недостаток - значительная термическая инерция, лежащая в пределах 60-800 с на воздухе и 3-30 с в воде.

3. *Термометры сопротивления*, в которых использована зависимость электрического сопротивления металлов и полупроводников от температуры окружающей среды.

Эти термометры широко используют в технических измерениях. Они обладают высокой точностью, надежностью и малой тепловой инерцией. На их базе могут быть созданы точные, долговечные и компактные системы дистанционного контроля за состоянием агентов обработки. Наиболее рационально применять малоинерционные термометры сопротивления с чувствительными элементами из платиновой или медной проволоки, выпускаемые промышленностью по ГОСТ 6651-78 (рисунок 43, а).

Диапазон измерения применяемых в технике гидротермической обработки древесины термометров сопротивления — $-50 \dots + 150^\circ\text{C}$, абсолютная погрешность не более $\pm 0,5^\circ\text{C}$.



а – платиновый термометр сопротивления,
б – общий вид термопары ТКХ-1479,

Рисунок 43 – Термометры сопротивления, термопара

4. *Термопары* - термоэлектрические приборы, основанные на зависимости электродвижущей силы в замкнутой цепи из двух разнородных металлических проводников от разности температуры их спаев.

Эти приборы применяют при лабораторных исследованиях и в некоторых случаях для контроля температуры в промышленных установках. Промышленные термопары изготавливают в таких же корпусах, как и термометры сопротивления. Для контроля температуры в сушилках приемлемы малоинерционные унифицированные хромель-копелевые термопары ТКХ-1479 (рисунок 43, б).

Действие термопары основано на возникновении термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в контуре, составленном двумя проводниками из разных металлов

со спаями, нагретыми до разных температур. Цепь термопары состоит из двух термоэлектродов и чувствительного милливольтметра, включенного в разрыв одного из них. Один спай помещают в среду, температуру которой измеряют, второй остается свободным. Для устранения влияния колебаний температуры свободного спая термопары его термостатируют или используют специальные схемы с автоматической компенсацией.

В качестве показывающих приборов в цепи термопар используют чувствительные магнитоэлектрические или электронные милливольтметры, а также автоматические потенциометры, в которых компенсируются погрешности от непостоянства температуры холодного спая.

При измерении температуры могут возникать ошибки по следующим причинам:

1. *Неточность самого прибора.* Точность показаний стандартных технических термометров составляет $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Термометры со временем стареют, что объясняется уменьшением размера канала. Раз в год показания термометров необходимо сверять с показаниями контрольных.

2. *Неточность отчета его показаний.* Направление взгляда при отсчетах должно быть перпендикулярно вертикальной шкале термометра.

3. *Неправильная установка прибора.* Размещение прибора в сушильных камерах у охлажденной стены и вблизи двери приведет к заниженным отчетам температуры. И наоборот, расположение прибора в более нагретом потоке воздуха или рядом с калорифером способствует дополнительному нагреву термометра. При установке прибора рекомендуется чувствительную часть прибора направлять навстречу измерительному потоку.

При измерении температуры доски термопару следует заделать в кромку доски на значительную глубину параллельно пласти, уплотнив отверстие древесиной.

Для определения степени насыщенности газов и воздуха используют психрометрический метод, основанный на измерении психрометром температуры мокрого и сухого термометров. Мокрый термометр определяет температуру предела охлаждения, то есть температуру, при которой воздух, испаряя влагу, достигает состояния насыщения.

По показаниям психрометра степень насыщенности газа может быть определена по Id- или tr-диаграммам. В практике часто пользуются психрометрическими таблицами.

Существует несколько типов психрометров:

1) *Переносный психрометр Асмана* (аспирационный), состоящий из двух одинаковых ртутных термометров (сухого и смоченного) и снабженный устройством для принудительной циркуляции воздуха;

2) *Переносный ртутный психрометр Августа без принудительной циркуляции;*

3) *Стационарные психрометры*, которые монтируют внутри сушильной камеры или иного устройства. Эти психрометры часто делают дистанционными

и самопишущими. Дистанционные психрометры обычно изготавливают на базе манометрических или электрических термометров (термометров сопротивления и термопар).

Недистанционные стационарные психрометры собирают обычно из двух технических ртутных термометров и снабжают приспособлением для увлажнения чувствительного элемента смоченного термометра. Психрометр монтируют внутри сушилки (или иного устройства) с таким расчетом, чтобы его показания регистрировались из обслуживаемого помещения. Одна из возможных конструкций стационарного психрометра, монтируемого в проеме стены, показана на рисунке 44.

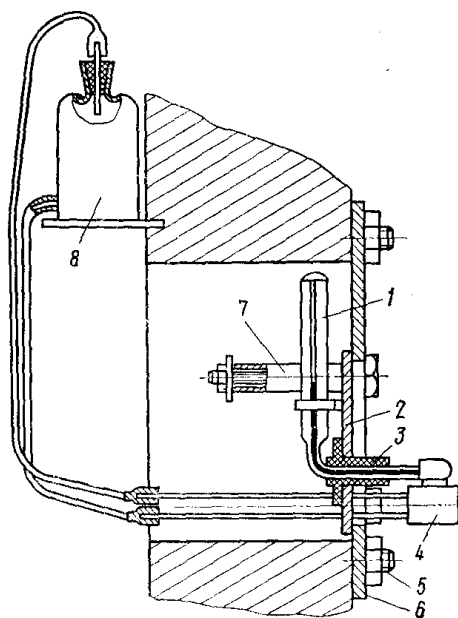


Рисунок 44 – Установка стационарного ртутного психрометра в проеме стены сушильной камеры

Угловой термометр 1 укреплен посредством эбонитовых втулок 3 на съемной плите 2, которая привернута к неподвижной плите 6 четырьмя болтами 7. Неподвижная плита установлена с внутренней стороны стены на анкерных болтах 5. Это устройство дает возможность вынимать термометры вместе с увлажнительным бачком 4 без захода в камеру. Уровень воды в бачке постоянно поддерживается пополнением ее из резервуара 8 при помощи соединительной системы из двух гибких трубок.

Существенные недостатки психрометров с ртутными термометрами - их хрупкость и ненадежность, а главное, невозможность ведения централизованного дистанционного контроля.

Дистанционные психрометры собирают из двух дистанционных термометров. Обязательное условие сборки - идентичность характеристик используемых датчиков температуры. В промышленности применяют преимущественно дистанционные психрометры на базе термометров сопротивления. Датчики психрометра желательно устанавливать при помощи

съемного устройства, обеспечивающего их надежное крепление и питание водой смоченного термометра. Приборы в случае необходимости могут непосредственно измерять психрометрическую разность. Для этого сухой и смоченный датчики включают в соседние плечи моста, тогда выходной сигнал мостовой схемы будет пропорционален разности $t - t_m$. Дистанционные электрические психрометры дают возможность централизованно контролировать состояние газообразной среды в большом числе объектов.

Определяя состояние воздуха или газа по показаниям психрометра, следует иметь в виду, что смоченный термометр в результате лучистого теплообмена с окружающими предметами и теплопередачи по его корпусу показывает температуру несколько более высокую, чем истинная температура предела охлаждения.

По показаниям психрометра ведется весь процесс сушки, поэтому к его работе предъявляются повышенные требования.

Термометры психрометров должны быть парными. Для этого их нужно специально подбирать. Показания парных термометров не должно отличаться между собой не более, чем на $0,5^{\circ}\text{C}$. раз в три месяца необходимо сверять показания сухого и мокрого термометров. Для этого с мокрого снимают марлю, и оба термометра оставляют в постоянных температурных условиях на несколько часов (они должны показать одинаковую температуру).

Большое значение имеет выбор места для установки психрометра. Датчики должны устанавливаться так, чтобы они измеряли температуру на входе в штабель. Кроме того место их установки не должно искажать действительную температуру в камере – вблизи дверей сушильной камеры, близко к стене, в струе охлажденного воздуха, около калориферов и паропроводов.

Вода для психрометров – только дистиллированная или конденсатная, чтобы избежать накипи на фитиле.

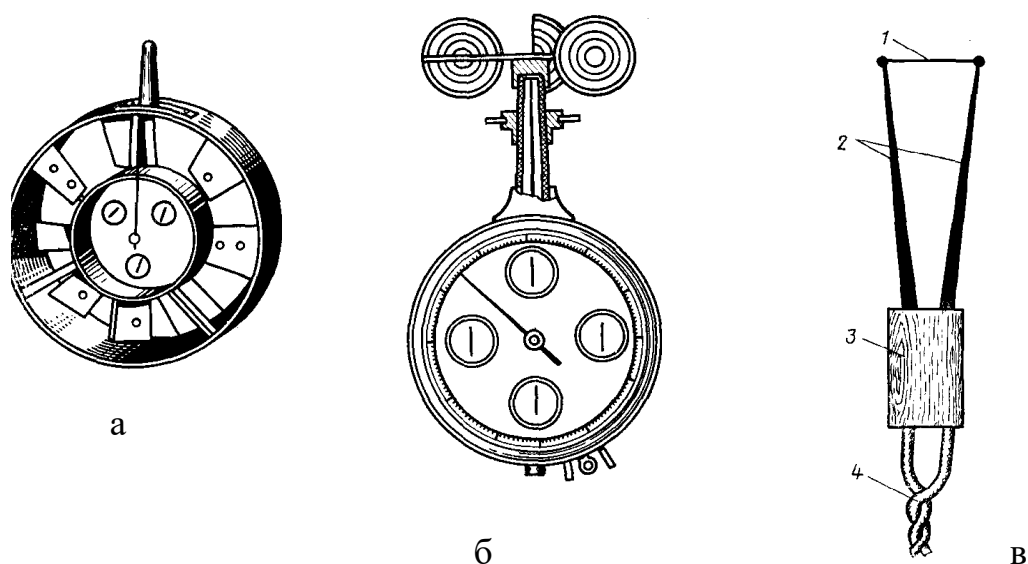
Шарик термометра обвязывают ваткой не более, чем в два слоя. Расстояние между концом термометра и уровнем воды в ванночке не больше 20-25 мм.

Надлежащая циркуляция воздуха (или газа) имеет большое значение для сушильных устройств. Скорость его движения измеряют анемометрами и микроанемометрами.

Анемометр - прибор, состоящий из крыльчатки и счетчика ее оборотов. Его устанавливают в потоке воздуха и определяют частоту вращения крыльчатки в единицу времени. Скорость воздуха находят по частоте вращения при помощи тарировочной кривой или таблицы, прилагаемой к прибору. Есть также анемометры со шкалой, по которой скорость отсчитывается непосредственно.

Различают анемометры крыльчатые и чашечные (рисунок 45, а, б). Первые применяют для измерения скорости 0,5-10 м/с, вторые – 2-30 м/с. Существенный недостаток анемометров в том, что для выполнения измерений

необходимо заходить в сушилку, вследствие чего замеры в процессе сушки практически невозможны.



- а – крыльчатый анемометр,
б – чашечный анемометр,
в – датчик термоанемометра;

Рисунок 45 - Анемометры

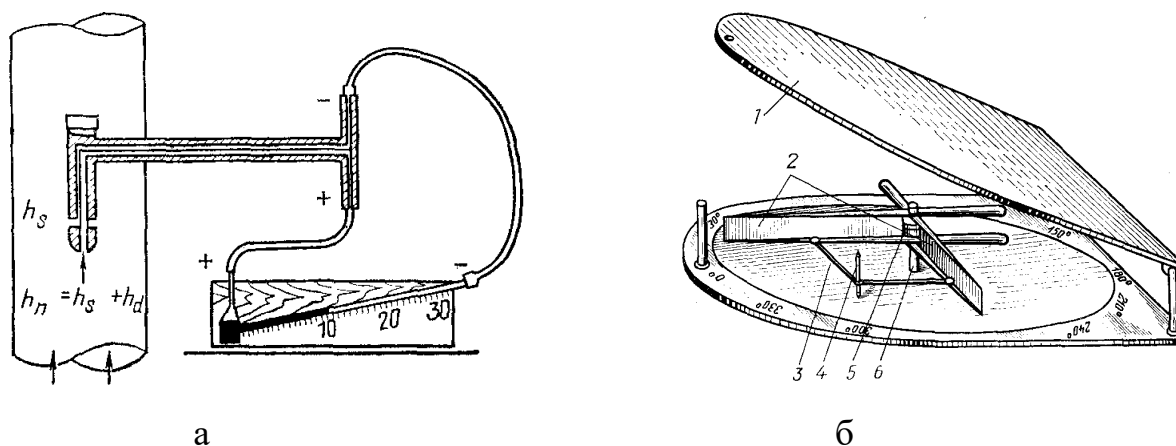
Существует прибор, называемый термоанемометром, который дает возможность измерять скорость воздуха дистанционно (рисунок 45, в). Тонкая платиновая нить 1 припаяна к двум манганиновым стерженькам 2, укрепленным в держателе 3 из изоляционного материала, через который пропущены выводы 4 для присоединения преобразователя к измерительной цепи. Нить нагревается пропускаемым по ней током и одновременно охлаждается обдувающим ее газовым потоком. При постоянном токе температура нити, а следовательно, и ее электрическое сопротивление зависят от интенсивности обдува. Оно измеряется мостовой схемой, которая может быть проградуирована непосредственно в единицах скорости воздуха.

Скорость воздуха измеряют также микроанометром по динамическому напору. Для этого чаще всего применяют простейшие микроанометр с наклонной трубкой (тягомстр Креля) и пневмометрическую трубку Прандтля. Трубку устанавливают в потоке и присоединяют к микроанометру по схеме рисунок 46, а. Скорость, ω , м/с, вычисляют по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{2h_d}{r}}, \quad (28)$$

где h_d - динамический напор, Па;

ρ - плотность воздуха (или газа), кг/м³.



а – измерение динамического напора пневмометрической трубкой и микроманометром,
б – аэровектограф;

Рисунок 46 – приборы для измерения динамического напора и скорости сушильного агента

Специально для измерения скорости и направления сушильного агента в штабелях сушильных камер сконструирован прибор, названный аэровектографом (рисунок 46, б). Его чувствительный элемент - пара лопастей 2, связанных между собой пружиной 5 или легким противовесом. Лопастей соединены двумя стержнями 3 в шарнирный четырехзвенник, вращающийся на оси 6. Под воздействием потока воздуха лопасти сближаются на тот или иной угол и поворачиваются в направлении потока. Регистрация производится иглой 4 на внутренней поверхности крышки 1, предварительно покрытой слоем сажи или воска.

Установив несколько аэровектографов внутри штабеля в каналах, образованных смежными рядами досок, можно получить пространственную картину распределения скорости циркуляции по ее величине и направлению. Диапазон измерения прибора 0,2—20 м/с, абсолютная погрешность (при скорости до 5 м/с) не более 0,1 м/с.

Глава 10 Организация и охрана труда в сушильных цехах

38 Календарное планирование и учет работы камер

Цель календарного планирования работы сушильного цеха - обеспечить своевременный выпуск пиломатериалов, требующихся основным

производственным цехам предприятия. Календарный план составляют, как правило, на месячный срок. Основой для его разработки служит заказ цехов, потребляющих сухие пиломатериалы, в котором указывается, какой материал, сколько и когда должен выпустить сушильный цех.

Для составления календарного плана удобно пользоваться графиком, представляющим собой доску, пригодную для любого месяца. Вдоль доски расположены пазы, куда вставляют специальные ленты-карточки. Длина лент-карточек в масштабе доски соответствует продолжительности сушки сортиментов, характеристика которых (порода, толщина, начальная влажность) обозначена на карточке. Ленты целесообразно иметь разных цветов для разных пород и толщин материала.

Составление календарного плана складывается из следующих этапов:

1) по полученному заказу соответственно с вместимостью камер подсчитывают число необходимых загрузок материала различных характеристик; при этом должен быть учтен объем незавершенного производства прошлого месяца;

2) отбирают (а при необходимости - готовят вновь) ленты-карточки, в количестве и по типоразмерам материала соответствующие данным, подготовленным по предыдущему пункту;

3) карточки раскладывают по доске с таким расчетом, чтобы были загружены все сушильные камеры и календарные сроки выпуска материала отвечали полученному заказу.

Составленный таким образом календарный план может несколько отличаться по срокам выпуска материала от полученного заказа. Поэтому он подлежит согласованию с заинтересованными цехами.

39 Испытание камер. Техничко-экономические показатели

По своему характеру и задачам испытания установок для гидротермической обработки древесины разделяются на пусковые, периодические и специальные.

Пусковые испытания проводятся после окончания строительства и монтажа установки, а *периодические* - через определенные сроки (1—2 года) в процессе ее эксплуатации.

Цель пусковых и периодических испытаний - проверка работы деталей оборудования и установки в целом, а также определение или уточнение ее технико-экономических показателей.

Специальными принято называть испытания исследовательского характера, цель которых - разрешение специальных вопросов теории и техники гидротермической обработки древесины.

При испытаниях независимо от их назначения вначале проверяют исправность теплового и циркуляционного оборудования и соответствие его характеристик проектным и паспортным данным, а затем выявляют технологические и экономические показатели установки.

Испытание тепловых устройств. Основными из них являются калориферы и конденсатоотводчики.

Калориферы испытывают на плотность соединений и равномерность обогрева. Неплотности соединений в калорифере и парораспределительных устройствах легко обнаруживаются пробным пуском в них пара. Проверку выполняют на не загруженной материалом установке.

Равномерность обогрева калориферных труб проверяют следующим образом. Трубы включенного калорифера поливают по всей длине тонкой струей воды, предварительно убедившись в исправной работе конденсатоотводчиков. При нормальном обогреве труб вода на их поверхности должна вскипать. Если обнаруживаются участки труб, где этого не происходит, значит, они не имеют нормального питания паром.

Исправность конденсатоотводчиков проверяется контрольной трубкой. Вывод конденсата переключают с конденсатосборной магистрали на контрольную трубку. Нормально работающий конденсатоотводчик выпускает конденсат периодически (толчками). Необходимо при этом иметь в виду, что в периоды выбрасывания конденсата наблюдается некоторое парение контрольной трубки, так как конденсат, находящийся в калорифере под повышенным давлением, при выходе в атмосферу становится перегретым. Если через контрольную трубку непрерывно выходит конденсат вместе с паром, это свидетельствует о неисправности устройства и необходимости его ремонта или замены. Непрерывный выход одного конденсата указывает на недостаточную производительность конденсатоотводчика.

Испытание циркуляционных устройств. При испытании циркуляционных устройств (вентиляторные и эжекторные устройства) проверяют их производительность и соответствие действительных параметров оборудования проектным данным и технологическим требованиям.

Задача испытания этих устройств состоит в их проверке и наладке для создания надлежащей интенсивности и циркуляции сушильного агента.

При пуске сушилки прежде всего тщательно измеряют скорость движения воздуха в штабеле (или непосредственно до и после штабеля) в различных точках по его длине и высоте. Если скорость мала или неравномерна, необходимо выявить причины этого. Возможны две основные причины неудовлетворительной работы вентиляторов:

1) фактическое сопротивление системы оказалось больше проектного, вследствие чего вентиляторы не обеспечивают нужной производительности;

2) монтаж вентиляторов выполнен неправильно, вследствие чего их параметры отличаются от нормальных, соответствующих характеристике.

Чтобы установить, какая из этих причин обуславливает пониженную производительность вентиляторов, нужно проверить напор, развиваемый вентиляторами, и сравнить его с номинальным напором по характеристике. Если напор не отличается существенно от номинального, значит, монтаж вентилятора выполнен правильно и интенсивность циркуляции может быть повышена либо увеличением частоты вращения вентиляторного вала, либо

снижением сопротивления системы, для чего необходимо изменение размеров или конфигурации воздуховодов.

Если же действительный напор вентиляторов меньше номинального, в первую очередь следует найти и устранить дефекты их монтажа.

Эжекторные установки работают удовлетворительно только при вполне определенном соотношении между суммарной площадью сечения насадок и площадью сечения эжекционно-смесительного канала, образованного надштабельным экраном и перекрытием (или ложным потолком) камеры.

При испытании эжекционных устройств проверяется скорость движения воздуха в различных точках штабеля и равномерность выхлопа воздуха из насадок. Скорость выхлопа не должна быть меньше 30 м/с. Не исключена возможность того, что даже при нормальной скорости выхлопа эжектирующего воздуха циркуляция воздуха в штабеле будет недостаточно интенсивной. Это значит, что эжекционная система в целом спроектирована неудовлетворительно и, вероятно, имеет место неправильное соотношение размеров или нерациональная конфигурация эжекционного пространства. В этом случае следует выполнить проверочный расчет установки и внести в ее конструкцию необходимые изменения.

Технологические испытания

Основной метод технологических испытаний - проведение в проверяемой установке опытных процессов обработки материала. Перед началом опытной обработки детально выясняется характеристика материала и его начальное состояние. Режим обработки назначается в соответствии с проектными предположениями, нормативами или РТМ. При проведении обработки подробно и тщательно фиксируются все операции по обслуживанию и регулированию установки, а также состояние среды и материала. По окончании опытного процесса детально обследуется качество готового материала.

При правильном проведении и подробной фиксации результатов наблюдений несколько опытных процессов обработки материала различных пород и размеров дают возможность получить надежную технологическую характеристику установки и принять в случае необходимости меры для ее наладки и усовершенствования. Если целью испытаний является сравнение показателей установок одного назначения, но различных конструкций, опытные обработки проводятся на материале строго определенной характеристики.

Важная составная часть технологических испытаний - определение непосредственным измерением расхода электроэнергии, пара и топлива. Наиболее просто определяется расход электроэнергии. Для этого используются обычные электросчетчики. Несколько более сложно и громоздко определение расхода топлива. Его выполняют загрузкой топлива в топку с весов или из мерных ящиков, число которых учитывается контролером.

Расход пара измеряется двумя способами - по массе конденсата и дроссельными расходомерами. Первый способ основан на том, что пар в калорифере полностью конденсируется и, следовательно, масса конденсата, выпущенного из него, равна массе израсходованного пара.

Технико-экономические показатели

Технико-экономические показатели установок или цехов гидротермической обработки древесины определяются при проведении пусковых, периодических и сравнительных испытаний. Предварительные их значения выявляются в процессе проектирования. К основным показателям относятся:

- 1) размеры и вместимость установки;
- 2) производительность, выражаемая обычно в кубических метрах древесины (при сушке пилопродукции в кубических метрах условного материала);
- 3) капитальные затраты (отдельно на строительные сооружения и оборудование) - всего на установки и на 1 м³ ее годовой производительности;
- 4) параметры нагревательных устройств (тип, тепловая мощность, поверхность нагрева);
- 5) параметры циркуляционных устройств (тип и число вентиляторов, их напор, производительность, мощность);
- 6) удельный расход топлива или пара (на 1 м³ обработанного материала или на 1 кг испаряемой воды);
- 7) удельный расход электроэнергии;
- 8) себестоимость сушки.

40 Охрана труда и техника безопасности

К работе по обслуживанию лесосушильных камер и установок допускаются лица, знакомые с их устройством и правилами эксплуатации, прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности.

В лесосушильных цехах обслуживающий персонал подвергается вредному переменному воздействию горячей и холодной среды, например при заходе в работающие камеры, при ремонте оборудования в неохлажденных камерах и т.д.

Несоблюдение мер безопасности может привести к простудным заболеваниям.

Дежурные сушильщики должны периодически проходить медицинское обследование.

В помещениях, где расположено сушильное оборудование, в коридорах управления, лаборатории должна быть устроена надежно действующая приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая поддержание температуры в этих помещениях не выше 25°C.

Устройство одной только вытяжной вентиляции не достигает цели, так как будет способствовать еще большему поступлению в помещения горячего влажного воздуха из камер или других сушильных устройств.

Воздуховоды, пароводы, кожухи вентиляторов вне пределов сушильной камеры должны иметь тепловую изоляцию с тем, чтобы температура их стенок снаружи не превышала 60°C.

Ремонт внутрикамерного оборудования допускается после отключения камер от паровой магистрали и электрической сети, при условии, что температура в камере не превышает 40°C.

Двери камер должны легко открываться, иметь надежные и удобные для обслуживания запорные устройства.

Камеры должны быть оснащены дистанционными приборами для контроля режима сушки, а при возможности автоматическими регуляторами. При отсутствии дистанционного контроля в каждой камере должен быть установлен простейший настенный психрометр, позволяющий вести наблюдение за режимом без захода в камеру. Прибор этот устанавливается в удобном для наблюдения месте.

При обслуживании сушильных устройств особенную опасность представляет поражение электрическим током. Поэтому необходимо соблюдать особые меры защиты от поражения электротоком. Провода к электродвигателям должны располагаться в местах недоступных для случайного прикосновения. Места разъемных контактов должны быть надежно защищены. Ремонт электроустановок может производиться только с применением электроизолирующих приспособлений.

Сушильные камеры должны загружаться штабелями на тележках (треках). Укладка штабелей вручную внутри сушильных камер и ручная их разгрузка в камерах запрещаются. Штабеля на треновые тележки вручную могут укладываться на высоту не более 1,5 м от уровня рельсов. Работы по укладке высоких штабелей механизуются с помощью лифтов и других механизмов. Правильность укладки по ширине и высоте следует проверять габаритными шаблонами. Травесная тележка во время передвижения по ней штабеля должна быть надежно закреплена. На тележке также должно быть устройство, фиксирующее положение треновых тележек на ее рельсовом пути. Штабель необходимо формировать таким образом, чтобы он не мог рассыпаться во время укладки, перекачки или разборки. Установленные габаритные размеры должны быть выдержаны.

Все механизмы, треновые тележки, рельсовые пути, ограждения и предохранительные приспособления должны быть исправны. Направляющие блоки к тросам должны иметь надежное крепление и ограждение. Запрещается работать на неисправном оборудовании, при неисправных ограждениях, касаться движущихся тросов, стоять около штабелей во время их движения, применять при закатке штабелей в камеры толкатели в виде брусьев и досок, тормозить треновые тележки со штабелями, прокладками, подлезать под поднимаемый штабель при спуске треновых тележек с рельсовых путей, укладывать пакеты с пиломатериалами без промежуточных прокладок.

Рельсовые пути в камерах, на складах и на территории должны быть проложены заподлицо с полом или мостовой. Зазоры в стыках рельсов не должны быть больше 10мм.

Решетки в камерах или в полу вспомогательных помещений устраивают заподлицо с полом и на одном уровне с головкой рельсов. Ширина зазора в решетке не должна превышать 30мм.

В концах рельсовых путей устраивают упоры, предотвращающие сход штабелей с рельсов. Погрузочно-разгрузочные площадки, проходы, проезды не должны загромождаться. Они должны быть нормально освещены. Необходимо следить за состоянием окон и осветительных ламп, своевременно протирать их, сгоревшие лампочки заменять новыми.

Глава 11 Специальные способы сушки

41 Диэлектрическая сушка

Древесина, которая размещена между пластинами конденсатора высокочастотного колебательного контура, интенсивно нагревается благодаря диэлектрическим потерям. Выделение тепла здесь связано с колебательным движением молекул воды, которая находится в электромагнитном высокочастотном поле. Тепло генерируется по всему объему материала (где больше влаги, там больше и генерируется тепла), а не встает извне, как при других способах сушки. Электрическая энергия, которую потребляет древесина, превращается в тепловую в связи с диэлектрическими потерями, она сначала расходуется на нагрев материала и тепловые потери с поверхности материала в окружающую среду, а затем (после нагрева) - на испарение влаги и тепловые потери.

В процессе сушки затраты энергии на испарение влаги и тепловые потери происходят в поверхностных зонах материала. Поэтому температура внешних слоев ниже, чем внутренних. И таким же образом распределение влажности материала: на поверхности меньше влажность (в результате испарения), а в середине - выше, поэтому в древесине возникают положительные градиенты температуры и влажности. Одинаковое направление влагопереноса (изнутри наружу) под действием этих градиентов значительно ускоряет процесс сушки. Если температуру древесины внутри поддерживать выше температуры кипения воды, к двум градиентам добавляется еще и градиент давления, и благодаря дополнительному молярному влагопереносу интенсивность сушки возрастает еще больше.

Однако указанного эффекта в производственных условиях достичь невозможно из-за возникновения значительных внутренних напряжений, которые приводят к браку при сушке. Поэтому диэлектрическая сушка производится не на открытом воздухе, а размещают материал в конвективных сушилках, где происходит циркуляция воздуха повышенного влагосодержания.

Сушка проводится штабелями в сушильной камере, снабженной паровыми калориферами, увлажнительными трубами, системой циркуляции и рабочим конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин, подвешенных к потолку или верхнему экрану камеры и при сушке плотно примыкающих к

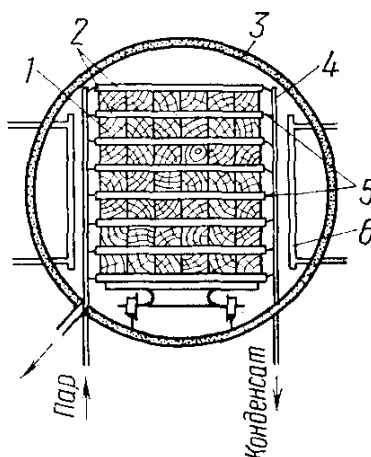
боковым поверхностям штабеля. Высокочастотный генератор с выпрямителем и катушкой самоиндукции изготавливают в одном блоке и монтируют в специальном шкафу, располагаемом обычно в коридоре управления.

Если проводить диэлектрическую сушку при таких условиях, то можно достичь высокого качества сушки, но при значительно меньшей эффективности данного процесса. Интенсивность процесса только в 3 - 5 раз больше, чем при камерном сушке нормальными режимами. Большие потери электроэнергии приводят к тому, что камерно-диэлектрическое сушки в 2 - 3 раза дороже, чем камерно-конвективное.

42 Вакуумная сушка

При вакуумной сушки пиломатериалы размещают в герметичных камерах, где создается пониженное давление (до 10 кПа), при котором температура кипения воды снижается до 45 ° С. Это позволяет вести высокоинтенсивный процесс сушки при низких температурах и полном сохранении природных свойств древесины. Однако при вакуумной сушке возникает проблема подвода тепла к высушиваемому материалу. Выделяют три способа передачи тепла к древесине при сушке в вакууме:

1. *Вакуумная сушка с непрерывным кондуктивным подводом тепла к пиломатериалам от нагретых поверхности (рисунок 47).*



- 1 – штабель,
- 2 – плиты,
- 3 – автоклав,
- 4 – коллектор,
- 5 – гибкие трубки,
- 6- теплообменник;

Рисунок 47 – Схема вакуумной сушилки с непрерывным кондуктивным нагревом

Штабель формируется не на прокладках, а на плитах, которые после загрузки штабеля в автоклав подключают к магистрали теплоснабжения

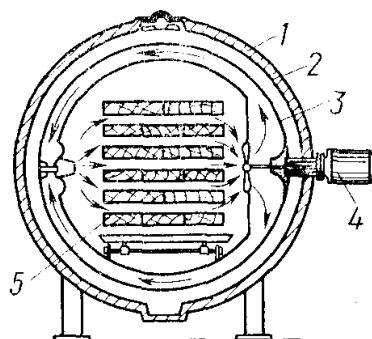
через коллектор и гибкие трубки. В качестве теплоносителя используется вода. Вакуум, создаваемый вакуум-насосом поддерживают постоянным на всем протяжении процесса. Парообразная влага, удаляющаяся из древесины, конденсируется на поверхности теплообменников, через которые пропускается холодная вода. Образовавшийся конденсат периодически удаляют из автоклава через шлюзовый затвор.

При данном способе сушка сокращается приблизительно в 3 раза по сравнению с сушкой в обычных камерах нормальными режимами.

Большая трудоемкость загрузочно-разгрузочных работ, не поддающихся механизации, высокая неравномерность конечной влажности по толщине древесины, большие внутренние напряжения, малая вместимость автоклава ограничивает применение данного метода.

2. Некоторых выше указанных недостатков лишена *вакуумная сушка с прерывистым нагреванием древесины в паровоздушной среде* (рисунок 48).

Пиломатериал сушится в автоклаве, оснащенном вентилятором. Роль калорифера выполняет теплообменник, образованный наружной и внутренней стенками автоклава, между которыми циркулирует горячая вода.



- 1 – автоклав,
- 2 – наружная стенка автоклава,
- 3 – внутренняя стенка автоклава,
- 4 – вентилятор,
- 5 – штабель;

Рисунок 48 - Схема вакуумной сушилки с прерывистым нагревом материала

После загрузки штабеля, сформированного на обычных прокладках без шпаций, включают вентиляторы и проводят прогрев материала нагретым воздухом. После прогрева вентиляторы выключают и включают вакуум-насос, создавая в автоклаве вакуум. Древесина нагревается до температуры, превышающей температуру кипения воды, в полостях её клеток происходит выкипание свободной воды. Образовавшийся пар удаляется из древесины под действием избыточного давления. После прекращения процесса парообразования в автоклаве опять создают избыточное давление и древесину

вновь нагревают. Циклы прогрев - вакуум проводят в количестве, обеспечивающем снижение влажности до требуемого уровня.

Продолжительности такого процесса в 4-5 раз меньше по сравнению с обычными конвективными сушилками при высоком качестве высушенного материала.

3. При *вакуумно-диэлектрической сушке* внутри герметичного автоклава или камеры монтируют электроды рабочего конденсатора высокочастотного колебательного контура, между которыми размещают штабель пиломатериалов. Расход теплоты на нагревание древесины и испарение из нее воды компенсируется, как и при чисто диэлектрической сушке, энергией высокочастотного электромагнитного поля. Образовавшийся при высыхании древесины пар конденсируется внутри автоклава на поверхности охлаждаемого теплообменника и выводится из сушильного пространства в жидкой фазе.

Особенность вакуумно-диэлектрической сушки состоит в том, что древесина находится в среде почти чистого пара малого давления, но высокой степени насыщенности. Благодаря этому процесс, как и при камерно-диэлектрической сушке, протекает при малом перепаде влажности по толщине сортиментов и незначительных внутренних напряжениях. Но в отличие от камерно-диэлектрической сушки древесина здесь не подвергается воздействию повышенной температуры, вследствие чего не снижается ее прочность и сохраняется натуральный цвет.

Процесс сушки контролируют по температуре поверхности древесины, измеримой термopарами. Ее поддерживают на уровне 45-50 °С и регулируют изменением напряженности электромагнитного поля в штабеле.

Продолжительность процесса сокращается по сравнению с конвективной камерной сушкой нормальными режимами в 10-12 раз и при этом обеспечивается целостность даже очень толстых сортиментов, которые обычным способом высушить без трещин невозможно.

К недостаткам вакуумно-диэлектрической сушки относятся большой расход электроэнергии (примерно 250 кВт·ч/м³ усл.), повышенная себестоимость сушки, сложность сооружения и эксплуатации установок. Однако при сушке пиломатериалов ответственного назначения и трудносохнущих сортиментов эти недостатки компенсируются повышением качества сушки и полезного выхода древесины. В этих случаях применение вакуумно-диэлектрической сушки может дать заметный экономический эффект.

43 Ротационное обезвоживание древесины

Как известно, сушка древесины требует значительных затрат тепловой энергии. Поэтому для экономии тепловой энергии целесообразно применять ротационное обезвоживание древесины в поле центробежных сил. Механическим способом можно удалить только свободную влагу, которая связана с древесиной механическими силами. Однако для ее удаления нужно

создавать очень большое внутреннее давление, ведь субмикроскопическая структура древесины создает значительное сопротивление движению жидкости. При ротационном обезвоживании внутреннее давление создается в результате центробежного ускорения.

При обезвоживании круглые или пиленые лесоматериалы наиболее рационально размещать в центрифуге таким образом, чтобы центр вращения проходил посередине их длины, а вектор центробежной силы совпадал с осью древесного сортимента. Обезвоживание при этом происходит вдоль волокон.

В ходе ротационного обезвоживания наибольшая скорость удаления влаги наблюдается в начале процесса, затем она уменьшается, стремясь к нулю, а влажность древесины приближается к определенной величине, названной установившейся конечной влажностью. Эта влажность определяется породой древесины и параметром обезвоживания.

Ротационное обезвоживание позволяет уменьшить влажность древесины до 40%. Применение его в лесопильно-деревообрабатывающей промышленности возможно в качестве первого этапа комбинированного процесса обезвоживание - сушка. Такой комбинированный процесс эффективен на предприятиях, осуществляющих сушку товарных пиломатериалов до транспортной влажности. Он обеспечивает 1,5-2-кратное сокращение энергетических затрат на сушку и снижение ее себестоимости на 25-30 %. При сушке пиломатериалов до эксплуатационной влажности ротационное обезвоживание заметного экономического эффекта не дает.

Для промышленного использования ротационного обезвоживания необходимо создание специальной установки для центрифугирования пиломатериалов или бревен в пакетах, снабженной устройством для автоматической балансировки груза, которое исключало бы поштучную укладку и закрепление сортиментов. В настоящее время ведутся работы в этом направлении.

44 Сушка в жидкостях

В процессе сушки пиломатериалов как сушильный агент могут использоваться жидкости. Это могут быть *гидрофобные жидкости, которые не смешиваются с водой (расплавы парафина, серы, металлов) и гидрофильные жидкости - концентрированные водные растворы гигроскопических веществ (соль, сахар и т.п.).*

Сушка в гидрофобных жидкостях - это высокотемпературный процесс, который имеет некоторые отличия от высокотемпературного процесса в водяном паре - отсутствует влагообмен между материалом и средой. Сушка может происходить только при температуре жидкости, которая выше, чем температура кипения воды при данном давлении. Внутри древесины вследствие кипения свободной воды создается избыточное давление, под действием которого пар выходит в атмосферу, преодолевая сопротивление древесины и слоя жидкости над материалом. Поэтому основным видом вологоперенесения

является молярное перенос пара под действием градиента избыточного давления. Такие сушки рекомендуют применять в строительной индустрии и в процессах подсушивания перед пропиткой.

Древесина, выдерживаемая длительное время в жидкости при постоянной температуре ($t_c > t_K$), стремится к определенной равновесной влажности, зависящей от давления и температуры жидкости. Когда древесина достигает равновесного состояния, её температура равна температуре среды, а в полостях ее клеток содержится чистый перегретый пар. Это дает основание считать, что равновесная влажность древесины в гидрофобной жидкости равна ее равновесной влажности в чистом перегретом паре, имеющем такие же, как жидкость, давление и температуру.

Если древесина имеет начальную влажность выше предела насыщения клеточных стенок, механизм ее сушки сходен с механизмом высокотемпературного процесса сушки в паровоздушной среде. После погружения древесного сортамента в жидкость, имеющую температуру t_c , на его поверхности, температура практически сразу же доходит до точки кипения t_K , а затем быстро становится равной температуре среды t_c . Температура же центральной зоны поддерживается постоянной, на уровне точки кипения t_K , до тех пор, пока из этой зоны не будет удалена вся свободная вода, затем она начинает повышаться и в конце процесса приближается к температуре среды, а влажность центральной зоны - к равновесной влажности. В заключительном периоде роль молярного влагопереноса незначительна, а основной движущей силой процесса является теплопроводность.

В качестве гидрофобной жидкости часто используют петролатум (воскообразное вещество, являющееся отходом при перегонке нефти), по названию этого вещества способ получил наименование петролатумная сушка.

Петролатумную сушку пиломатериалов проводят в ваннах, заполненных нагретым до 120-130 °С петролатумом. Достоинство такой сушки - малая продолжительность процесса, не превышающая 6-8 ч для тонких и 30-40 ч для толстых пиломатериалов. Недостатки этого способа: загрязнение поверхности древесины, что затрудняет ее обработку на станках; низкое качество сушки, связанное со значительным перепадом влажности по толщине и большими внутренними напряжениями (влаготеплообработку проводить в петролатумных ваннах нельзя); невозможность высококачественного склеивания и отделки древесины из-за остатков петролатума на поверхности; сравнительно большой расход петролатума вследствие пропитки им поверхностных слоев древесины (25-40 кг/м³ древесины). Эти недостатки исключают использование петролатумной сушки на деревообрабатывающих предприятиях. Однако она вполне допустима в инженерном и энергетическом строительстве, где отмеченные недостатки не имеют значения.

Сушка в гидрофильных жидкостях не нашла широкого применения в промышленности. Как гидрофильные жидкости (агент сушки) применяют горячие насыщенные растворы хлорида натрия и магния, нитрат натрия. Температура растворов может быть больше на несколько градусов или ниже температуры кипения воды. В первом случае влагоперенос в древесине

происходит под действием избыточного давления и разности парциальных давлений водяного пара в полостях сосудов и над поверхностью раствора, а во втором - только под действием разности парциальных давлений. Сушка в насыщенном растворе хлорида магния является рациональным как средство снижения влажности перед ее пропиткой водорастворимыми защитными препаратами.

45 Индукционная сушка

При индукционной сушке пиломатериалов штабель с уложенными между рядами досок ферромагнитными элементами в виде сеток из мягкой полосовой стали помещают в электромагнитное поле промышленной частоты (50 Гц), образованное во внешнем по отношению к штабелю соленоиде.

Соленоид монтируется внутри сушильной камеры (снабженной системой циркуляции) из проводников больших сечений. Ферромагнитные элементы, нагревающиеся индуктивными токами, передают тепло древесине путем непосредственного контакта (кондуктивным способом) и путем конвекции от циркулирующего воздуха. Соленоид состоит из нескольких секций, которые подключают к сети трехфазного тока последовательно, параллельно, на «звезду» или «треугольник». Температура сеток регулируется изменением напряженности электромагнитного поля, что достигается различными вариантами включения соленоида.

При этом способе температура древесины в процессе сушки выше, чем температура окружающей штабель среды, в результате чего в штабеле создается положительный температурный перепад, интенсифицирующий процесс удаления воды из материала. Продолжительность индукционной сушки приблизительно в 1,5-2 раза меньше по сравнению с камерной сушкой пиломатериалов нормальными режимами.

Способ характеризуется примерно таким же расходом электроэнергии, как и диэлектрическая сушка. Себестоимость индукционной сушки приблизительно вдвое выше себестоимости камерной сушки. Кроме того, этот способ не обеспечивает удовлетворительного качества высушенного материала. Имеет место большая неравномерность просыхания материала, местные перегревы, большие внутренние напряжения. Поэтому индукционная сушка не может быть рекомендована для широкого промышленного внедрения. Она допустима в отдельных случаях на мелких предприятиях, испытывающих затруднения с пароснабжением, для сушки пиломатериалов по III категории качества.

Глава 12 Атмосферная сушка

Под атмосферной сушкой древесины, также называемой естественной, понимают предварительную сушку древесины на открытом воздухе под навесом с использованием естественного климата.

46 Особенности атмосферной сушки

Атмосферная сушка пиломатериалов ведется в штабелях, укладываемых на специальных складах.

Состояние атмосферного воздуха нестабильно. На него оказывают влияние климат данной местности, сезон и погода. В течение суток параметры воздуха также подвергаются изменениям.

В результате взаимодействия воздуха с высыхающей древесиной в пределах склада создается своеобразный микроклимат. На складе воздух имеет более низкую температуру, меньшую скорость движения и повышенную влажность по сравнению с открытым пространством.

Состояние воздуха в штабеле зависит от плотности укладки в нем досок. Чем плотнее уложен штабель, тем ниже температура и выше относительная влажность воздуха. По мере высыхания штабеля температура воздуха повышается, а влажность падает.

В штабеле происходит очень сложное движение воздуха. Преобладает его движение с небольшой скоростью в вертикальном направлении, что обусловлено разностью плотности воздуха в штабеле и вне его. В первой половине дня нагретый воздух, поступая в штабель, охлаждается и движется вниз. Вечером и ночью остывший воздух, попадая в штабель, нагревается и движется вверх.

В штабелях, доступных действию ветра, наблюдается также боковое продувание.

Состояние воздуха в штабеле при атмосферной сушке регулируется слабо. Однако соответствующим размещением штабелей и надлежащей укладкой в них пиломатериалов процесс сушки в определенной степени поддается управлению.

Характерная особенность атмосферной сушки состоит в том, что при малой ее интенсивности возможно поражение материала деревоокрашивающими грибами. С этой точки зрения процесс целесообразно но возможности интенсифицировать, применяя разреженную укладку досок для лучшей продуваемости штабеля. С другой стороны, в условиях нерегулируемой влажности воздуха излишняя интенсификация процесса может привести к растрескиванию пиломатериалов. Поэтому плотность укладки материала в штабеле и размещение их на складе должны соответствовать характеристике материала и климатическим особенностям того района, где расположено предприятие.

47 Транспорт, планировка складов и формирование штабелей

В качестве погрузочно-разгрузочных и транспортных устройств при атмосферной сушке применяют стандартные подъемно-транспортные машины. Выбор их зависит от принятого метода формирования штабелей. Таких методов два: штучное формирование целого штабеля последовательными рядами (рядовой штабель) и формирование штабеля из заранее подготовленных пакетов (пакетный штабель).

При укладке рядовых штабелей механизмируются развозка пиломатериалов по складу и подъем досок. Для первой операции применяются чаще всего автолесовозы, для второй - вертикально-поперечные конвейеры, называемые штабелерами. Раскладка досок по рядам штабеля ручная.

Формирование пакетных штабелей чаще всего осуществляется автопогрузчиками. Недостатки этого способа: необходимость устройства широких проездов на складе (для маневрирования автопогрузчиков) и сравнительно небольшая высота формируемых штабелей.

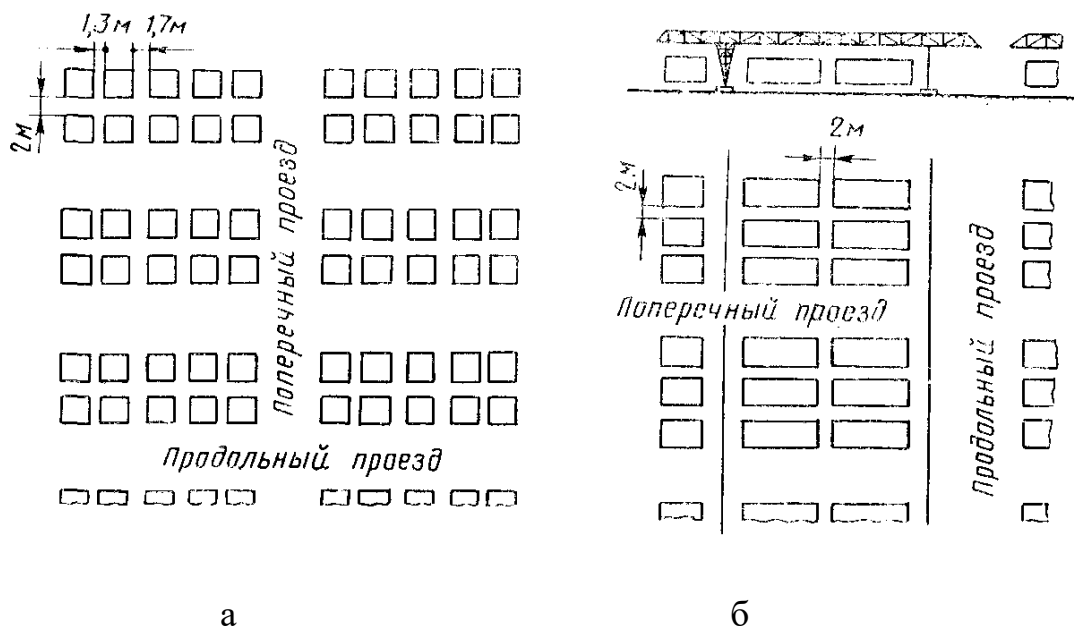
Крупные склады для повышения их вместимости и пропускной способности целесообразно оборудовать башенными или консольно-козловыми кранами. При их использовании и применении для развозки пакетов автолесовозов, обладающих хорошей маневренностью, может быть увеличена высота штабелей и безболезненно уменьшена ширина проездов между ними. Укладка пиломатериалов в пакеты производится такими же способами, как и при камерной сушке.

Под территорию склада атмосферной сушки отводят достаточно проветриваемый участок, очищенный от деревьев и кустарников. Площадь его тщательно выравнивают, обрабатывают химикатами для уничтожения травянистой растительности, покрывают щебенкой и опрыскивают (в первую очередь между штабелями) кузбасслаком.

Штабеля на складе размещают группами или секциями (рисунок 49), площадь которых по правилам пожарной охраны не должна превышать 900 м^2 . Между штабелями оставляют разрывы, а между секциями продольные и поперечные проезды, представляющие собой хорошо оборудованные дороги. Направление продольных проездов должно совпадать с направлением господствующих ветров, а там, где направление ветра выражено слабо, - с севера на юг.

При пакетной укладке автопогрузчиками планировка приблизительно та же, что и при рядовой, с некоторым уменьшением междустабельных разрывов и расширением проездов. Планировка складов атмосферной сушки пиломатериалов лиственных пород отличается некоторыми деталями (более длинные штабеля, более плотное их размещение), направленными на предохранение материала от растрескивания.

Каждый штабель атмосферной сушки состоит из основания, собственно штабеля и крыши.



а – при рядовой укладке,
б – при пакетной укладке козловым краном;

Рисунок 49- Примерные варианты планировки складов

Штабельное основание должно обладать достаточной прочностью и в то же время обеспечивать хороший отвод отработавшего воздуха. Оно состоит из опор, на которые укладываются прогоны (рисунок 50). В большинстве случаев опоры делаются переносными в виде железобетонных столбиков. В районах, где наблюдается выпучивание грунта, предпочтительнее свайные опоры. Высота опор 50—75 см, в зависимости от климатической зоны. При малой толщине снежного покрова допускается снижать высоту опор до 300 мм.

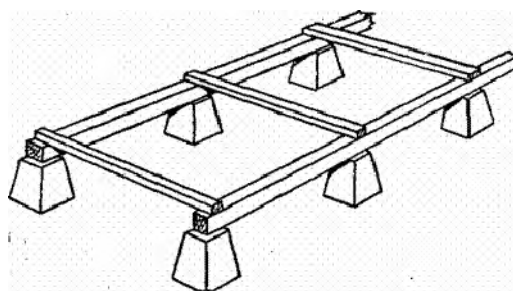


Рисунок 50 – Основание штабеля при атмосферной сушке

Собственно штабель формируется из однородных по породе и размерам досок, укладываемых на прокладки. В рядовых штабелях (рисунок 51) прокладками могут служить как сами высушиваемые доски или заготовки, так и специальные рейки. Толщина их 22-25, а ширина 40-60 мм. Они размещаются строго вертикальными рядами над опорами.

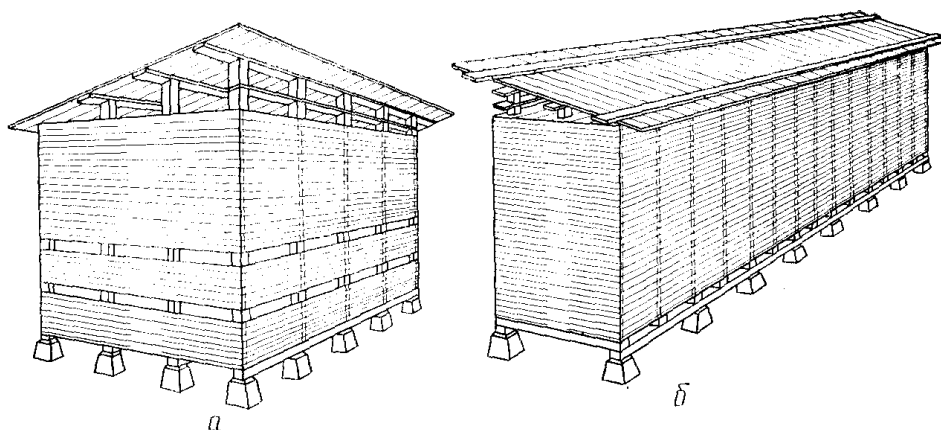
Для пиломатериалов хвойных пород применяют квадратные (в плане) штабеля (рисунок 51,а), длина и ширина которых соответствуют наибольшей

длине укладываемых досок (6,5-7 м), а высота 3,5-4 м. Для более равномерного просыхания материала посередине штабеля оставляют вертикальный канал шириной не менее 400 мм, а на расстоянии 1 и 2 м от основания - два горизонтальных разрыва высотой не менее 150 мм.

Пиломатериалы лиственных пород укладывают (рисунок 51,б) в более длинные (до 13 м), но узкие (1,5-2,5 м) штабеля высотой 2,5-3 м, на прокладках. Тонкие (до 32 мм) заготовки допускается укладывать клеткой в штабеля небольшой (2,5- 3,5 м) длины.

Поскольку формирование рядового штабеля плохо поддается механизации и требует больших трудозатрат, предпочтительнее, особенно на крупных складах, применение пакетных штабелей как для хвойных, так и для лиственных пиломатериалов.

Пакетный штабель (рисунок 52) формируют из одинаковых по размерам пакетов, уложенных на фундамент в несколько (4-5 и более) горизонтальных рядов или ярусов. Пакеты каждого яруса отделяют друг от друга межпакетными прокладками (брусками) сечением 100 х 100 мм. Их располагают строго вертикальными рядами над опорами фундамента. В каждом ярусе между пакетами оставляют разрывы, образующие в штабеле вертикальные каналы шириной не менее 250 мм. Высота пакетных штабелей при укладке их автопогрузчиками 4-5 м, а кранами - до 12 м. Длина штабеля (его размер по длине досок) для хвойных пиломатериалов 6,5-7 м (один пакет), а для лиственных - до 22 м (несколько пакетов). Ширина штабеля зависит от параметров подъемно-транспортных механизмов. Обычно она не превышает 6,5 м. Параметрами механизмов (пакетоформирующих машин) определяются также и размеры пакетов, которые формируются на межрядовых прокладках толщиной 22-25 мм. Во всех случаях пиломатериалы укладываются в рядовые штабеля и пакеты со шпациями.



- а – для пиломатериалов хвойных пород,
б – для пиломатериалов лиственных пород;

Рисунок 51 - Общий вид рядового штабеля

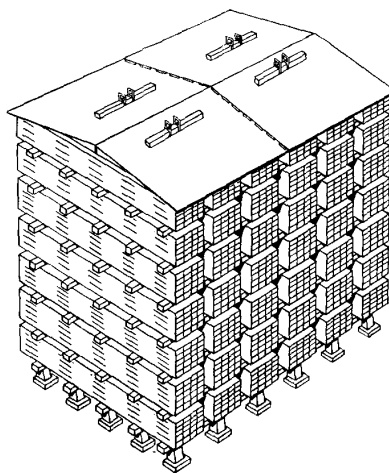


Рисунок 52 - Общий вид пакетного штабеля

При сушке древесины хвойных пород в рядовых штабелях шпаций устанавливают различной для узких (до 150 мм) и широких (свыше 150 мм) пиломатериалов.

Ширина шпаций в пакетах должна быть не менее 50 мм для сосновых, кедровых и лиственничных пиломатериалов и не менее 35 мм для еловых и пихтовых.

При сушке древесины лиственных пород ширина шпаций как в рядовых штабелях, так и в пакетах зависит от так называемой сушильной группы пиломатериалов, их ширины и климатической зоны.

Плотность укладки пиломатериалов в штабеля, характеризуемая главным образом шириной шпаций - основной параметр, регулирующий интенсивность и качество атмосферной сушки. Неправильный выбор этого параметра связан с существенными потерями древесины от поражения грибами при недостаточной и от растрескивания при избыточной ширине шпаций.

Выложенные полностью штабеля атмосферной сушки оборудуют крышами. Над пакетными штабелями крышу монтируют из заранее подготовленных съемных панелей (рисунок 52) на подголовниках, расположенных над опорами фундамента. Над рядовыми штабелями крыша сооружается из здоровых досок толщиной до 25 мм, без выпадающих сучков и сквозных трещин (рисунок 51). Настил делают в два ряда по толщине и по длине с перекрытием стыков досок первого ряда досками второго ряда и с напусками концов досок верхнего ряда на концы досок нижнего ряда. Для крепления крыши на нее укладывают прижимные доски, концы которых притягивают проволокой к штабелю.

48 Проведение и организация атмосферной сушки

Успешное проведение атмосферной сушки в значительной мере определяется правильным выбором места для укладки данного материала на складе. Рекомендуется размещать штабеля тонких досок (до 25 мм) по

отношению к господствующим ветрам с наветренной стороны склада, досок средней толщины - с подветренной стороны, а толстых (более 50 мм) - в середине склада. Правильный порядок размещения штабелей следует сочетать с надлежащим санитарным содержанием территории склада. Траву и кустарники необходимо уничтожать, а площадки под штабелями и вокруг них посыпать хлоркой.

Пиломатериалы, направляемые на склад, следует укладывать в штабеля в кратчайший срок: в теплое время года в течение 1 суток, а зимой в течение 3 суток. Иногда из-за недостатка материала штабель остается выложенным на неполную высоту. В таких штабелях необходимо сплачивать верхний ряд досок для предупреждения попадания внутрь штабеля атмосферных осадков.

За древесиной в штабелях ведут непрерывное наблюдение. На штабелях прикрепляют таблички с указанием назначения пиломатериалов, размеров, сортов и времени окончания укладки.

Ход просыхания материала контролируют по изменению массы образцов, помещаемых в специальных гнездах в нижней четверти штабеля. При сушке древесины ответственного назначения, кроме того, целесообразно вести контроль за внутренними напряжениями такими же методами, как при камерной сушке.

Продолжительность атмосферной сушки зависит от очень многих факторов и трудно поддается расчету.

Активная атмосферная сушка происходит в I-III климатических зонах с апреля по сентябрь, а в IV зоне - с марта по октябрь. В зимнее время сушка практически прекращается.

Атмосферная сушка считается законченной, если влажность пиломатериала достигла 20-22 %. Штабеля с высохшими пиломатериалами разбирают, а древесину отправляют потребителю. При необходимости длительного хранения сухих пиломатериалов их перекладывают в штабеля из плотных пакетов. Пиломатериалы твердых лиственных пород должны храниться в крытых складах.

Склады атмосферной сушки относятся к объектам повышенной пожарной опасности. Они должны быть оборудованы всеми необходимыми противопожарными средствами (гидрантами, огнетушителями, пожарной сигнализацией и др.). К специальным мерам борьбы с пожарами на складах относятся: устройство при большой площади склада противопожарных разрывов между его частями; своевременная очистка территории склада от древесных отходов, мусора и бракованных пиломатериалов; поддержание в надлежащем состоянии проездов и дорог; недопустимо загромождение их неработающими механизмами и неуложенными пиломатериалами; категорическое запрещение курить и пользоваться открытым огнем на всей территории склада.

Глава 13 Сушка шпона и измельченной древесины

49 Сушка шпона

Шпоном называют тонкие листы древесины, полученные лущением или строганием. Лущеный шпон служит полуфабрикатом для изготовления фанеры и древеснослоистых материалов. Строганный шпон используют как облицовочный материал.

Влажность сырого шпона перед его сушкой колеблется от 35-40 до 130-150 %, в зависимости от породы и способа доставки сырья. Конечная влажность шпона после сушки определяется техническими условиями на фанерную продукцию и составляет 8-10 %.

По сравнению с сушкой пиломатериалов сушка шпона имеет некоторые специфические особенности, которые сказываются на конструкциях сушильных устройств:

1) Листы шпона необходимо высушивать, сохраняя посредством фиксации их плоскую форму и одновременно обеспечивая возможность их свободной усушки. Отсутствие фиксации приводит к короблению шпона, а слишком жесткая фиксация, препятствующая свободной усушке - к разрыву листов;

2) Вследствие малой толщины шпона продолжительность его сушки по сравнению с продолжительностью сушки пиломатериалов резко сокращается и измеряется минутами;

3) Сушка шпона может производиться без ущерба для его качества при большом перепаде влажности по толщине с использованием очень жестких режимов.

Применяемые в настоящее время в фанерной промышленности сушилки по способу подвода теплоты к материалу делятся на два класса - конвективно-кондуктивные и конвективные.

К конвективно-кондуктивным сушильным устройствам относятся роликовые сушилки, в которых шпон перемещается в потоке нагретого воздуха (или смеси воздуха с топочными газами) парными вращающимися роликами. Так как температура роликов, равная температуре нагретой воздушной среды, выше температуры шпона, теплота передается ему не только конвекцией от воздушного потока, но и в результате соприкосновения роликов с материалом. Сушилки этого типа имеют преимущественное применение.

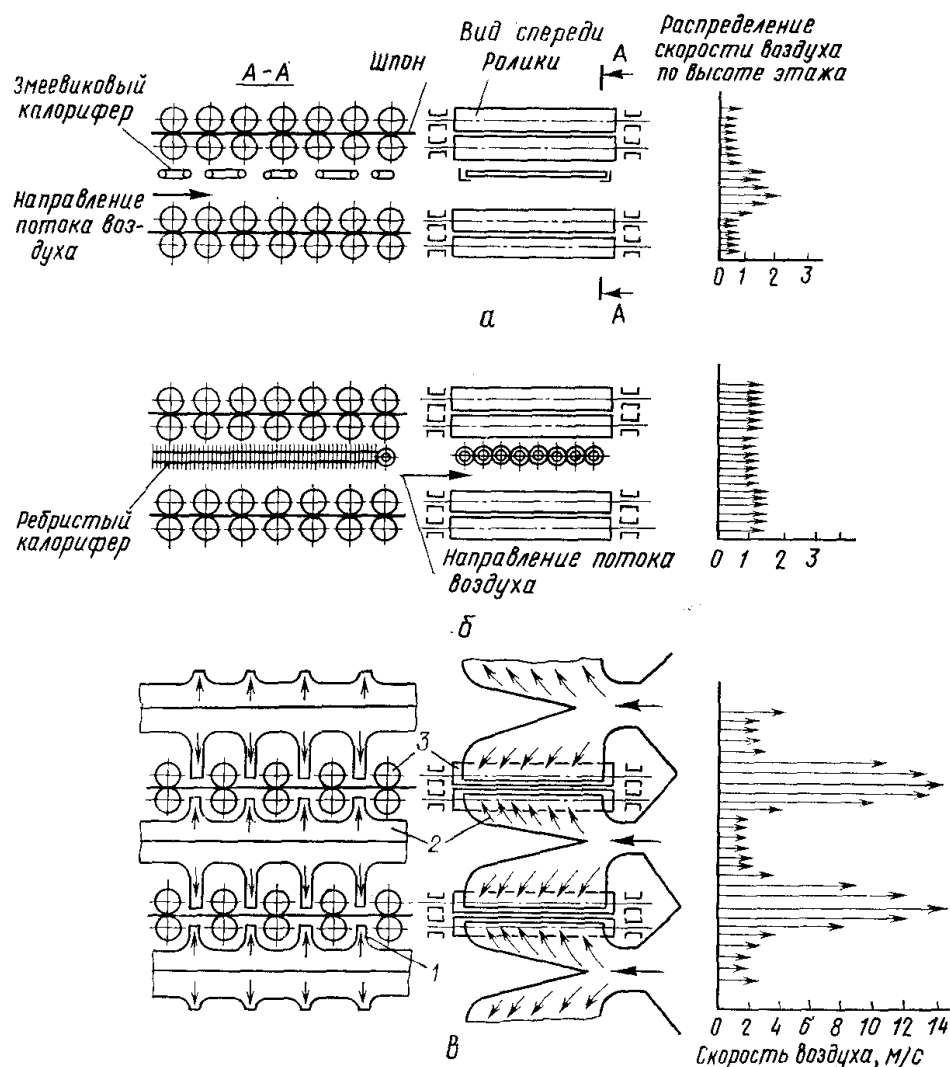
В конвективных сушилках теплота передается шпону только конвекцией от циркулирующего сушильного агента. Высушиваемый материал перемещается через сушильное пространство ленточным конвейером, состоящим из двух бесконечных проволочных сеток, между которыми размещается шпон.

Типы роликовых сушилок

Роликовые сушилки представляют собой устройства непрерывного действия с принудительной многократной циркуляцией сушильного агента. Это

- лучшие агрегаты для сушки шпона вследствие удачного сочетания достаточно интенсивного процесса с хорошим качеством сушки.

Сушилки делают многоэтажными, т. е. с несколькими (2—8) роликовыми конвейерами (этажами), по которым параллельно движется разрезанный на листы шпон, зажатый вращающимися парными роликами. При таком движении фиксируется плоская форма шпона и предупреждается его коробление. Расстояние между осями роликов по горизонтали 125-300 мм. Сушилки с малым расстоянием между роликами предназначены для тонкого, а с большим расстоянием - для толстого шпона.



- а – с продольной циркуляцией,
 б – с поперечной циркуляцией,
 в – с сопловым дутьем,
 1 – сопла,
 2 – коробка,
 3 – ролики;

Рисунок 53 – Схема циркуляции сушильного агента в роликовых сушилках

По роду сушильного агента различают воздушные и газовые роликовые сушилки. Тип сушилки, кроме того, определяется характером его циркуляции относительно шпона. Имеются роликовые сушилки с продольной и поперечной циркуляцией и с сопловым дутьем (рисунок 53).

В сушилке *с продольной циркуляцией* (рисунок 53, а) воздушный или газовый поток направлен параллельно плоскости шпона, перпендикулярно роликам. При этом распределение скорости потока по высоте этажа неравномерно. Ролики препятствуют омыванию шпона сушильным агентом, и его скорость, большая в промежутке между рядами роликов, оказывается очень низкой непосредственно на поверхности шпона.

В сушилке *с поперечной циркуляцией* (рисунок 53, б) поток воздуха направлен параллельно плоскости шпона, вдоль роликов. Здесь скорость циркуляции распределена по высоте этажа равномерно, что создает лучшее омывание поверхности шпона. Интенсивность сушки при поперечной циркуляции на 15-30 % выше, чем при продольной.

В сушилке *с сопловым дутьем* (рисунок 53, в) сушильный агент подается на шпон с двух сторон (перпендикулярно его поверхности) из коробов 2 через узкие сопла 1, расположенные между роликами 3. Здесь создается очень большая скорость омывания шпона. Интенсивность процесса в таких сушилках приблизительно в 2 раза выше, чем в сушилках с поперечной циркуляцией.

Интенсивность сушки шпона в роликовых сушилках определяется не только скоростью циркуляции, но и в значительной мере температурой сушильного агента. В воздушных сушилках с паровым обогревом температура не превышает 130°С. В то же время без ущерба для качества шпона она может быть повышена в первом периоде процесса до 300 °С, а во втором до 180 °С, что легко реализуется в газовых сушилках. При этом интенсивность сушки повышается в 2-2,5 раза.

50 Сушка измельченной древесины

В настоящее время в больших масштабах развивается производство древесностружечных плит (ДСтП). Их изготавливают из древесных частиц, вырабатываемых из дров, кусковых отходов и отходов шпона, а также из стружки - отходов от фрезерных станков. В дальнейшем для всех этих частиц будем применять краткий термин «стружка».

Технология производства плит требует высушивания стружки для их внутреннего слоя до влажности 2-4%, а более мелкой стружки для наружных слоев - до 4-6 %. Начальная влажность стружки колеблется от 80-120 % (дрова и сырые отходы) до 15-25 % (сухие отходы).

Небольшие размеры и развитая наружная поверхность частиц измельченной древесины облегчают процесс сушки, который может проходить при очень высокой температуре без контроля за внутренними напряжениями.

Для сушки измельченной древесины используют преимущественно газовые и значительно реже воздушные сушилки непрерывного действия. Они могут быть разделены по характеру передачи тепла материалу и способу его перемещения через сушилку на четыре группы:

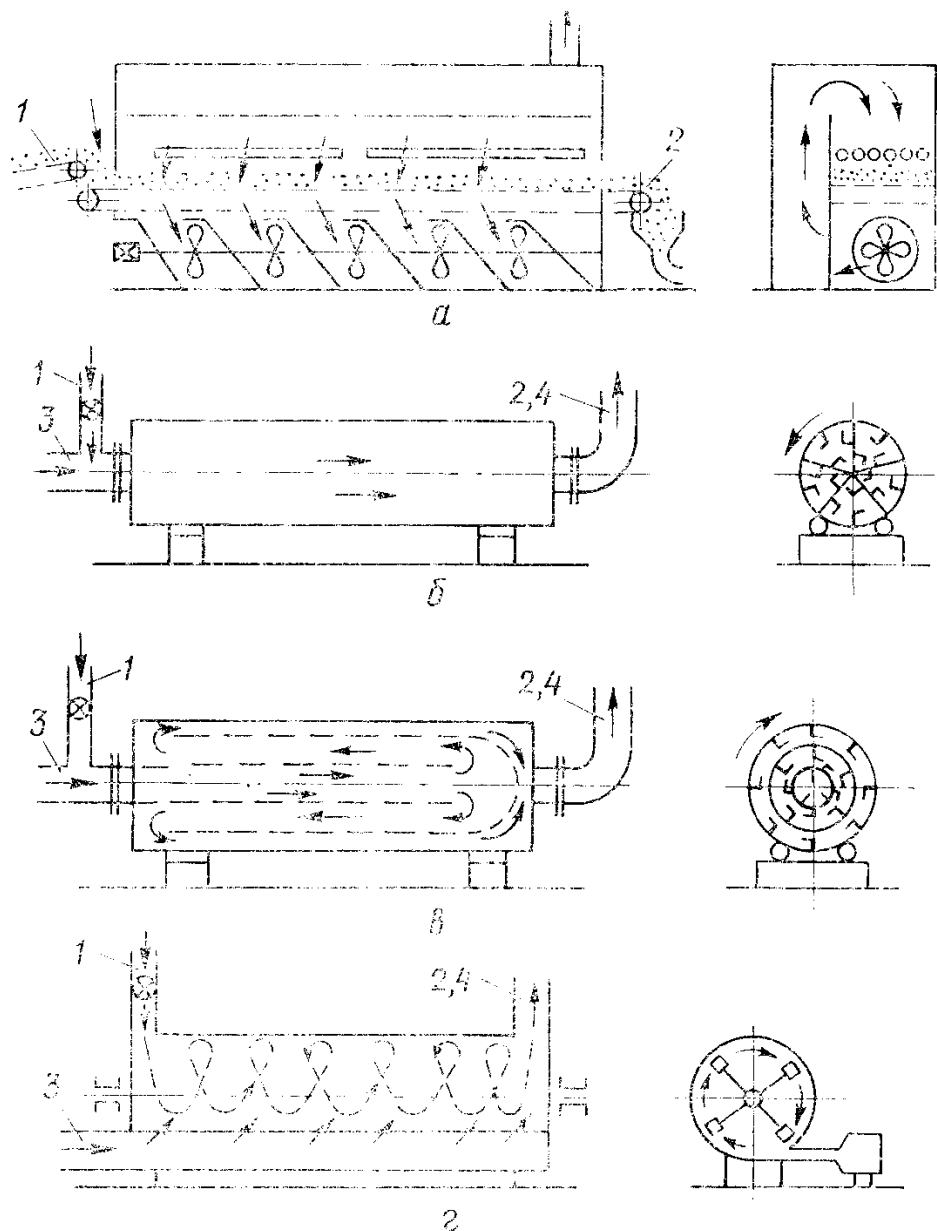
- 1) конвективные сушилки с механическим перемещением материала;
- 2) конвективные сушилки с пневмомеханическим перемещением материала;
- 3) конвективные сушилки с пневматическим перемещением материала;
- 4) кондуктивные (контактные) сушилки.

Из конвективных сушилок с механическим перемещением материала иногда применяют воздушные ленточные сушилки (рисунок 54, а). Высушиваемый материал перемещается через сушилку в насыпном слое ленточным конвейером из металлической сетки. Ограждения сушилки делают каркасно-щитовыми. В нижней ее части устанавливают осевые вентиляторы, создающие поперечно-вертикальную циркуляцию воздуха. Воздух нагнетается в боковой циркуляционный коридор, затем омыкает калориферы, продувает слой материала и возвращается в вентиляторы. Такие сушилки применяют для спичечной соломы и коробок. Сушка в них стружки нерациональна.

Конвективные сушилки с пневмомеханическим перемещением материала работают, как правило, на топочных газах. Конструктивно их оформляют в виде вращающихся или неподвижных барабанов, через которые перемещается высушиваемый материал. Такие сушилки принято называть барабанными. В деревообрабатывающей промышленности используют три разновидности сушильных барабанов: вращающийся одноходовой, вращающийся трехходовой и неподвижный с сопловым дутьем.

Вращающийся одноходовой барабан (рисунок 54, б) имеет внутри перегородки с приваренными к ним лопастями для перемешивания материала. В загрузочный конец барабана подается сырой материал и горячий топочный газ. При движении вдоль барабана газ омывает пересыпаемые лопастями частицы материала и постепенно перемещает их к разгрузочному концу. Скорость газа в барабане меньше скорости витания частиц, поэтому они могут перемещаться только при вращении барабана. Сухой материал удаляется из барабана по выхлопной трубе с потоком отработавшего газа, скорость которого здесь больше скорости витания. Далее смесь газа и материала направляется в циклон, откуда газ направляется в атмосферу, а сухой материал - на последующую переработку.

Вращающийся трехходовой барабан (рисунок 54, в) отличается от одноходового тем, что внутри него газозвдушная смесь и пересыпаемый лопастями материал движутся по трем каналам, образуемым концентрическими трубами: вначале по внутренней трубе, затем в обратном направлении по кольцевому каналу между стенками внутренней и средней труб и, наконец, вновь меняя направление, по кольцевому каналу, между средней трубой и наружным корпусом барабана.



- а – ленточная сушилка,
 б – одноходовой барабан,
 в – многоходовой барабан,
 г – барабан с сопловым дутьем,
 1 – подача сырого материала,
 2 – удаление сухого материала,
 3 – подача горячего газа,
 4 – удаление отработавшего газа;

Рисунок 54 – Схемы конвективных сушилок с механическим и пневмомеханическим перемещением материала

Неподвижный барабан с сопловым дутьем имеет внутри вращающуюся крестовину с лопастями. Горячий газ подается в него по всей длине через щелевое сопло. Материал движется по спиральной траектории, показанной на схеме (рисунок 54, г) пунктиром, и удаляется после сушки, как и из вращающихся барабанов, вместе с потоком отработавшего газа.

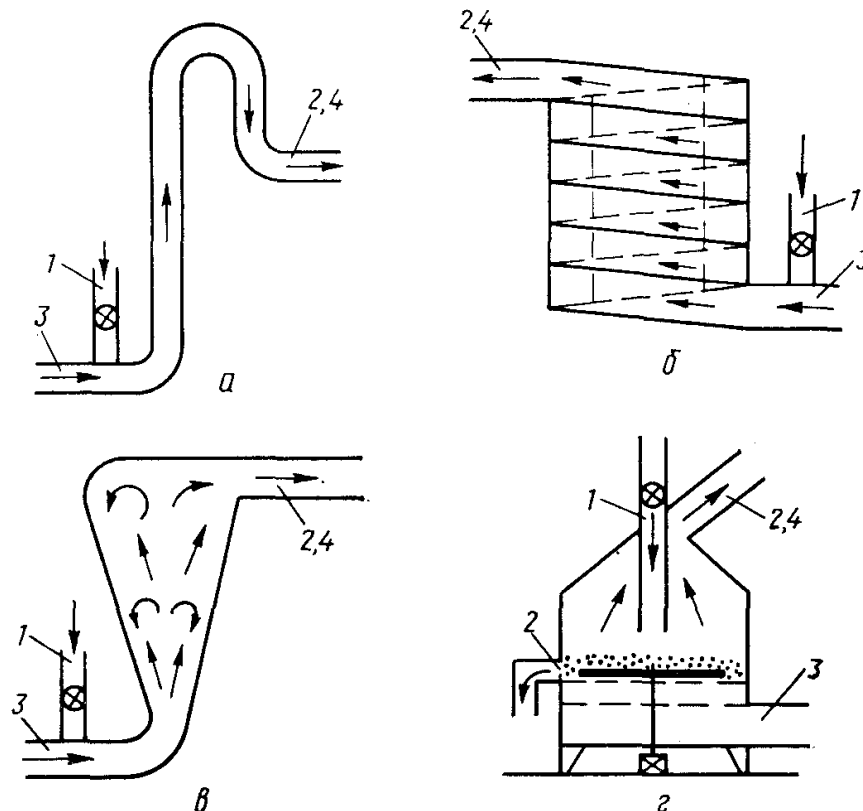
Конвективные сушилки с *пневматическим перемещением материала* работают по принципу сушки измельченного материала во взвешенном состоянии, при котором обеспечивается весьма интенсивный теплообмен материала со средой и большая скорость испарения влаги. Пневматические сушилки, как и барабанные, делают преимущественно газовыми. Известны три их типа: труба-сушилка, аэрофонтанная сушилка и сушилка с поддоном.

Труба-сушилка — наиболее простой пневматический сушильный агрегат (рисунок 55, а). Газовоздушная смесь из топки движется вместе с материалом по трубе со скоростью большей скорости витания и при этом высыхает. Отработавший газ со взвешенным в нем сухим материалом направляется в циклон.

Основной недостаток трубы-сушилки - малое время пребывания в ней высушиваемых частиц. Для увеличения этого времени требуется делать трубу очень длинной, что связано с конструктивными и эксплуатационными затруднениями. Труба-сушилка с вертикальным (рисунок 55,б) или горизонтальным размещением спирали более компактна.

Аэрофонтанная сушилка представляет собой (рисунок 55, в) расширяющуюся кверху воронку. Газовоздушная смесь со взвешенным в нем материалом движется снизу вверх, при этом скорость ее постепенно падает. Известно, что скорость витания частиц зависит от их формы, размеров и влажности. Для частиц одного размера эта скорость с повышением влажности (т. е. возрастанием массы) увеличивается. Угол расширения воронки должен быть таким, чтобы скорость газа внизу её соответствовала скорости витания сырых частиц, а вверху - сухих. При соблюдении этого условия частицы находятся в воронке столько времени, сколько необходимо для их высыхания, и лишь затем подхватываются в циклон. Таким образом, аэрофонтанная сушилка может хорошо работать лишь на однородном по размерам частиц материале.

Пневматическая сушилка с поддоном представляет собой (рисунок 55, г) вертикальный цилиндрический корпус с сетчатым поддоном. На поддоне образуется «кипящий» слой высушиваемого материала, продуваемый снизу горячим газом. Слой непрерывно перемешивается вращающимся ворошителем. Высушенные частицы, как более легкие, подхватываются газовоздушным потоком и уносятся через горловину в циклон. Сырой материал непрерывно подсыпается сверху через центральную питающую трубу. Крупные частицы, скорость витания которых даже в сухом состоянии превышает фактическую скорость газа, перемещаются ворошителем к стенкам корпуса и через боковой люк удаляются для дополнительного измельчения.



- а - труба-сушилка,
 б - спиральная труба-сушилка,
 в - аэрофонтанная сушилка,
 г - сушилка с поддоном,
 1 - подача сырого материала,
 2 - удаление сухого материала,
 3 - подача горячего газа,
 4 - удаление отработавшего газа;

Рисунок 55 - Схемы пневматических сушилок

Из рассмотренных пневматических сушилок в производстве ДСтП эксплуатировались в небольшом количестве сушилки с поддоном. В настоящее время вследствие малой производительности они не применяются. Попытки использовать для сушки стружки аэрофонтанные сушилки не дали положительных результатов вследствие фракционной неоднородности этого материала. Что касается труб-сушилок, то они из-за малой продолжительности сушки не обеспечивают необходимой в производстве плит низкой конечной влажности стружки. Их используют как приставки к сушильным барабанам для первого этапа сушки в комбинированных двухступенчатых сушилках.

Кондуктивные (контактные) сушилки выполняют в виде барабана, внутри которого монтируют ротор из обогреваемых паром калориферных труб. Тепло передается высушиваемому материалу, перемешиваемому ротором, путем контакта с горячей поверхностью труб. Такие кондуктивно-барабанные

сушилки применяли ранее для стружки при малом объеме производства. На современных предприятиях их не используют.

Раздел 2 Консервирование и тепловая обработка древесины

Глава 14 Консервирование древесины

51 Источники поражения древесины. Дереворазрушающие грибы

Древесина, являясь органическим материалом, может подвергаться разрушениям, если изделие и сооружения из неё эксплуатируются в неблагоприятных условиях. *Разрушение древесины вызывают:*

1. *Грибы.* Грибы размножаются спорами, которые ветром и насекомыми разносятся на значительные расстояния. Попав в древесину, споры при благоприятных условиях прорастают, образуя невидимые глазом нити — гифы, которые разрастаются в грибницу. Гифы прорастают через стенки клеток, сильно их повреждают. Грибница может развиваться и на поверхности древесины или в трещинах в виде пушистых налетов, тяжелей, похожих на вату образований различных цветов и оттенков.

2. *Определенные виды насекомых* (жуков, термитов), которые прогрызают в древесине ходы, снижающие прочность изделий и сооружений.

3. *Некоторые виды моллюсков* (морские древоточцы), воздействующие на древесину подобно насекомым.

4. *Пожары.* Один из недостатков древесины как конструкционного материала — легкая воспламеняемость и горючесть. Стойкость к горению древесины у разных пород — неодинакова.

5. *Атмосферные воздействия*, связанные с многократным увлажнением древесины, способные при солнечной активности вызывать деструкцию древесины.

6. *Механические воздействия*, приводящие к истиранию (полы), смятию (шпалы, переводные брусья), расщеплению (причалы, платформы) и т.д.

Для продления службы деревянных изделий необходима защита древесины от влияния выше перечисленных факторов. От механических и атмосферных воздействий древесина может быть защищена надлежащим конструированием изделий и сооружений, покрытием защитным слоем (покраска, штукатурка).

Грибы, поселяющиеся на древесине, могут развиваться и разрушать ее только при соответствующей температуре, влажности древесины и окружающего воздуха, а также при определенной реакции среды.

Установлено, что для роста грибов наилучшими температурными условиями будут: 18 - 20°C, минимальная 3 - 5 °C и максимальная 40-45°C. Отсюда следует, что если гриб окажется в условиях ниже 3°C или выше 45°C, то прекратится его развитие, и он может погибнуть.

Для развития грибов и заражения ими древесины немаловажное значение, помимо температуры, имеет влажность. Установлено, что настоящий домовый гриб, а также другие разрушители древесины лучше развиваются в сырых, плохо проветриваемых зданиях. Общепринятым считается положение, что при влажности древесины в пределах 18 - 20% грибы не поражают древесину. Если же на ней имеются споры грибов или частицы грибницы, то они не развиваются. Как только влажность древесины достигнет 20 (22) - 60%, то находящаяся в ней грибница оживает, начинает развиваться и разрушать древесину.

Таким образом, слишком сухая или слишком влажная древесина не подвергается заражению дереворазрушающими грибами. В первом случае потому, что в древесине содержится мало воды, а во втором - вследствие пониженного содержания кислорода в древесине, который также необходим для развития грибов.

52 Процессы химической защиты. Препараты химической защиты

Для защиты от огня и биологических разрушителей применяют химические методы защиты.

Химическая защита древесины, необходима в тех случаях, когда ее увлажнение в процессе эксплуатации просто неизбежно. Конструкции, которые берутся под эксплуатацию на открытом воздухе, в земле, в толще ограждающих конструкций зданий и в других случаях, к примеру, конструкции мостов, мачт, свай, неизбежно увлажняются атмосферной, грунтовой или конденсационной влагой. *Химическая защита таких конструкций от загнивания заключается в том, что необходимо пропитать или покрыть их ядовитыми для грибов веществами, которые называются антисептиками.*

Наиболее надежная защита древесины от огня обеспечивается пропиткой её огнезащитными составами, называемыми антипиренами.

В зависимости от глубины введения защитных средств в древесину и сроков действия препаратов различают процессы:

1. *Антисептирование* – процесс введения химических препаратов в неглубокие слои древесины с целью кратковременной защиты древесины (в процессе атмосферной сушки, при перевозках древесины).
2. *Консервирование* - процесс введения химических препаратов в глубокие слои древесины с целью длительной защиты древесины.

Развитие грибов в древесине происходит лишь при определенных влажностно-температурных условиях. Поэтому в ряде случаев применяются методы, основанные на поддержании определенных влажностно-температурных условий, исключающих жизнедеятельность грибов. К ним относятся:

1. *Сушка.* Надежный метод длительной защиты древесины, эксплуатируемой в условиях, исключающих её повторное увлажнение.

2. *Затопление, дождевание.* Основаны на принципе повышения влажности. Используют для сезонной защиты древесного сырья (бревен, кряжей).

3. *Замораживание.* Основано на понижении температуры древесины в зимний период.

4. *Пропаривание.* Основано на повышении температуры древесины, обеспечивает её стерилизацию.

Область применения консервирования:

1. Крупномерные лесоматериалы, используемые для изготовления шпал, переводных брусьев, деталей опор линий электропередач.
2. Строительная индустрия – жилищное, промышленное, сельскохозяйственное и другие.
3. Элементы деревянных судов, вагонов, памятников истории и культуры.

Интенсивность разрушения древесины, в том числе и консервированной зависит от условий её службы (активность биоразрушения и особенность увлажнения древесины, скорость вымывания защитного средства и т.д.). По ГОСТ 20022.2-80 условия службы консервированной древесины разделены по интенсивности разрушений и расконсервирования на 18 классов. Класс условий службы возрастает с повышением интенсивности вымывания защитного средства. При одинаковой интенсивности вымывания на класс условий службы влияет годовая продолжительность активного биологического разрушения древесины, определяемая климатическими условиями.

Для защиты древесины от грибов и насекомых применяются различные химические соединения. Эти вещества губительно действуют на вредителей и не допускают их развития.

Химические средства, применяемые для защитной обработки древесины должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) Обладать высокой токсичностью – способностью убивать грибницу дереворазрушающих грибов;
- 2) Обладать постоянством химических свойств при длительном хранении и после введения в древесину;
- 3) Хорошо проникать в древесину и создавать высокую концентрацию яда;
- 4) Не вымываться из строительных материалов и не разрушаться под действием солнечных лучей;
- 5) Не вызывать коррозии металлов;
- 6) Быть безвредными для здоровья человека и животных;
- 7) Не иметь неприятного запаха и допускать последующую обработку;
- 8) Не повышать гигроскопичность древесины и не снижать её прочность; не ухудшать её способность склеиваться, окрашиваться, полироваться;
- 9) Быть доступными и дешёвыми;
- 10) Для защиты от огня – способностью снижать её возгораемость и уменьшать тление.

Средства химической защиты, которые удовлетворяли бы всем перечисленным требованиям отсутствуют. В каждом конкретном случае выбор защитного средства определяется назначением изделия и условиями его

эксплуатации. При выборе антисептика следует по возможности обеспечить максимальное соблюдение основных требований с учетом методов пропитки, наличия оборудования и влажности получаемой древесины. При применении защитных средств следует помнить, что чем больше спектр воздействия на древесину имеет вещество, тем опаснее оно для человека.

Все защитные материалы для дерева классифицируются по: характеру действия; растворимости и вымываемости.

По характеру действия защитные средства классифицируются:

1. *Антисептики* – для защиты от биологических разрушителей (грибы, насекомые). По своему составу подразделяются на три группы:

- *фторсодержащие* – высокотоксичные, хорошо проникают в древесину, не снижая её прочности, способности к склеиванию и окрашиванию, не изменяют цвет древесины, без запаха. Однако легко вымываются из древесины и вызывают коррозию черных металлов.

- *хромсодержащие* – относятся к невымываемым и трудновымываемым препаратам, токсичны; при контакте с древесиной образуют вещества нерастворимые в воде. Данные препараты не рекомендуют нагревать выше 60 °С во избежание преждевременного выпадения нерастворимых осадков.

- *фенолсодержащие* – хорошо растворимы в воде, весьма токсичны; вызывают коррозию цветных металлов.

2. *Антипирены* – для защиты от огня. Огнезащитные пропитки делятся на 2 группы: одна из них обеспечивает трудносгораемость древесины, а вторая - трудновоспламеняемость.

Эти вещества, введенные в основу древесины, при опасном нагреве начинают плавиться или разлагаться, покрывая ее огнезащитными пленками или газовыми оболочками, которые не дают дальше доступ кислорода к древесине, которая при этом может только медленно разлагаться и тлеть, не создавая открытого пламени и не распространяя огня.

В среднем пропитанная антипиренами древесина имеет предел огнестойкости 40 мин, в течение которых могут быть приняты меры для тушения огня.

Завершив наружную и внутреннюю обработку древесины, рано считать, что все окончено. Хозяину дома на протяжении всего срока его эксплуатации надо тщательно следить за наружным покрытием, которое находится под воздействием перепада температур, влаги, УФ-излучения, и через три-четыре года обновлять его.

Пропитка древесины антипиренами производится с одновременной пропиткой антисептиками.

3. *Комбинированные средства защиты (биоогнезащитные препараты)* – препараты комбинированного действия, содержат в качестве компонентов как антисептики, так и антипирены.

По растворимости защитные средства подразделяются на :

1. *Водорастворимые препараты.* К ним относятся вещества и смеси, вводимые в древесину в виде водных растворов или наносимых на поверхность лесоматериалов в виде паст. Вещества не имеют цвета и запаха, безвредные для

людей, например фтористый и кремнефтористый натрий. Они используются для защиты древесины в закрытых помещениях, где возможно пребывание людей и нет опасности вымывания антисептиков водой. Существуют и другие виды водорастворимых антисептиков, некоторые из них ядовиты и для людей. По направленности действия могут быть антисептиками, антипиренами и биоогнезащитными препаратами. Обозначаются «ВР».

2. *Органикорастворимые препараты.* Антисептические препараты хорошо растворимые в легких органических растворителях. В воде практически не растворяются. Обозначаются «Л».

3. *Антисептические масла* – органические масла, обладающие высокой токсичностью по отношению к биоразрушителям (каменноугольное, антраценовое, сланцевое). Масла негигроскопичны, не снижают механической прочности древесины, не вымываются из древесины, не вызывают коррозию металлов, но окрашивают древесину в темно-бурый цвет и затрудняют её окраску, несколько повышают горючесть древесины, обладают резким запахом. Применяют для защиты сооружений, эксплуатируемых на открытом воздухе. Обозначаются «М».

По вымываемости защитных материалов подразделяются на : легко вымываются (ЛВ), вымываемые (В), трудновымываемые (ТВ) и невымываемые (НВ).

53 Облегченные способы пропитки древесины

Способы пропитки древесины выбираются в зависимости от назначения пропитываемого материала, условий его службы и вида защитного состава. По физической природе проникновения пропиточной жидкости различают три основных способа пропитки древесины: капиллярная, диффузионная, пропитка под давлением.

Капиллярная пропитка древесины основана на проникновении в сухую или подсушенную древесину жидкости под действием капиллярных сил. К капиллярным относятся:

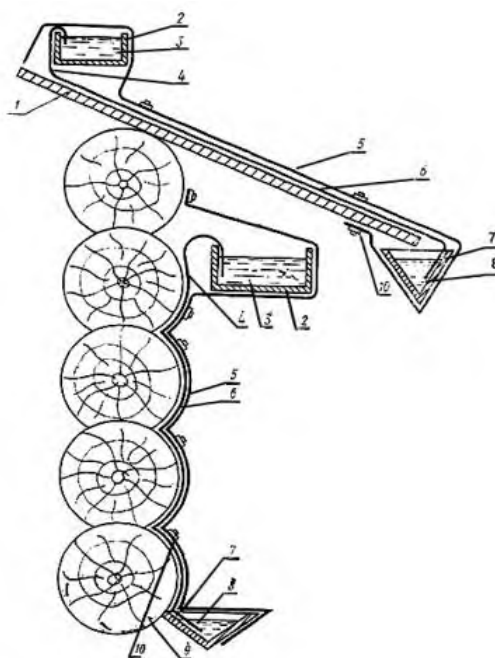
- *Пропитка нанесением на поверхность древесины раствора защитного средства с помощью кисти, валика, опрыскивателя.* Глубина пропитки 1-2 мм для здоровой и 5 мм для старой, разрыхленной древесины.

- *Погружением в пропиточный раствор* (продолжительность погружения устанавливается в секундах или минутах). Проникновение жидкости в древесину происходит под действием капиллярных сил и незначительного гидростатического давления. Глубина зависит от вязкости жидкости, проницаемости древесины и срока выдержки. Она немногим больше, чем при предшествующем способе.

- *Панельная пропитка (рисунок 56).* Способ заключается в наложении гидроизолирующей панели на поверхность древесины и непрерывной передачи под неё антисептика. Панельная пропитка используется для защитной обработки уникальных деревянных построек без их разборки.

К вертикальной или наклонной поверхности обрабатываемого объекта прикрепляют пропиточную панель, состоящую из плотно примыкающего к древесине внутреннего слоя (листов мягкого пористого материала, например фильтровальной бумаги) и наружного водонепроницаемого слоя. Верхний конец внутреннего слоя опускают в раствор пропитывающего вещества, который находится в резервуаре над панелью. Раствор движется сверху вниз по панели и смачивает древесину. Пропитка происходит в основном под действием капиллярных сил. В отдельных случаях (когда древесина сырая) может иметь место и явление диффузии. Иногда для сбора избыточного раствора, стекающего с панели, под ней дополнительно устанавливают резервуар-сборник. Продолжительность панельной пропитки зависит от требуемой ее глубины, состояния древесины (плотная, рыхлая), свойств пропитывающей жидкости и температуры окружающей среды. В среднем она колеблется от 15 до 30 суток.

Капиллярные способы пропитки малоэффективны, так как обеспечивают только поверхностную пропитку.



- 1 - тесовая крыша,
- 2 - верхний резервуар,
- 3 - пропиточная жидкость,
- 4 – питатель,
- 5 - наружный слой панели,
- 6 - внутренний слой панели,
- 7 - нижний резервуар,
- 8 - остаток пропиточной жидкости,
- 9 - бревенчатая стена,
- 10 - крепление панели;

Рисунок 56 – Схема панельной пропитки бревенчатой стены и дощатой кровли

Диффузионная пропитка основана на проникновении в сырую древесину веществ под действием разности их концентрации на поверхности и внутри древесины. К ним относятся:

- *Пропитка нанесением паст.* Применяется для консервирования небольших партий столбов (деталей опор линий электропередачи и связи.) Сырые окоренные сортименты обмазывают со всех сторон пастой, содержащей водорастворимый антисептик; затем их укладывают в плотные пакеты, тщательно укрывают гидроизоляционными чехлами из толя, рубероида или полиэтиленовой пленки и выдерживают (в теплое время года) в течение 2-3 месяцев. Затем пакеты раскрывают, столбы подсушивают на открытой площадке (5-7 суток) и отправляют потребителю.

- *Бандажная пропитка.* Применяют для консервирования столбов различного назначения. Ее особенность состоит в том, что она происходит во время эксплуатации. При установке столбов в грунт их часть, наиболее подверженную гниению (в зоне границы земля-воздух), обвертывают бандажом, т.е. лентой гидроизоляционного материала, на внутреннюю поверхность которой нанесена антисептическая паста. Бандаж крепят к столбу проволокой или гвоздями.

- *Пропитка вымачиванием в растворе.* Отличается от капиллярной пропитки начальной влажностью древесины и длительностью ее выдержки в ванне. В ванну с концентрированным раствором антисептика загружают не подсушенные, а сырые сортименты, проникновение в которые защитного средства происходит путем диффузии. Длительность выдержки определяется в зависимости от требуемого уровня защищенности в соответствии с классом условий службы и колеблется от 2 – 3 часов до нескольких недель. При длительной выдержке обеспечивается проникновение молекул пропитывающего вещества на большую глубину. Производительность ванн при этом способе пропитки очень невелика, но зато обеспечивается надежная защита древесины труднопропитываемых пород.

Диффузионная пропитка чрезвычайно длительна и требует больших затрат ручного труда. Кроме того, она возможна при использовании только неорганических водорастворимых пропитывающих веществ.

Пропитка под давлением. Основана на проникновении пропиточной жидкости в древесину под действием давления выше атмосферного.

- *Пропитка в ваннах с предварительным нагревом* имеет несколько технологических вариантов. Наиболее распространен вариант с использованием двух (горячей и холодной) ванн. Пакет пропитываемых сортиментов нагревают в ванне с горячей пропитывающей жидкостью, после чего перегружают в ванну с холодной жидкостью, при выдержке в которой и происходит собственно пропитка.

Реже применяют вариант с использованием одной (горяче-холодной) ванны. После прогрева загруженного в ванну пакета горячую жидкость в ней быстро заменяют холодной путем перекачки насосами. Качество пропитки здесь несколько выше, чем в первом варианте, что объясняется отсутствием

контакта нагретой древесины с воздухом во время перегрузки, при которой в открытые полости клеток попадают воздушные включения, замедляющие движение жидкости в древесине.

Способ горячих и холодных ванн эффективнее капиллярных способов и применялся в прошлом достаточно широко. Однако, этот способ из-за малого избыточного давления не обеспечивает достаточной глубокой, а тем более сквозной пропитки.,

- *Совмещение нагревания и камерной сушки.* Штабель пиломатериалов или заготовок сразу после сушки в камере до требуемой для пропитки влажности (25 – 30 %) помещают в ванну с холодным пропитывающим раствором. После выдержки в ванне штабель вновь помещают в камеру и сушат до конечной (эксплуатационной) влажности.

- *Автоклавные способы пропитки,* обеспечивающие глубокое проникновение в древесину пропитывающих веществ при малой продолжительности процесса и относительно невысоких затратах труда и энергии. Метод ВАД - автоклавная пропитка древесины под атмосферным давлением с применением начального и конечного вакуума. Метод ВДВ - автоклавная пропитка древесины под давлением выше атмосферного с применением начального и конечного вакуума. Древесина должна быть сухой или подсушенной непосредственно перед пропиткой в автоклаве.

Пропитка древесины способом ВАД, ВДВ в специальном оборудовании даёт наилучший результат по параметрам огнебиозащищённости.

54 Технология пропитки. Оборудование цехов защитной обработки

Во всех случаях древесина должна быть надежным образом подготовлена к пропитке. К подготовительным операциям относятся сортировка, окорка, сушка, механическая обработка и накалывание. Некоторые из этих операций необходимы во всех случаях, другие проводят лишь при определенных способах пропитки или при использовании древесины определенных пород.

Сортировка. Сортировка лесоматериалов по признакам, характеризующим качество древесины: порода, влажность, крупнослойность, соотношение заболони и ядра, способы доставки (сухопутный транспорт или сплавом) и т. п.

Окорка древесины. Необходима при всех способах пропитки. Поверхность сортиментов должна быть гладкой, полностью очищенной от коры и луба.

При капиллярной и пропитке под давлением древесину следует окаривать заблаговременно и как можно раньше, чтобы использовать это время для сушки. При диффузной пропитке – непосредственно перед пропиткой, не допуская подсушки древесины. При небольших объемах заготовки опор или деталей к ним раньше применяли ручные струги. Однако в настоящее время струги применяются только для окончательной зачистки столбов после их механической окорки.

Сушка древесины. Степень и способ сушки перед пропиткой определяют в каждом отдельном случае назначением сортимента.

Сушка древесины проводится перед капиллярной пропиткой и пропиткой под давлением. Перед пропиткой маслами или органикорастворимыми антисептиками влажность древесины не должна превышать 25 %, а перед пропиткой водными растворами – 30 %. Однако во всех случаях нужно стремиться к тому, чтобы пропитывать древесину при влажности, равной эксплуатационной. Так если влажность древесины больше эксплуатационной, то при дальнейшей сушке происходит растрескивание материала и обнаженные непропитанные участки древесины могут подвергнуться гниению.

Предпропиточная сушка – вопрос проблематичный. Атмосферная сушка – длительная, камерная и сушка в жидкостях – применение в широком объеме не реально из-за отсутствия необходимого оборудования. Поэтому в настоящее время получили распространение специальные способы пропитки, которые предусматривают совмещение пропитки и предварительной сушки.

Механическая обработка. Направлена на придание сортиментам заданных размеров и формы. Она заключается в окорке, распиловке, строгании, сверлении и т. д. Все виды механической обработки должны предшествовать пропитке, а в отдельных случаях сушке (распиловка бревен на пиломатериалы). При выполнении данных условий - повышается срок службы пропитанной древесины; снижается расход защитного средства на пропитку; исключаются затраты, связанные с техникой безопасности при механической обработке пропитанной древесины.

Если по каким-то причинам некоторые механические операции приходится выполнять только после пропитки, то обнаженные участки следует обрабатывать путем 2-3-х кратного нанесения на них защитного средства.

Накалывание. Накалыванию подлежат сортименты из труднопропитываемой древесины (ель, пихта) для обеспечения равномерного введения в них пропитывающих жидкостей на заданную глубину.

Для накалывания используют станки, инструментами которых служат специальные ножи. Ножи вводят в древесину на определенную глубину, при этом древесные клетки раздвигаются и частично прирезаются, в результате чего пропитывающая жидкость проникает на глубину наколов и распространяется на поверхности сортимента за счет перемещения вдоль волокон. Глубина наколов 10-20 мм, в зависимости от требуемой глубины наколов; а их расположение должно обеспечивать равномерную пропитку.

В станках для накалывания по плоскости (например, пиломатериалов, шпал, брусев) ножи монтируют на вращающихся барабанах, между которыми пропускаются обрабатываемые сортименты. Для накалывания круглых сортиментов применяют станки, в которых ножи совершают возвратно-поступательные движения, а круглый накалываемый сортимент вращается.

Расположение прорезей определяется группой растворимости защитных препаратов.

Устройства для антисептирования пиломатериалов

1. Антисептирующие установки для опрыскивания пиломатериалов, устанавливаемые на сортировочных устройствах с поперечным движением пиломатериалов.

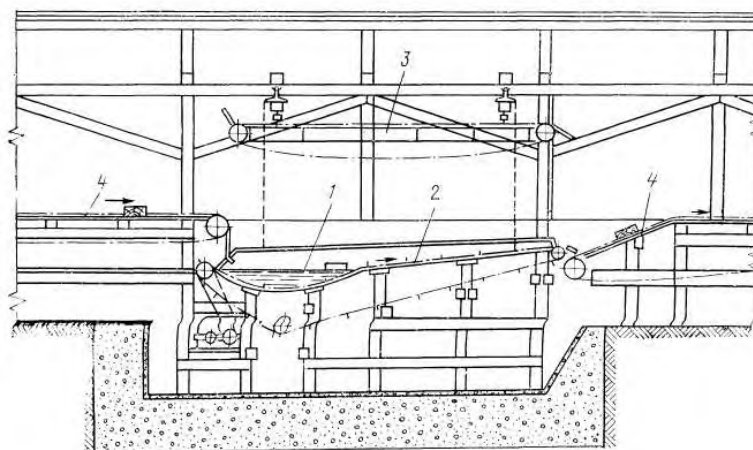
Данные установки требуют равномерного и упорядоченного движения их по сортировочной площадке, могут быть рекомендованы только для заводов небольших мощностей или для сортировочных устройств с продольным перемещением пиломатериалов.

2. Установки, в которых антисептирование проводят путем погружения пиломатериалов в раствор антисептика.

Основная часть таких установок – ванна с раствором антисептика, в которую погружают древесину (рисунок 57).

Ванну оборудуют конвейером, состоящим из 3-4 цепей, верхние ветви которых свободно провисают по профилю её дна. Этот конвейер выносит пиломатериалы из ванны на сортировочную площадку. Колебания раствора, возникающие при падении в него пиломатериалов, способствуют перемещению их после всплывания вдоль ванны к захватам конвейера.

Вместимость ванны определяется минимальным количеством раствора, необходимого для погружения и выноса пиломатериалов, с определенным интервалом поступающих в ванну. Длина ванны должна обеспечить стекание избытка раствора с пиломатериалов до выхода их на сортировочную площадку и обычно принимается около 12 м. Место для установки ванны выбирают с таким расчетом, чтобы все не подлежащие антисептированию пиломатериалы могли быть отобраны.



- 1 – ванна с раствором,
- 2 – цепи конвейера,
- 3 – дополнительный конвейер,
- 4 – цепи конвейера сортировочной площадки;

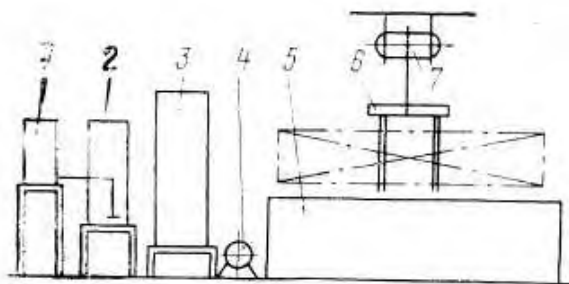
Рисунок 57 – Установка для антисептирования пиломатериалов, встроенная в сортировочную площадку

Для обеспечения бесперебойной работы сортировочного устройства при временном (ремонт, чистка) или продолжительном (в зимнее время) прекращении антисептирования предусматривается дополнительный горизонтальный конвейер, устанавливаемый на боковых стенках ванны в период, когда установка не работает. Во время работы антисептирующей установки этот конвейер поднимают над ванной и крепят к балкам перекрытия сортиплощадки.

Антисептирование пиломатериалов на сортиплощадке обеспечивает высокое качество защиты, так как пиломатериалы обрабатываются непосредственно после распиловки и не требует дополнительных операций на сортиплощадке и участия дополнительных рабочих. Однако организация встречает некоторые трудности, к которым относят: ручную разборку мокрых пиломатериалов, необходимость упорядоченного движения досок на сортиплощадке и др.

3. Антисептирование пиломатериалов, уложенных в пакет

Антисептирование пиломатериалов осуществляют как в плотных пакетах, так и в пакетах на прокладках при кратковременном погружении их в раствор антисептика. На рисунке 58 приведена схема антисептирующей установки конструкции ЦНИИМОД, в которой пакеты погружаются в ванну с раствором электроталью.



- 1 – бак для раствора,
- 2 – бак для рабочего раствора,
- 3 – расходный бак,
- 4 – насосы,
- 5 – ванны,
- 6 – захватное устройство,
- 7 – электроталь;

Рисунок 58 – Схема установки для антисептирования пиломатериалов в пакетах

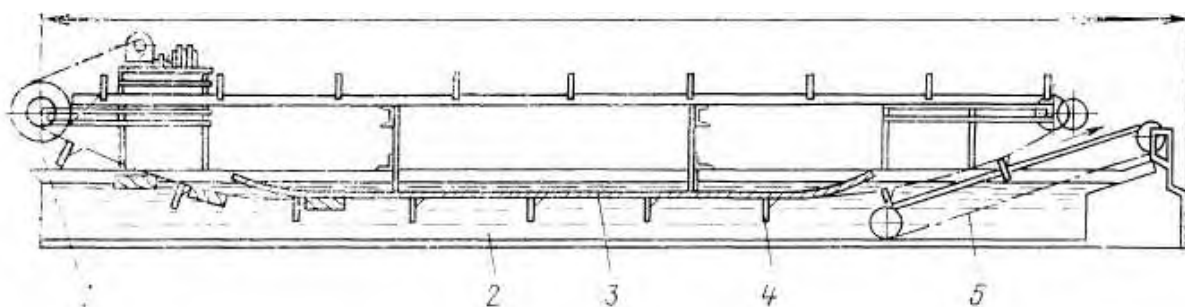
Управляют электроталью из кабины. Захваты собственной массой погружают пакет в раствор. С помощью такой тали пакет не только погружается в ванну с раствором, но и перемещается в пределах установки.

Обработанный пакет сначала на некоторое время устанавливается на эстакаду за ванной, где с него стекает избыток раствора, а затем на буферную площадку, откуда потом его увозят автолесовозом на склад. Стекающий с пакета раствор, пройдя фильтр, поступает обратно в ванну. Установку обслуживают двое рабочих.

Пакетное антисептирование пиломатериалов можно осуществлять у сортплощадки, на складе пиломатериалов или в другом удобном месте.

4. *Ванные конвейерные установки с принудительным движением пропитываемого материала*

Данные установки применяют для скоростной пропитки столярно-строительных изделий (рам, панелей, дверей) в собранном виде. Одна из схем установки конвейерного типа показана на рисунке 59.



- 1 – привод,
- 2 – ванна с раствором,
- 3 – направляющий щит,
- 4 – рабочий конвейер с упорами,
- 5 – разгрузочный конвейер;

Рисунок 59 – Конвейерная установка для пропитки столярно-строительных изделий

Установка состоит из ванны с раствором, в которой размещен рабочий конвейер с упорами, направляющий щит и разгрузочный конвейер; имеется привод.

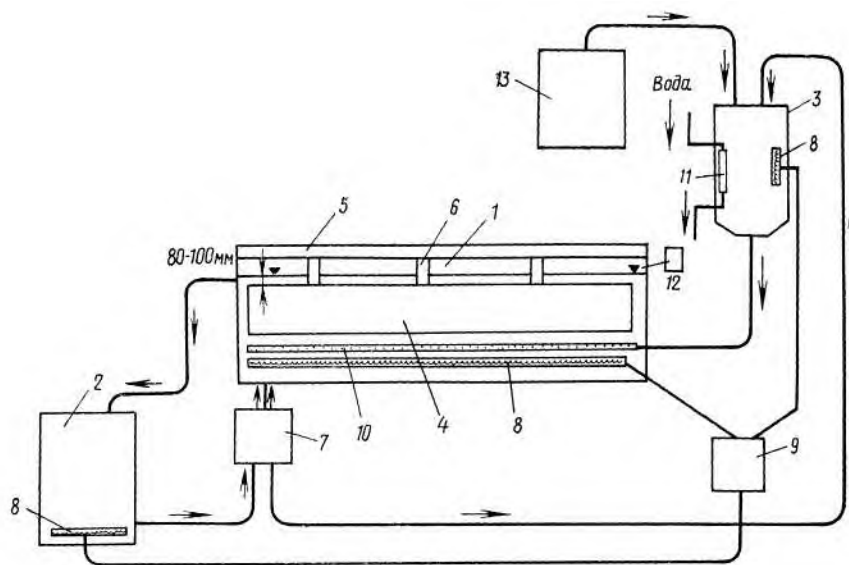
5. *Устройства для пропитки древесины с предварительным нагревом*

При технологии, предусматривающей нагрев и постепенное охлаждение древесины в одной ванне с антисептиком, а также нагрев и охлаждение в разных ваннах, пропитка древесины может проводиться в устройствах подобных устройству, приведенному на рисунке 58.

При технологии, предусматривающей нагрев и охлаждение в одной ванне со сменой жидкости, применяют пропиточное устройство, показанное на рисунке 60.

Эта установка, предназначенная для пропитки по способу горяче-холодной ванны, состоит из металлической сварной ванны, бака-резервуара

для горячей жидкости и другого оборудования. Установку для пропитки древесины антисептиками можно применять для пропитки антипиренами.



- 1 – пропиточная ванна,
- 2 – бак для горячей жидкости,
- 3 – бак для холодной жидкости,
- 4 – пакет пропитываемого материала,
- 5 – крышка ванны,
- 6 – упоры против всплытия материала,
- 7 – насос,
- 8 – нагреватель,
- 9 – пульт с терморегуляторами,
- 10 – перфорированная труба для подачи в ванну холодной жидкости,
- 11 – охладитель (проточной водой),
- 12 – уровнемер,
- 13 – запасной резервуар жидкости;

Рисунок 60 – Схема пропиточной установки для антисептирования и антипирирования древесины с предварительным подогревом

6. Устройства автоклавного типа для пропитки древесины

Схема устройства данного типа представлена на рисунке 61.

Главная часть установок - пропиточный цилиндр, или автоклав. Другое оборудование носит второстепенное значение и его состав в различных установках несколько отличен.

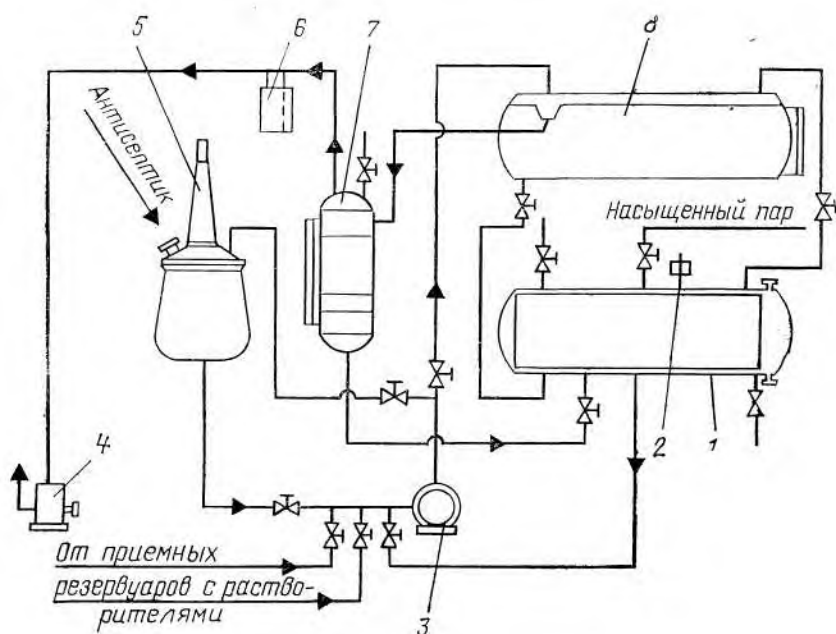
Автоклав представляет собой цилиндрический стальной резервуар, у которого в одном конце имеется сферическое днище, а в другом - герметически закрываемая дверка. В нижней части автоклава прокладывают рельсовую колею для закатки вагонеток с материалом. Параллельно рельсам устанавливают специальные реечные предохранители от вымывания

материала. Между рельсами в нижней части монтируют паровой змеевик - калорифер. Размеры автоклава зависят от требуемой производительности и размеров обрабатываемых сортиментов.

Другая важная часть установки - маневровый автоклав, который обычно устанавливается горизонтально над пропиточным. При таком расположении жидкость из маневрового автоклава переливается в пропиточный самотеком. Обычно на два пропиточных автоклава устанавливают один маневровый. Его вместимость должна обеспечивать заполнение жидкостью пропиточного автоклава, включая и жидкость, поглощаемую древесиной

Для измерения уровня жидкости предусматривают мерник - герметически закрытый резервуар с устройством для замера.

Для создания вакуума в пропиточном автоклаве устанавливают вакуум-насос.



- 1 – пропиточный автоклав,
- 2 – предохранительный клапан,
- 3 – насос,
- 4 – вакуум-насос,
- 5 – резервуар,
- 6 –конденсатор,
- 7 – мерник,
- 8 – маневренный автоклав;

Рисунок 61 – Схема пропитки древесины под давлением

Жидкостный насос в установке предназначен для перекачки жидкости, но он может быть использован и для создания жидкостного давления.

Компрессор служит для создания в пропиточном и маневровом автоклавах воздушного давления, а также для перекачки жидкости из пропиточного автоклава в маневровый.

Резервуары предназначены для хранения, подогрева антисептиков и в случае необходимости смешивания их. Они иногда оборудуются паровыми подогревателями и воздушными или механическими мешалками. Резервуары, кроме того, могут быть и дозаторами подаваемых на смешивание жидкостей, поэтому их снабжают мерными устройствами.

К вспомогательному оборудованию относятся:

- вагонетки для перемещения и подачи древесины в пропиточные автоклавы;
- дробилки для размельчения твердых антисептиков;
- отстойники или сепараторы (центрифуги) для очистки пропиточных жидкостей;
- весы, дозаторы и контрольно-измерительные приборы (манометры, вакуумметры, термометры и др.).

55 Технологические схемы автоклавной пропитки

Имеется ряд технологических схем (или способов) автоклавной пропитки, различающихся последовательностью операций воздействия на древесину повышенного и пониженного давления пропитывающей жидкости и воздуха. Изменяя эту последовательность, уровень давления и температуры, а также длительность операций, можно управлять результатами пропитки в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями.

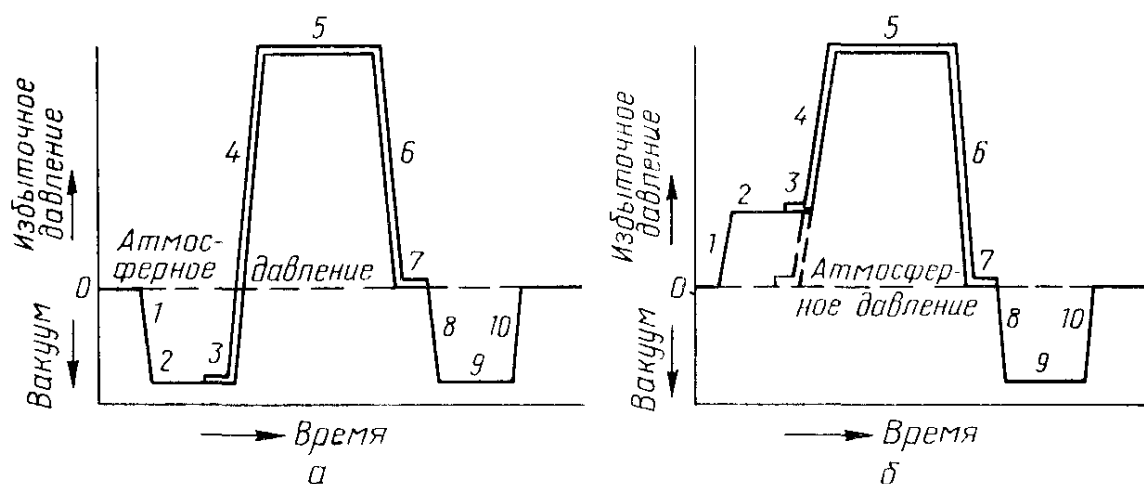
В промышленности в настоящее время применяют способы: вакуум - давление - вакуум (сокращенно ВДВ); давление - давление - вакуум (ДДВ); многоцикличные; вакуум - атмосферное давление - вакуум (ВАДВ); автоклавно-диффузионной пропитки; совмещенной сушки - пропитки.

Пропитка способом ВДВ. График пропитки этим способом, называемым также способом полного поглощения, приведен на рисунке 62, а. После загрузки автоклава древесиной последовательно выполняются следующие операции: 1 — создание воздушного вакуума; 2 — выдержка древесины в вакууме; 3 — заполнение автоклава жидкостью; 4 — создание жидкостного давления; 5 — выдержка древесины в жидкости под давлением; 6 — сброс давления до атмосферного; 7 — слив жидкости из автоклава; 8 — создание воздушного вакуума; 9 — выдержка в вакууме; 10 — сброс вакуума и разгрузка автоклава.

Собственно пропитка происходит во время выдержки древесины под давлением. Начальный вакуум способствует повышению глубины пропитки и увеличению поглощения древесиной жидкости, так как из полостей клеток удаляется воздух, препятствующий ее движению. Повторный вакуум предназначен для подсушки поверхности сортиментов.

Способ ВДВ применяют преимущественно для пропитки древесины водорастворимыми веществами. Для пропитки маслами этот способ используется в тех случаях, когда требуется высокое поглощение пропитывающих веществ. Он является также основным при пропитке антипиренами, которые необходимо вводить в древесину в большом количестве (общее поглощение 50—80 кг сухого вещества на 1 м³ древесины).

Результаты пропитки (ее глубина и поглощение) определяются свойствами пропитываемой древесины, а также режимом процесса, регламентирующим продолжительность основных операций, давление и температуру жидкости. В зависимости от породы и размеров сортиментов, их назначения и характера пропитывающей жидкости параметры режимов пропитки изменяются в следующих пределах: глубина вакуума 0,08-0,085 МПа; жидкостное давление 0,6-1,5 МПа; продолжительность выдержки под вакуумом 0,25—0,35 ч, под давлением 0,5-8 ч; температура растворов 20-60 °С, масел 85-95 °С.



- а - способ полного поглощения (ВДВ),
б - способ ограниченного поглощения (ДДВ);

Рисунок 62 – Графики автоклавной пропитки

Пропитка способом ДДВ. Процесс пропитки способом ДДВ, называемым также способом ограниченного поглощения, состоит (рисунок 62, б) из следующих операций: 1 — загрузки автоклава и создания в нем воздушного давления; 2 — выдержки древесины под давлением; 3 — заполнения автоклава жидкостью; 4 — подъема жидкостного давления; 5 — выдержки в жидкости под давлением; 6 — сброса давления; 7 — слива жидкости; 8 — создания вакуума; 9 — выдержки под вакуумом; 10 — сброса вакуума и разгрузки автоклава.

Особенность этого процесса - выдержка древесины под избыточным воздушным давлением до заполнения автоклава жидкостью, при которой в полости клеток вводится добавочный воздух. В конце процесса, во время

выдержки под вакуумом, сжатый в древесине воздух выходит наружу, выталкивая часть поглощенной жидкости. Способ ДДВ применяют при использовании высокотоксичных антисептиков (масел, растворов пентахлорфенола и нафтената меди), когда нет необходимости оставлять в древесине излишнее их количество. Преимущество этого способа по сравнению с предшествующим состоит в сокращении расхода пропитывающих веществ.

Разновидностью рассмотренного способа является способ давление - вакуум (ДВ), называемый также способом полуограниченного поглощения. Он отличается от ДДВ отсутствием операции выдержки под избыточным воздушным давлением (на рисунке 62, б показано пунктиром). Так как количество сжатого воздуха в древесине в конце пропитки здесь будет меньше, чем при способе ДДВ, то и количество вытесненной жидкости тоже уменьшается. Этот способ используют для пропитки маслами, когда требуется несколько большее поглощение, чем обеспечивает способ ДДВ.

Способы ВДВ, ДДВ и ДВ известны очень давно, с конца прошлого века, и могут быть названы классическими способами автоклавной пропитки. Они применяются в настоящее время для консервирования сухих или подсушенных сортиментов и обеспечивают сквозную пропитку легкопроницаемой древесины (например, березы и заболони сосны). Труднопроницаемая древесина (ель и ядро сосны) пропитывается на глубину не более 5 мм. Для повышения глубины пропитки такой древесины необходима предварительная операция накалывания.

56 Качество защитной обработки. Охрана труда и окружающей среды

От качества пропитки древесины во многом зависит срок службы изделий. Установлено, что при недостаточных дозах антисептика и при его пониженной токсичности грибы развиваются даже интенсивнее, чем в непропитанной древесине; в то же время избыточное количество введенного антисептика удорожает строительство и создает ряд неудобств в эксплуатации.

Параметрами защищенности древесины являются - величина поглощенного антисептика, глубина и равномерность его распределения по древесине, токсичность и вымываемость антисептиков.

Глубину проникновения пропитывающего вещества и его распределение в сортиментах определяют по цвету древесины путем отбора проб из контрольных образцов.

Глубиной проникновения называется расстояние в миллиметрах от наружной поверхности заболони до границы слоя, на котором обнаруживается антисептик.

Пробы отбирают из заболони и ядра отдельно при помощи бура, имеющего внутренний диаметр 5-10 мм.

При взятии пробы необходимо, чтобы образцы не имели сучков, трещин или других пороков. Бурение следует производить строго по радиусу к центру, высверливая часть непропитанного столба, и извлекая образец из бура неразломанным.

При пропитке маслянистыми и другими антисептиками, окрашивающими древесину, глубину проникновения антисептика определяют измерением окрашенной зоны древесины. При пропитке древесины бесцветными антисептиками глубину пропитки определяют с помощью химических индикаторов.

Глубину пропитки оценивают в процентах от толщины просверливаемой заболони. ГОСТ 20022.5-76 предусматривает глубину пропитки не менее 85 % заболони. Заболонь толщиной менее 40 мм пропитывается полностью. Глубина пропитки ядровой древесины до 5 мм.

Количество проб определяется размерами сортиментов и способом пропитки.

Величина поглощения определяется количеством антисептика, впитавшегося в древесину ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Контроль за поглощением ведут различным образом в зависимости от способа пропитки:

- взвешиванием пропитываемых сортиментов до и после пропитки;
- измерение расхода антисептика по снижению уровня жидкости в мернике или расходном баке.

Нормы поглощения устанавливаются в зависимости от группы растворимости защитного средства:

- для масляных пропиточных жидкостей – в килограммах на 1 м^3 пропитываемых лесоматериалов;
- для водных растворов солей – в килограммах сухой соли или раствора определенной концентрации на 1 м^3 древесины.

Нормы расхода пропиточной жидкости зависят от:

- способа пропитки;
- породы древесины;
- назначения пропитываемых сортиментов;
- влажности древесины;
- предварительной обработки древесины перед пропиткой.

Регулирование поглощения при пропитке осуществляется изменением параметров режима процесса (продолжительность, уровень давления) или изменением концентрации пропитывающего раствора.

Вымываемость антисептиков из древесины определяют методом последовательного вымывания пропитанных образцов в ваннах. По этому методу образцы древесины помещают в ванну с дистиллированной водой количество вымытого антисептика определяют аналитическим методом. По полученным данным строят кривые вымываемости. Продолжительность испытания 30 суток. Воду меняют через 1, 2, 3, 5, 10 и 20 суток. Химический анализ промывочных вод позволяет определить темп вымываемости активных компонентов защитного средства и степень их фиксации на древесине. Степень

фиксации и количество вымытых веществ выражают в процентах к исходному содержанию в древесине после пропитки исследуемого компонента.

Токсичность антисептика характеризуется предельной дозой, представляющей минимальное содержание его в древесине, при котором развитие дереворазрушающих грибов не происходит.

Оценка токсичности антисептиков основана на учете реакции дереворазрушающего гриба на введение в древесину яда. Показатель предельной дозы определяется как отношение массы сухого антисептика к массе абсолютно сухой древесины, выраженное в процентах или в килограмм на метр кубический. Для одного и того же вида антисептика значение предельной дозы может изменяться в зависимости от состава питательной среды, штампа гриба и его разрушительной активности.

Охрана труда и окружающей среды

Некоторые из применяемых для защитной обработки древесины пропитывающих веществ при неосторожном обращении с ними могут быть вредными для здоровья людей. Важно соблюдать персоналом деревопропитывающих цехов и участков определенные правила техники безопасности:

- Допускается использование только препараты, разрешенные к применению Минздравом России;
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию и быть приспособленными к влажной уборке;
- Полы должны иметь уклон не менее 1/100 для надежного удаления пролитых жидкостей и промывочных вод;
- Работа с пропитывающими веществами только в спецодежде: резиновые сапоги или кожаные ботинки, комбинезон, прорезиненный или брезентовый фартук, резиновые рукавицы или перчатки; при работе с распылением или разбрызгиванием антисептиков обязательное использование защитных очков и респираторов;
- Соблюдение правил личной гигиены. Во время работы нельзя курить, принимать пищу, прикасаться не сняв перчаток к открытым участкам кожи. После работы обязателен прием пищи. При попадании препаратов на кожу необходимо сразу смыть их теплой водой с мылом.

При соблюдении этих правил и выполнения общих для всех мероприятий мер предосторожности работы на пропиточных установках не представляет никакой опасности для обслуживающего персонала.

Процессы защиты и консервирования древесины имеют большое природоохранное значение, так как, продлевая срок службы древесины в подверженных гниению и разрушению огнем сооружениях и в несколько раз уменьшая расход древесины на их возобновление, эти процессы сохраняют от вырубки значительные по площади лесные массивы.

В то же время деятельность деревопропитывающих предприятий может наносить вред природе окружающих эти предприятия районов, если имеют место бесконтрольные сбросы технологических и промывочных сточных вод,

содержащих токсичные вещества, в реки, озера и другие водоемы. Что совершенно недопустимо. Все стоки от основного и вспомогательного пропиточного оборудования должны поступать на очистные устройства. При выполнении этого требования неблагоприятные воздействия процессов пропитки на окружающую среду полностью исключаются.

Глава 15 Тепловая обработка древесины

57 Способы тепловой обработки древесины

Способы тепловой обработки древесины по используемым видам теплообмена и по применению агента сушки различают:

1. Основанные на конвективном теплообмене:

- тепловая обработка в открытых бассейнах вводе умеренной температуры (до 20 °С);
- тепловая обработка в специальных варочных бассейнах при 40-90 °С, называемая провариванием; отличается сравнительной простотой и не требует значительных затрат. Расход пара на нагрев 1 м³ чураков составляет 90-130 кг.
- тепловая обработка насыщенным водяным паром, называемая пропариванием;
- тепловая обработка горячим воздухом или топочным газом;

2. Основанные на других видах теплообмена:

- кондуктивная тепловая обработка;
- радиационная тепловая обработка;
- диэлектрическая тепловая обработка.

При кондуктивной, радиационной и диэлектрической обработки наблюдается снижение влажности, то есть сушка. При конвективной тепловой обработке в газовой среде влажность материала может повышаться, понижаться или оставаться стабильной в зависимости от состояния среды и её начальной влажности. При нагревании в воде влажность древесины повышается, сырой – незначительно, сухой – довольно существенно за счет сорбции.

Выбор тех или иных способов тепловой обработки древесины определяется технологической целью процесса и характером влагообмена.

К основным технологическим целям тепловой обработки относятся:

1. *Снижение твердости древесины* (для улучшения качества её механической обработки). Твердость сырой древесины с понижением температуры повышается и резко возрастает при температуре ниже нуля, когда свободная влага превращается в лед. Механическая обработка мерзлой древесины (резание, лущение, строгание) сопряжена с получением продукции низкого качества. Такое сырье требует предварительного оттаивания. При лущении и строгании шпона твердость древесины следует снижать в большей степени, чем это может

быть обеспечено только оттаиванием. Сырье должно быть нагрето до более высоких температур. Для оттаивания и прогрева древесины применяют процессы пропаривания и проваривания.

2. *Повышение податливости древесины* (для облегчения её гнутья или прессования). Для данных процессов целесообразно применять процессы пропаривания. Наибольшую податливость имеет нагретая древесина с влажностью, равной пределу насыщения клеточных стенок и выше.
3. *Ускорение процессов склеивания*. Склеиванию подвергаются сухие заготовки или детали, их увлажнение не допустимо. Поэтому применяют кондуктивное, радиационное, диэлектрическое нагревание или конвективное в газообразной среде.

58 Обработка в открытых бассейнах

Применяется на лесопильных заводах, где сортировка и хранение промежуточного запаса сырья (бревен) перед распиловкой осуществляется в воде.

Для проведения оттаивания сырья в зимнее время необходимо обеспечить надлежащую длительность хранения в воде и предотвратить замерзание бассейна, что осуществляется подачей в него пара или горячей воды. Температура воды в зимнее время для обеспечения оптимальной глубины оттаивания (равной толщине заболони) должна поддерживаться на уровне 10 °С. На практике чаще всего оттаивание бревен производят в течение одной смены (7 – 8 часов).

Бассейны бывают естественные и искусственные.

Искусственные бассейны устраивают в специально вырытых котлованах глубиной не менее 1,5 м, с укрепленными стенками. Заполняют искусственные бассейны из естественных водоемов через каналы, если уровень воды в них одинаков. В случае, когда уровень воды в водоеме ниже требуемого уровня воды в бассейне, применяют насосы.

Стенки и дно бассейнов бетонные или дощатые. В дощатых бассейнах швы между досками должны быть проконопачены и просмолены, а между деревянной обшивкой и грунтом проложен толстый уплотненный слой глины. Дно бассейна настилают досками. Во время чистки наливных бассейнов воду спускают через спусковые отверстия.

Длина и ширина бассейна определяется с учетом возможного размещения бревен для оттаивания и создания минимального запаса сырья для нормальной работы лесопильных цехов.

Естественные бассейны обычно устраивают путем отгораживания бонами или стенками необходимой акватории в существующем водоеме (реке, озере, заливе), на берегу которого расположен лесопильный завод. Этот участок водоема отделяют стенками из шпунтованных досок или другого материала. Заключенная в нем вода с помощью специальных устройств подогревается до 35-40° С конденсатом, отработанным паром, горячим воздухом или дымовыми

газами от роликовых сушил или других агрегатов. Равномерный нагрев кряжей в таких устройствах осуществляется за 2-3 суток. Этот способ отличается высокой экономичностью.

59 Проваривание древесины

Проваривание применяют в фанерной промышленности для обработки чураков перед лущением. Для получения качественного шпона температура древесины должна поддерживаться в определенном диапазоне, например для ольхи и березы 30 – 50 °С, мягких хвойных пород 35 – 55 °С, лиственницы 40 – 60 °С.

Различают проваривание по мягким и жестким режимам.

Мягкие режимы характеризуются температурой среды (воды) 35 – 45 °С и длительностью обработки. Важное преимущество данных режимов – древесина прогревается равномерно, обеспечивается высокое качество шпона. Их недостаток – потребность в больших производственных площадях.

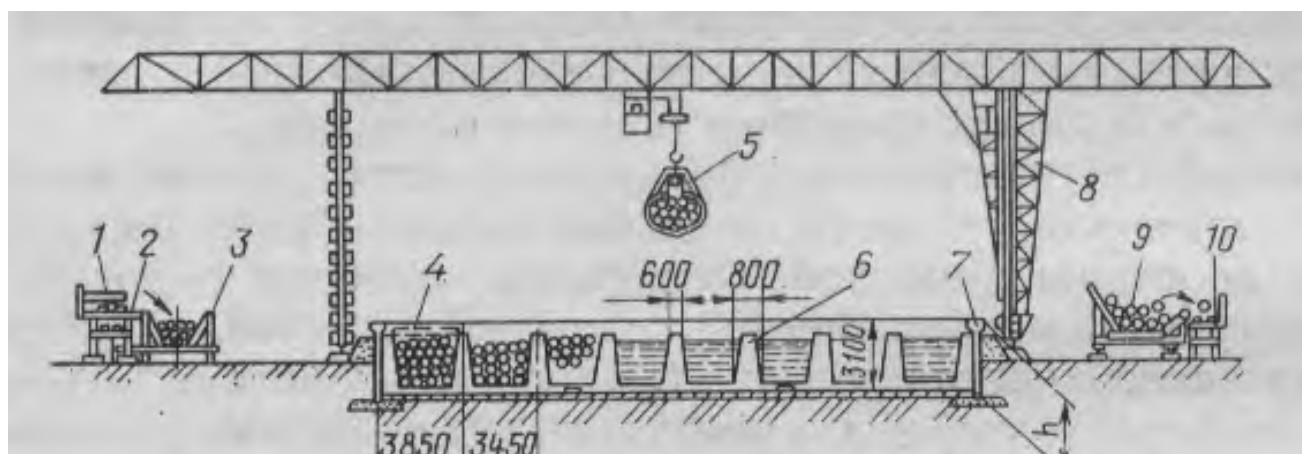
Жесткие режимы предусматривают высокую температуру среды (70 – 80 °С) и малые сроки обработки, при которых происходит полное оттаивание чураков с доведением температуры на окружности карандаша до 15 – 20 °С. По окончании тепловой обработки чураки выдерживаются в помещении для снижения температуры поверхностной зоны чурака до оптимальной для лущения. В процессе выдержки происходит перераспределение температуры – на поверхности понижается, а в центре повышается, но все же остается неравномерной. Данные режимы для лущения менее предпочтительны, но при их применении нет необходимости в больших производственных площадях.

При применении мягких режимов используют варочные бассейны следующих конструкций:

1. Размещаемые на открытой площадке

Бассейн (рисунок 63) состоит из нескольких железобетонных секций, ширина которых соответствует максимальной длине обрабатываемых кряжей. Сырье крупного диаметра помещается в бассейн и выгружается из него с помощью подъемного крана без применения контейнеров, будучи увязанным в пучок.

При работе бассейна одна из секций всегда находится под загрузкой и разгрузкой. В остальных секциях происходит прогрев древесины. Теплоснабжение бассейна может происходить различными способами. Наиболее простой – нагревание воды непосредственно в бассейне посредством впуска в неё пара через трубы с отверстиями.



- 1 - сбрасыватель,
- 2 – загрузочный цепной конвейер,
- 3 – накопитель кряжей,
- 4 – съемные крышки,
- 5 – грейферный захват,
- 6 – парные тумбы,
- 7 – бассейн,
- 8 – консольно-козловой кран,
- 9 – передвижной перегрузчик,
- 10– разгрузочный конвейер;

Рисунок 63 – Механизированный бассейн для тепловой обработки фанерных кряжей

2. Механизированная линия ЦНИИФа

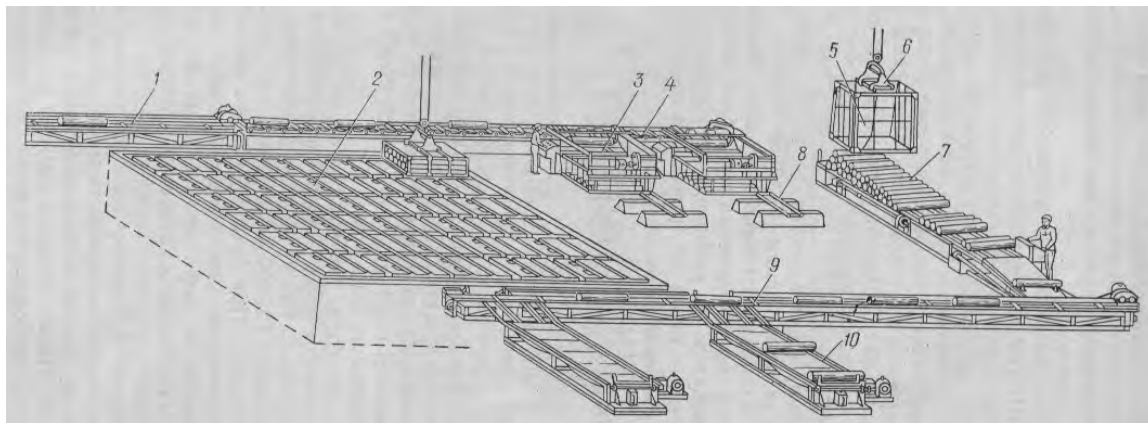
В бассейн (рисунок 64), представляющий собой железобетонную яму, древесину загружают в контейнерах, покрытых съемными крышками, образующими в полностью загруженном бассейне сплошной щит, который препятствует парообразованию и уменьшению теплопотерь. В контейнере - древесина одной породы.

Перемещение металлических контейнеров подъемным краном позволяет освободить обслуживающий персонал от сравнительно тяжелой физической работы, благодаря чему производительность труда увеличивается в несколько раз.

В бассейн заливается вода, которая нагревается до определенной температуры и устанавливается время проваривания, которое зависит от диаметра и исходной температуры сырья.

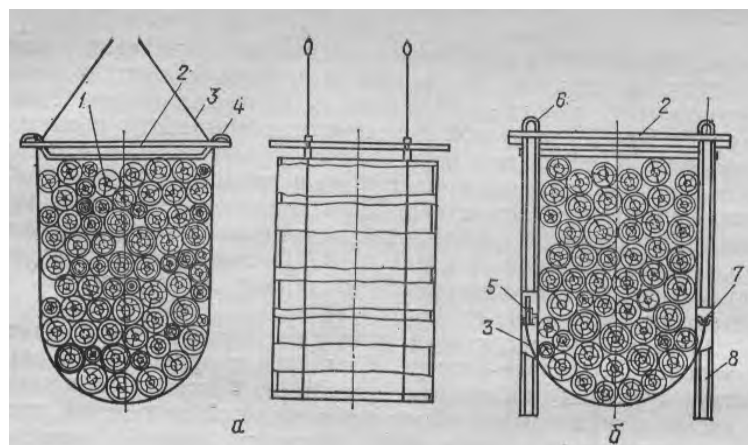
Для использования в данной установке применяют контейнеры:

- Тросовые (рисунок 65, а);
- Комбинированные (рисунок 65,б) – по сравнению с тросовыми исключают боковые деформации пачек чураков в бассейне, приводящих к расслаблению тросов и в отдельных случаях к рассыпанию груза.



- 1 - цепной конвейер,
- 2 - бассейн,
- 3 - укладчики,
- 4 - роликовый конвейер,
- 5 - контейнер,
- 6 - мостовой кран с автоматическими захватами,
- 7 - раскатчик,
- 8 - съемные крышки,
- 9 - сортировочный конвейер,
- 10 - накопитель;

Рисунок 64 – Механизированная линия ЦНИИФ



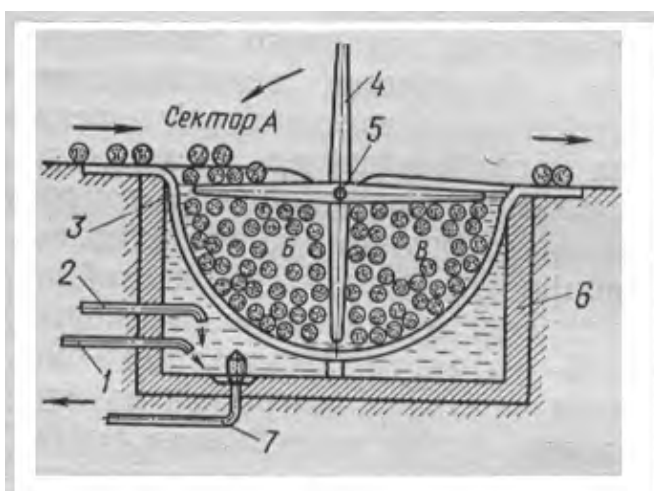
- а – тросовый,
- б – комбинированный,
- 1 – чураки,
- 2 - крышка,
- 3 – строп,
- 4 – зажим стропа,
- 5 – поворотный крюк,
- 6 – петля подвески,
- 7 – неподвижный крюк,
- 8 – металлический каркас;

Рисунок 65 – Контейнер для чураков

При применении жестких режимов используют бассейны с мотовилами.

Бассейн (рисунок 66) представляет собой вырытую в земле яму, стенки которой выполняют из кирпича, бетона или подобного материала и оштукатурены цементным раствором. При работе на сравнительно мелком сырье (24-30 см) бассейн для облегчения загрузки и выгрузки оборудуется мотовилом. На дне бассейна укладывается несколько дугообразных рельсов, что способствует перемещению в нем чураков при поворачивании мотовила. Выгрузка чураков из бассейна осуществляется путем размещения некоторого дополнительного их количества на одном из крыльев мотовила со стороны загрузки, благодаря чему возникает разница в весе чураков, расположенных по обе стороны вертикальной оси, проходящей через центр вращения мотовила, что и заставляет поворачиваться его на некоторый угол.

В рабочем состоянии нижние секторы *Б* и *В* заполнены древесиной. При поступлении чураков в сектор *А* масса древесины, находящаяся в передней половине бассейна, становится больше, чем в задней. Мотовило поворачивается, выгружая чураки из сектора *В* и перемещая на их место древесину из сектора *Б*; сектор *А* в это время заполняется свежими чураками. Загрузка и выгрузка производится периодически через отрезки времени $\tau/2$, где τ – заданная продолжительность обработки.



- 1- паропровод,
- 2- водопровод,
- 3- направляющие,
- 4- мотовило,
- 5- ось,
- 6- бассейн,
- 7- сливная труба;

Рисунок 66 – Схематический разрез бассейна с мотовилами

Бассейн с мотовилами имеет существенные недостатки. В них нередки случаи перекоса и заклинивания чураков; интенсивное парообразование,

создает неблагоприятные условия для работы персонала (интенсивное парообразование с открытой поверхности бассейна).

Трудозатраты при этом способе термообработки составляют около 1,7 человека-час на 1 м² фанеры.

В последнее время указанные устройства несколько модернизировали. Мотовилу сообщено принудительное движение от электродвигателя или гидропривода с помощью зубчатой передачи. Благодаря увеличению разницы в уровнях загрузочной и разгрузочной сторон загрузка и выгрузка чураков значительно облегчены. Объем бассейна увеличен в 1,8 раза.

60 Пропаривание древесины

Тепловую обработку пропариванием применяют в спичечной промышленности (оттаивание чураков перед лущением), при изготовлении строганного шпона, когда недопустима варка сырья некоторых пород древесины из-за изменения их цвета (нагревание ванчесов перед строганием) и в производстве изделий из древесины (обработка заготовок перед гнутьем или прессованием).

Древесину пропаривается в парильных камерах, автоклавах, парильных ямах или парильных барабанах.

1. Парильные камеры

В парильные камеры сырье загружается с помощью вагонеток. Нагрев древесины ведется насыщенным паром, нагнетаемым внутрь указанных устройств. Парильные камеры, отличаясь простотой устройств, из-за трудности надежной теплоизоляции стенок и неплотного закрытия дверей дают большие потери тепла.

В одну парильную камеру в зависимости от её длины входят 2 – 3 тележки. На тележку укладывают распиленные брусья одной породы, каждый ряд разделяют деревянными прокладками. В камеру подбирают брусья примерно одинакового объёма, так как режим пропаривания рассчитывается в зависимости от породы, объёма древесины и времени года. Чем толще брус, тем дольше тепловая обработка. Мерзлую древесину перед загрузкой в камеры выдерживают в помещении для оттаивания примерно 24-72 часа.

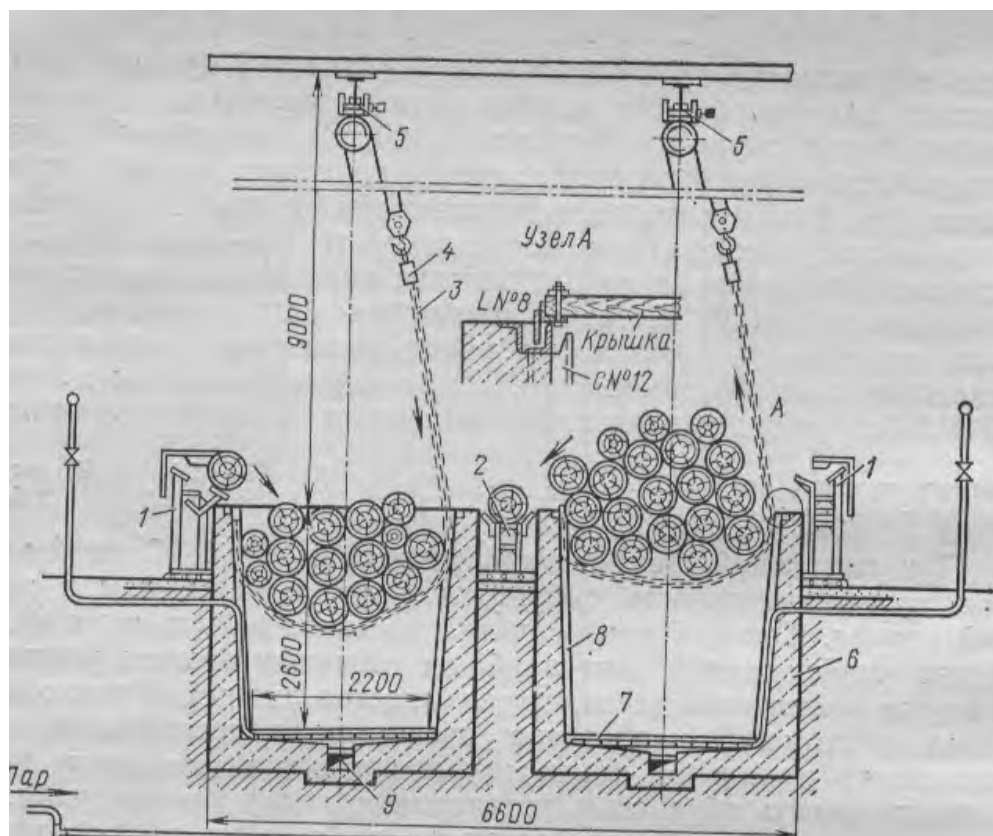
2. Парильные ямы

Парильные ямы 6 заглублены в грунт (рисунок 67), размещаются блоком в два ряда. Ширина ямы равна (с некоторым запасом) длине обрабатываемых чураков. Между рядами парильных ям размещают разгрузочный контейнер 2, по которому обработанные чураки подаются в лущильный цех. Вдоль наружного фронта каждого ряда ям установлены два загрузочных конвейера 1, имеющие сбрасыватели против каждой из ям. Вверху над ямами проложены монорельсы с электроталями 5. Роль загрузочно-разгрузочного приспособления играют цепи 3, скрепленные подвеской 4.

В процессе работы одна из ям всегда находится под загрузкой, а другая (расположенная в смежном ряду) под разгрузкой.

При загрузке чураки, сбрасываемые с конвейера, попадают в кошелёк, образованный цепями. Оператор, управляющий талью, опускает подвижной конец цепей до тех пор, пока кошелёк не заполнит всей ямы. Затем яму закрывают съёмной крышкой 10, и в нее через трубу 7 впускают пар. При разгрузке оператор постепенно поднимает цепи и чураки скатываются на разгрузочный конвейер.

Чтобы бетонные ограждения ям не разбивались и не истирались цепями, в них заделывают швеллерные направляющие 8 или внутреннюю поверхность покрывают сталью толщиной 2-3 мм.



- 1 – загрузочный конвейер,
- 2 – разгрузочный конвейер,
- 3 – цепи,
- 4 – подвеска,
- 5 – электротали,
- 6 – бетонная яма,
- 7 – труба впуска пара,
- 8 – швеллерные направляющие,
- 9 – сборный канал конденсата,
- 10 – съёмная крышка;

Рисунок 67 – Парильные ямы с цепной загрузкой

Обработку чураков ведут по следующему режиму. После загрузки ямы и открытия парового вентиля температуру доводят до 95-100 °С и поддерживают

в течение срока, необходимого для оттаивания до диаметра 12 см. Образовавшийся конденсат стекает в сборный канал 9, оттуда в канализацию. Затем прекращают подачу пара и сырье выдерживают в яме при постепенно понижающейся температуре. При отстое за счет аккумулированного тепла оттаивание чурака продолжается до диаметра примерно до 8 см. После чего чураки выгружают и отправляют на лущение.

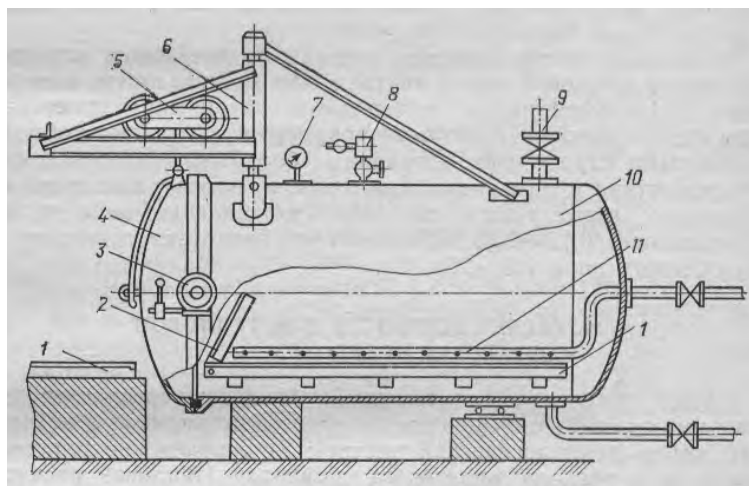
Полная продолжительность цикла складывается из трех составляющих – продолжительности собственно оттаивания, продолжительности отстоя и продолжительности загрузки и выгрузки. Длительность обработки в зависимости от диаметра сырья и времени года составляет в среднем 20-30 часов.

При использовании данных устройств не предусмотрена сортировка сырья по диаметрам, поэтому продолжительность обработки необходимо назначать по наибольшему диаметру сырья.

3. Автоклавы

Несколько удобней металлические автоклавы, теплоизоляция которых может быть достаточно хорошей, а закрытие крышек - плотным.

Автоклав (рисунок 68) представляет собой стальной цилиндр, герметически закрываемый съемной крышкой, прижимаемой к цилиндру через уплотнительную прокладку запорным устройством.



- 1 – стационарные рельсы,
- 2 – откидные рельсы,
- 3 – запорный механизм,
- 4 – съемная крышка,
- 5 – каретка,
- 6 – кронштейн,
- 7 – манометр,
- 8 – предохранительный клапан,
- 9 – выхлопная труба,
- 10 – корпус автоклава,
- 11 – парораспределительная труба;

Рисунок 68 – Схема парильного автоклава

В нижней части автоклава расположена труба с отверстиями для ввода пара. Размеры автоклава определяются его заданной вместимостью (5 – 10 м³ древесины).

Ванчesy, погруженные на вагонетку, закатывают в автоклав, при отодвинутой в сторону крышке по рельсовому пути. После загрузки и запираания крышки в автоклав подают пар. Обработка происходит при давлении порядка 0,3 МПа и температуре среды 130 °С. По её окончании из автоклава удаляют пар и сливают конденсат. Открывать крышку можно только когда давление внутри автоклава сравняется с атмосферным.

Оптимальная температура ванчесов при строгании, обусловленная качеством шпона, составляет для древесины твердых лиственных пород 45-65 °С, для древесины лиственных пород 70-80 °С. Для достижения нужной температуры необходимо назначить различную продолжительность пропаривания в зависимости от размеров ванчесов, породы, начальной температуры она может колебаться в очень широких пределах, от 3-4 до 50-60 часов. После выгрузки из автоклава ванчesy перед строганием рекомендуется для выравнивания их температуры выдерживать 2-3 часа в помещении цеха.

Автоклавное пропаривание имеет недостаток, который в некоторых случаях можно считать существенным. Поверхностные зоны подвергаются воздействию повышенной температуры (до 130 °С), в результате чего наблюдается снижение прочности и потемнение древесины.

4. Парильные барабаны

Представляют собой парильные автоклавы небольших размеров. Парильные барабаны, изготавливаемые в соответствии с размерами заготовок, не имеют, как правило, абсолютно герметичных затворов, и давление пара в них не превышает 0,11-0,12 МПа, чему соответствует температура насыщенного пара 102-105 °С.

Тепловая обработка древесины – очень важный процесс, от правильного выбора режима которого зависит качество древесины.

Качество тепловой обработки определяется ее режимами, основным фактором которых является длительность нагрева, зависящая от размера чураков, начальной их температуры, температуры нагревающей среды, физических свойств древесины, требуемой степени нагрева и т. д.

Например, если древесина будет не доварена или не пропарена, строгание не производят, так как заданной пластичности волокон не будет, шпон при строгании будет ломаться и крошиться. В этом случае тепловую обработку необходимо продолжить.

Если древесина будет переварена или перепарена, то при строгании поверхность строгаемого шпона будет напоминать мочало, волокна также потеряют свою пластичность, под лезвием ножа волокна будут мяться, а не срезаться. Такое может случиться с обработкой мягких лиственных пород – осины, тополя, некоторыми породами красного дерева. В этом случае перепаренную древесину откладывают в сторону для частичного остывания, а затем строгают.

Для каждой породы древесины существует свой технологический режим тепловой обработки, который отличается по времени года - "зимний" и "летний". Переход с зимнего режима на летний зависит от температуры воздуха – при t° выше $+12^{\circ}$ устанавливается летний режим тепловой обработки.

Летом при достаточно увлажненной древесине для изготовления тонкого шпона сырье можно не нагревать.

Задания для выполнения контрольной работы

Вариант 1

1. Понятие равновесной влажности древесины и её определение. Плотность древесины.
2. Характеристика и конструкция сушильных камер периодического действия
3. Цели, параметры и ориентировочная продолжительность кондиционирующей обработки и промежуточной влаготеплообработки древесины.
4. Устройства для формирования штабелей. Эскизы устройств.
5. Специальные способы сушки древесины. Вакуумная сушка. Сушка древесины в жидкостях. Эскизы установок.
6. Облегченные способы пропитки древесины. Капиллярные способы пропитки.
7. Регулирование параметров сушильного агента.
8. Воздух с параметрами: $t_1 = 55^\circ\text{C}$, $\phi_1 = 0,3$ охлаждается о сухую поверхность до $t_2 = 40^\circ\text{C}$. Определите графически, как изменится степень насыщенности и теплосодержание воздуха. *(примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний).*
9. Выберите режим сушки, установите его параметры, а также параметры и ориентировочную продолжительность начального прогрева и промежуточной влаготеплообработки для еловых пиломатериалов толщиной 70 мм, шириной 150 мм, высушиваемых в камере СПЛК-2 от начальной влажности 70% до конечной 12% по II категории качества. *(для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2] ; для установления параметров и определения ориентировочной продолжительности начального прогрева и промежуточной влаготеплообработки рекомендуется воспользоваться источником [2], §54 или [1], раздел 7.2.5).*
10. Определите продолжительность сушки условного пиломатериала, предназначенных для изготовления оконных блоков, толщиной 40 мм, шириной 75 мм от начальной влажности 70% до конечной 12% нормальным режимом в камере СПЛК-2. Определить производительность камеры СПЛК-2 при сушке елового материала. *(для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2)*

Вариант 2

1. Агент сушки. Атмосферный воздух и его параметры.
2. Классификация оборудования сушильных устройств.
3. Режимы сушки. Показатели, параметры режимов сушки.
4. Дефекты сушки. Растрескивание пиломатериала в процессе сушки. Причины, виды трещин. Мероприятия по предотвращению появления трещин в процессе сушки.
5. Приборы для контроля скорости и давления сушильного агента в процессе сушки. Эскизы приборов.
6. Сушка измельченной древесины. Эскизы установок для сушки измельченной древесины.
7. Технологические схемы автоклавной пропитки древесины .
8. Воздух с параметрами: $t = 85^{\circ}\text{C}$, $\phi = 0,3$ охлаждается о сухую поверхность. Определите графически, какова будет его температура в состоянии насыщения (*примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний*).
9. Выберите режим сушки, установите его параметры, а также параметры и ориентировочную продолжительность начального прогрева и конечной влаготеплообработки для заготовок из древесины ясеня толщиной 32 мм, шириной 80 мм, длиной 1,5 м, высушиваемых в камере УЛ-I от начальной влажности 50% до конечной 8% по II категории качества (*для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2] ; для установления параметров и определения ориентировочной продолжительности начального прогрева и конечной влаготеплообработки рекомендуется воспользоваться источником [2], §54 или [1], раздел 7.2.5).*
10. Определите продолжительность сушки необрезных сосновых пиломатериалов толщиной 25 мм, предназначенных для изготовления досок пола и высушиваемых высокотемпературным режимом от начальной влажности 80% до конечной 12% в камере УЛ-2. Определите годовую производительность камеры УЛ-2 при сушке условного материала (*для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2)*

Вариант 3

1. Явления тепломассопереноса при сушке пиломатериалов и причины неравномерного распределения влажности по их толщине.
2. Характеристика основных типов калориферов, определение их тепловой мощности.
3. Конструкция камер непрерывного действия с поперечной загрузкой.
4. Дефекты сушки. Коробление. Виды покоробленностей. Причины. Мероприятия по предотвращению и ликвидации данного вида дефектов. Эскизы видов покоробленностей.
5. Приборы для контроля психрометрической разности сушильного агента в процессе сушки пиломатериалов. Требования, предъявляемые к психрометрам. Причины неточности показаний приборов.
6. Сушка шпона.
7. Технология пропитки древесины.
8. Показания психрометра, установленного в сушильной камере: $t = 80^{\circ}\text{C}$, $t_m = 65^{\circ}\text{C}$. Определить по Yd -диаграмме степень насыщенности и теплосодержание агента сушки (*примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний*).
9. Выберите режим сушки, установите его параметры, а также параметры и ориентировочную продолжительность начального прогрева и конечной влаготеплообработки для сосновых пиломатериалов толщиной 25 мм, шириной 100 мм, высушиваемых в камере УЛ-1 от начальной влажности 60% до конечной 8%, по II категории качества (*для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]; для установления параметров и определения ориентировочной продолжительности начального прогрева и конечной влаготеплообработки рекомендуется воспользоваться источником [2], §54 или [1], раздел 7.2.5*).
10. Определите продолжительность сушки необрезных пиломатериалов из древесины граба, предназначенных для изготовления мебели, толщиной 40 мм нормальным режимом сушки от начальной влажности 60% до конечной 8% в камере УЛ-1. Определить производительность сушильной камеры УЛ-1 при сушке условного материала (*для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2*)

Вариант 4

1. Свободная и связанная влага в древесине. Гигроскопичность древесины. Процессы сорбции и десорбции.
2. Ограждения сушильных камер. Требования, предъявляемые к ограждениям.
3. Прогрев пиломатериалов. Промежуточная влаготеплообработка древесины. Цели, параметры, ориентировочная продолжительность.
4. Типы штабелей. Правила формирования штабелей.
5. Противопожарные мероприятия в сушильных цехах. Автоматические средства пожаротушения *(для полного раскрытия данного вопроса необходимо воспользоваться дополнительной литературой и интернетисточниками)*.
6. Процессы химической защиты древесины.
7. Категории качества и рекомендуемые для них режимы.
8. Воздух с параметрами: $t = 90^{\circ}\text{C}$, $\phi = 0,4$ испаряет влагу. Определите температуру предела охлаждения воздуха *(примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний)*.
9. Выберите режим сушки и установите его параметры для березовых пиломатериалов толщиной 60 мм, шириной 100 мм, высушиваемых в камере ЦНИИМОД-49 от начальной влажности 50% до конечной 12% по III категории качества *(для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2])*.
10. Определите продолжительность сушки буковых заготовок толщиной 32 мм, шириной 80 мм, длиной 2 м, предназначенных для деталей точного машиностроения и высушиваемых нормальным режимом от начальной влажности 55% до конечной 8% в камере СПЛК-2. Определите годовую производительность камеры СПЛК-2 при сушке условного материала мягким режимом *(для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2)*

Вариант 5

1. Топочные газы. Процессы изменения состояния сушильного агента. Нагревание.
2. Тепловое оборудование сушильных камер. Воздухонаправляющие экраны. Эскизы установок.
3. Пуск камеры. Окончание процесса сушки.
4. Дефекты сушки. Невидимые дефекты сушки. Причины возникновения и мероприятия по их устранению и предотвращению.
5. Испытание сушильных камер.
6. Источники поражения древесины.
7. Качество защитной обработки древесины. Методы оценки эффективности защитных средств.
8. Воздух с параметрами: $t_1 = 75^\circ\text{C}$, $\phi_1 = 0,5$ подогревается до температуры $t_2 = 85^\circ\text{C}$. Определите графически степень насыщенности и теплосодержание подогретого воздуха (*примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний*).
9. Выберите режим сушки и установите его параметры для еловых необрезных пиломатериалов толщиной 50 мм, высушиваемых в камере ЦНИИМОД-32 от начальной влажности 70% до конечной 12% по III категории качества (*для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]*).
10. Определите продолжительность сушки березовых пиломатериалов, предназначенных для изготовления дверных блоков, толщиной 40 мм, шириной 100 мм форсированным режимом от начальной влажности 60% до конечной 12% в камере УЛ-2. Определить годовую производительность сушильной камеры УЛ-2 при сушке условного материала форсированным режимом (*для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2*)

Вариант 6

1. Влажность древесины и способы её определения.
2. Циркуляционное оборудование сушильных камер. Увлажнительные устройства. Эскизы установок.
3. Характер и виды напряжений в древесине при сушке. Контроль внутренних напряжений. Силовая секция. Двузубая гребенка. Эскизы.
4. Видимые дефекты сушки. Характеристика. Мероприятия по предотвращению и ликвидации дефектов.
5. Охрана труда и техника безопасности в сушильных цехах *(для полного раскрытия данного вопроса необходимо воспользоваться дополнительной литературой и интернетисточниками)*.
6. Дереворазрушающие грибы *(для полного раскрытия данного вопроса необходимо воспользоваться дополнительной литературой и интернетисточниками)*.
7. Тепловая обработка древесины. Способы тепловой обработки древесины.
8. Параметры агента сушки на входе в штабель: $t_1 = 80^\circ\text{C}$, $\phi_1 = 0,4$. На выходе из штабеля за счет испарения влаги степень насыщенности возросла до 0,7. Определите графически, как изменится влагосодержание агента сушки *(примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний)*.
9. Определите параметры высокотемпературного режима сушки, а также параметры и ориентировочную продолжительность начального прогрева и конечной влаготеплообработки для необрезных пихтовых пиломатериалов толщиной 40 мм, высушиваемых в камере УЛ-I от начальной влажности 70% до конечной 12% по III категории качества *(для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]; для установления параметров и определения ориентировочной продолжительности начального прогрева и конечной влаготеплообработки рекомендуется воспользоваться источником [2], §54 или [1], раздел 7.2.5)*.
10. Определить продолжительность сушки сосновых экспортных пиломатериалов толщиной 44 мм, шириной 100 мм от начальной влажности 70% до транспортной влажности в камере СП-5КМ. Определить годовую производительность сушильной камеры СП-5КМ при сушке условного материала мягким режимом *(для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2)*

Вариант 7

1. Равновесная влажность древесины и её определение. Усушка и разбухание древесины.
2. Классификация сушильных устройств.
3. Начальная и конечная влаготеплообра. Цели, параметры и ориентировочная продолжительность.
4. Формирование штабелей. Требования, предъявляемые к прокладкам. Подштабельное основание.
5. Специальные способы сушки. Диэлектрическая сушка. Индукционная сушка.
6. Препараты химической защиты.
7. Проваривание древесины. Схемы установок.
8. Выберите режим сушки и установите его параметры для березовых пиломатериалов толщиной 50 мм, шириной 110 мм, высушиваемых в камере ЦНИИМОД-49 от начальной влажности 60% до конечной 10% по III категории качества *(для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]).*
9. Определить продолжительность сушки мягким режимом в камере СПМ-1К еловых пиломатериалов толщиной 32 мм, шириной 75 мм от начальной влажности 70% до конечной 7%, предназначенных для изготовления музыкальных инструментов. Определить годовую производительность камеры СПМ-1К при сушке условного материала *(для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2).*
10. Насыщенный водяным паром воздух с температурой 50 °С подогревается до температуры 90 °С. Определите графически, как изменится его степень насыщенности и теплосодержание *(примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний) .*

Вариант 8

1. Физические процессы перемещения влаги в древесине.
2. Характеристика и конструкция камер непрерывного действия.
3. Определение текущей влажности древесины.
4. Устройства для формирования штабелей. Эскизы устройств.
5. Специальные способы сушки. Ротационная сушка. Индукционная сушка.
6. Облегченные способы пропитки. Диффузная пропитка.
7. Пропаривание древесины. Схемы установок.
8. Определите по $Yd\alpha$ -диаграмме параметры топочного газа, имеющего температуру 850°C и полученного при сжигании древесного топлива влажностью $W_{\text{отн.}} = 28,6\%$ (примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний) .
9. Выберите режим сушки и установите его параметры для необрезных пиломатериалов из древесины лиственницы толщиной 22 мм, высушиваемых в камере ЦНИИМОД-49 от начальной влажности 6% до конечной 12% по III категории качества (для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]).
10. Определите продолжительность сушки березовых пиломатериалов толщиной 50 мм, шириной 110 мм, высушиваемых в камере Валмет -1 от начальной влажности 70% до конечной 18% нормальным режимом и предназначенных для грузового вагоностроения. Определить годовую производительность сушильной камеры Валмет-1 при сушке условного материала (для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2).

Вариант 9

1. Распределение влажности по толщине пиломатериала в процессе сушки.
2. Конструкция камер периодического действия с поперечно-вертикальной циркуляцией. Схемы установок.
3. Контроль внутренних напряжений в процессе сушки. Эскизы силовой секции, двузубой гребенки.
4. Типы подштабельных оснований при камерной сушке и предъявляемые к ним требования. Правила формирования штабелей.
5. Особенности атмосферной сушки.
6. Пропитка древесины под давлением.
7. Устройства для проваривания древесины. Эскизы установок.
8. Показания психрометра, установленного в камере: $t = 90^{\circ}\text{C}$, $t_m = 55^{\circ}\text{C}$. Определить по Yd -диаграмме степень насыщенности и теплосодержание агента сушки (*примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний*).
9. Выберите режим сушке, усыновите его параметры, а также параметры и ориентировочную продолжительность начального прогрева и промежуточной влаготеплообработки для буковых пиломатериалов толщиной 70 мм, шириной 130 мм, высушиваемых в камере СПЛК-2 по I категории качества от начальной влажности 55% до конечной 7% (*для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]; для установления параметров и определения ориентировочной продолжительности начального прогрева и промежуточной влаготеплообработки рекомендуется воспользоваться источником [2], §54 или [1], раздел 7.2.5*).
10. Определить продолжительность сушки нормальным режимом в камере СПМ-1К дубовых заготовок толщиной 25 мм, шириной 60 мм, длиной 1,5 м, от начальной влажности 50% до конечной 8%, предназначенных для изготовления паркета. Определить годовую производительность двухштабельной камеры СПМ-1К при сушке условного материала (*для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2*).

Вариант 10

1. Анализ внутренних напряжений в древесине.
2. Конструкция камер периодического действия с поперечно-горизонтальной циркуляцией.
3. Показатели качества. Контроль показателей качества.
4. Приборы для контроля температуры сушильного агента в процессе сушки. Требования, предъявляемые к термометрам. Причины неточности измерений.
5. Планирование складов атмосферной сушки. Формирование штабелей. Эскизы планировки складов, штабелей.
6. Автоклавная пропитка древесины. Эскизы установки.
7. Устройства для пропаривания древесины.
8. Воздух с параметрами: $t_1 = 55^\circ\text{C}$, $\phi_1 = 0,3$ охлаждается о сухую поверхность до $t_2 = 40^\circ\text{C}$. Определите графически, как изменится степень насыщенности и теплосодержание воздуха (*примеры решения задач данного типа рассмотрены в разделе 6 данных методических указаний*).
9. Выберите режим сушки, установите его параметры, а также параметры и ориентировочную продолжительность начального прогрева и кондиционирующей обработки для дубовых пиломатериалов толщиной 32 мм, шириной 80 мм. высушиваемых в камере ВК-4 (ЛТА-Гипродрев) по I категории качества от начальной влажности 50% до конечной 7% (*для выбора режима сушки и установления его параметров рекомендуется воспользоваться источником [1], раздел 7.2.2 или §39[2]; для установления параметров и определения ориентировочной продолжительности начального прогрева и промежуточной влаготеплообработки рекомендуется воспользоваться источником [2], §54 или [1], раздел 7.2.5*).
10. Определить продолжительность сушки еловых пиломатериалов толщиной 19 мм, шириной 75 мм, предназначенных для изготовления тары и высушенных от начальной влажности 80% до конечной 18% форсированным режимом в камере ЦНИИМОД-49 (*для решения данной задачи рекомендовано воспользоваться источником [1], разделы 8.1- 8.2*).

Заключение

По дисциплине «Гидротермическая обработка и консервирование», были разработаны методические указания для выполнения контрольной работы для студентов заочной формы обучения специальности 250401 «Технология деревообработки».

Методические указания содержат теоретический материал по основным темам дисциплины, позволяющий в полной мере справиться с выполнением контрольной работы и подготовиться к итоговой аттестации по дисциплине.

В методических указаниях даны пояснения по решению практических задач.

В результате выполнения контрольной работы студенты закрепляют теоретические знания и получают практические навыки по определению параметров сушильного агента графическим и аналитическим методами; графического построения изменения состояния сушильного агента в процессе сушки; по выбору режимов сушки и параметров сушильного агента; составлению рабочего режима технологического процесса сушки.

Знания и умения, полученные при выполнении практических работ, позволяют будущим специалистам участвовать в совершенствовании технологии изготовления древесных материалов и рациональном их использовании.

Кроме того при выполнении контрольной работы студенты заочной формы обучения приобретают навыки самостоятельной работы с технической и справочной литературой.

Список использованных источников

- 1 Богданов Е.С. Справочник по сушке / Богданов Е.С.–М.:«Лесная промышленность», 1990.-304с.
- 2 Серговский П.С. «Гидротермическая обработка и консервирование древесины» / Серговский П.С., Расев А.И. - М.: «Лесная промышленность»,1975.- 360с.
- 3 Дьяченко К.Ф. Пособие по сушке пиломатериалов. / Дьяченко К.Ф., Гукалов А.М. – М. «Лесная промышленность»,1987г. - 192с.
- 4 Кречетов И.В. «Сушка и защита древесины» / Кречетов И.В. .М.: «Лесная промышленность», 1987г. - 328с.
- 5 Миляевская Р.Е. Сушка и защита древесины. Методические указания по выполнению курсовой работы / Миляевская Р.Е. – Щелково: Российский политехнический колледж, 1992г. – 62с.
- 6 Серговский П.С. Режимы и проведение камерной сушки пиломатериалов / Серговский П.С. – М.: «Лесная промышленность», 1976. - 136с.
- 7 Соколов П.В. Лесосушильные камеры / Соколов П.В., Харитонов Г.Н., Добрынин С.В.. – М.: Лесная промышленность, 1987. - 184с.
- 8 Богданов Е.С. Сушка пиломатериалов / Богданов Е.С. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 248с.
- 9 Пейч Н.Н., «Сушка древесины» Учебник для профессионально-технических училищ / Пейч Н.Н., Царев Б.С. - М. «Высшая школа», 1975.- 224с.
- 10 Соколов П.В. Сушка древесины / Соколов П.В. –М.: Лесная промышленность, 1968. – 364с.
- 11 Серговский П.С.«Гидротермическая обработка и консервирование древесины» Учебник для вузов / Серговский П.С., Расев А.И. – М. Лесная промышленность, 1987.- 360с.
- 12 Кречетов И.В. «Сушка древесины» / Кречетов И.В. - М. Лесная промышленность, 1972. – 440с.