

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**В.А. Береговой, С.Н. Кислицына, С.А. Болтышев**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

## **ВВЕДЕНИЕ В ПРОФЕССИЮ**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся  
по направлению подготовки 35.03.02 «Технология  
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

Пенза 2014

УДК 674  
ББК 37.1  
Б48

Рецензенты: доктор технических наук, профессор  
кафедры «Автоматизация и управление» А.Н. Бормотов (ПГТУ);  
доктор технических наук, профессор  
кафедры ТСМиД В.Л. Хвастунов  
(ПГУАС)

**Береговой В.А.**

Б48      Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих  
производств: учеб. пособие / В.А. Береговой, С.Н. Кислицына,  
С.А. Болтышев. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 144 с.

Приведены учебно-методические и информационно-справочные материалы для изучения курса «Введение в профессию». Систематизирована информация о современном уровне и перспективах развития отечественных лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств с учетом региональной специфики, а также общемировых тенденций. Учебное пособие содержит дополнительные материалы для самостоятельной подготовки и вопросы для контроля знаний обучающихся.

Пособие подготовлено на кафедре «Технологии строительных материалов и деревообработки» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2014  
© Береговой В.А., Кислицына С.Н.,  
Болтышев С.А., 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение курса «Введение в профессию» дает возможность познакомиться практически со всеми вопросами, изучаемыми студентами, обучающимися по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств». Естественно, в рамках данного учебного курса невозможно детально осветить специфику дисциплин профессионального цикла («Проектирование лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств лесного комплекса», «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», «Древесиноведение, лесное товароведение», «Технология клееных материалов», «Изделия из древесины», «Оборудование отрасли», «Консервирование древесины» и др.).

Во введении изложены общие сведения об университете: основные исторические даты, план расположения учебных и вспомогательных корпусов, возможности для развития студентов в научном и профессиональном плане.

В первом разделе дан анализ состояния и перспектив развития отечественного лесопромышленного комплекса, начиная от характеристики лесных ресурсов и древесных материалов и заканчивая экономическими предпосылками, способствующими ускорению его развития. Здесь же приведены современные сведения об особенностях лесорастительных условий региона и основных деревообрабатывающих предприятиях, играющих важную роль в развитии экономики Пензенской области. Дана характеристика отдельных зон инвестиционного развития в рамках формирования в регионе эффективного лесного кластера.

Во втором разделе рассматриваются особенности микроструктуры и химического состава древесного сырья, обуславливающие формирование комплекса физических, механических, химических и технологических свойств этого вида природного сырья. Приведены основные расчетные зависимости в системе «состав – структура – свойства» применительно к древесине различных пород.

В третьем разделе приведены сведения о полимерных материалах в технологии деревопереработки, без которых невозможно представить процессы получения важнейших видов современных древесно-плитных материалов, а также клееных изделий и конструкций. Детально описаны свойства и условия применения клеев для соединения древесных материалов с учетом их химической основы. Даны сведения о

теории склеивания и формирования прочности клеевого шва, раскрывающие механизм протекающих физико-химических процессов.

Четвертый раздел посвящен вопросам, относящимся к первому важнейшему технологическому этапу превращения растущего дерева в конечный продукт – технологии лесосечных работ. Даны основные термины и понятия в области лесозаготовок, включая элементы проектирования лесосечных работ.

В пятом разделе приведены общие сведения о технологии сушки древесины, ее режимах и влияющих факторах. Сделано сравнение отдельных видов камерной сушки с точки зрения качества высушенного материала и затрат на ее проведение. Определены экономически оправданные типы сушильных устройств для региональных условий. В конце раздела описываются отдельные элементы технологии пропитки древесного сырья, проводимой с целью придания ему новых качеств.

В шестом разделе дана характеристика отдельных видов материалов и изделий из древесины. Имеются сведения об основах технологии производства важнейших типов древесных плит и области их рационального использования. Особое внимание уделено анализу перспективных направлений развития технологий производства древесно-плитных материалов.

Седьмой раздел содержит сведения о технологическом обеспечении производственного процесса, включая специфику лесопильно-деревообрабатывающих производств, классификацию и принципы выбора оборудования для производства пиломатериалов.

## ВВЕДЕНИЕ

В 2013 году наш университет отметил 55-летие со дня основания. История его становления началась в 1958 году, когда на базе строительного факультета Индустриального института был образован Пензенский инженерно-строительный институт (ИСИ).

Серьезные изменения в статусе Пензенского ИСИ произошли в период с 1996 по 2003 гг.:

✓ в 1996 г. – получение статуса академии и переименование в Пензенскую государственную архитектурно-строительную академию (ПГАСА);

✓ в 2003 г. – получение статуса университета и переименование в Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС).

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства развивался, реагируя на запросы времени подготовкой инженеров актуальных и нужных специальностей. Сначала это были инженеры-строители широкого профиля, выпускаемые строительным факультетом, а в середине 1960-х годов, в период массового индустриального строительства, был начат выпуск инженеров-технологов и специалистов по тепло-, газо- и водоснабжению.

В 1970-е годы Пензенский ИСИ стал готовить архитекторов, а чуть позже архитекторов-градостроителей. В ответ на необходимость решения насущных задач региона в 1980-е годы началась подготовка специалистов по реконструкции и реставрации зданий.

Изменение социально-экономических условий развития страны и рынка труда в 90-е годы прошлого столетия стало причиной открытия новых специальностей в университете. Наш вуз начал готовить менеджеров и экономистов, а также инженеров автомобильного хозяйства, специалистов по инженерной защите окружающей среды, по городскому строительству и хозяйству, гидротехническому строительству, стандартизации и сертификации, информационным системам и организации дорожного движения.

Вместе с открытием новых специальностей в составе университета появились новые факультеты и институты: к концу 1998 года в вузе сформировалось два института и 5 факультетов (рис. 1).

В 2007 году в рамках реализации региональной программы развития лесного кластера, принятой Правительством Пензенской области по инициативе Губернатора, состоялся первый прием по актуальной для нашего региона специальности 250403 «Технология деревообра-

ботки». Всего на первый курс по новой специальности было зачислено 25 студентов. Выпускающая кафедра была образована на базе кафедры «Строительные материалы», входящей в состав технологического факультета. Первый выпуск специалистов состоялся в 2012 г. Общее количество студентов, обучающихся сейчас по данному направлению подготовки, составляет 70 человек.

В 2012 году на базе кафедр «Строительные материалы» и «Технологии бетонов, керамики и вяжущих» была организована новая выпускающая кафедра «Технологии строительных материалов и деревообработки». В настоящее время на кафедре продолжается подготовка инженеров по этой специальности, а также проводится обучение в рамках бакалавриата по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

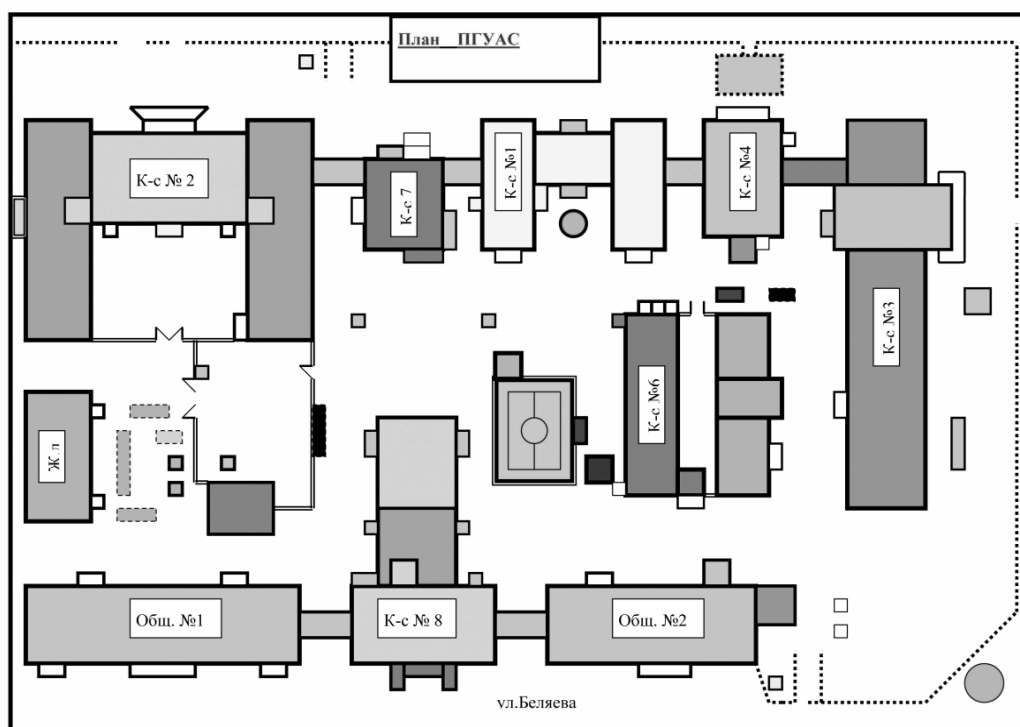


Рис. 1. План территории университета: схема расположения учебных и вспомогательных корпусов [2]

Сегодня Пензенский государственный университет архитектуры и строительства является одним из ведущих научных и образовательных учреждений Приволжского федерального округа. На его базе функционируют 4 докторских диссертационных совета, очная и заочная аспирантура, докторантура, ведется подготовка специалистов высшей квалификации по 19 специальностям.

В университете ежегодно выпускается более 50 монографий, а также периодический научный журнал «Региональная архитектура и строительство».

Ученые и студенты университета успешно участвуют в научных конкурсах, конкурсах грантов, проводимых Министерством образования и науки Российской Федерации, Федеральным агентством по науке и инновациям, Российским фондом фундаментальных исследований и многими другими государственными и общественными организациями и фондами.

Большое внимание уделяется научно-исследовательской работе молодых ученых, аспирантов и студентов. Для осуществления системной работы по поддержанию и усилению кадрового потенциала университета, качественного отбора студентов, поступающих в аспирантуру, в ПГУАС функционирует программа «Таланты университета». Успешно работает Совет молодых ученых и специалистов. Студенты, аспиранты и молодые ученые участвуют во всероссийских и международных конкурсах, выставках научно-технического творчества и других научных мероприятиях.

В университете при кафедрах работает 30 научно-технологических инновационных центров, координацию работы которых осуществляет Инновационный научно-технологический центр.

# 1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЛПК

## 1.1. Лесные ресурсы и древесные материалы

Лесистость территории России составляет 22 %. Наша страна занимает первое место в мире по обеспеченности лесами (более 73 млрд м<sup>3</sup>), обладая примерно 1/4 мировых запасов древесины, что в 3,5 раза больше по сравнению с США и в 3 раза больше, если сравнивать с Канадой [3].

Ежегодная расчетная лесосека страны равна 500 млн м<sup>3</sup>, при этом отечественная древесина по совокупности физико-механических, природных и лесоводческих параметров характеризуется высоким качеством, чему способствуют почвенно-климатические условия, благоприятные для произрастания на большей части страны ценных хвойных пород (более 58 млрд м<sup>3</sup>, или около 50 % мировых запасов).

Климатические особенности способствовали естественной специализации промышленности многих регионов страны в области лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств. В настоящее время в 45 субъектах Российской Федерации на долю лесопroduкции приходится от 10 до 50 % общего объема промышленного производства [4].

В лесах России произрастает более 300 видов деревьев. Примерный породный состав запасов основных лесобразующих пород приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Породный состав лесных ресурсов страны

| Древесные породы                  | Относительное содержание, % |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Хвойные (всего), из них:          | 79,0                        |
| лиственница                       | 31,4                        |
| сосна                             | 20,0                        |
| сосна кедровая                    | 10,1                        |
| ель                               | 14,5                        |
| пихта                             | 3                           |
| Мягколиственные (всего), из них:  | 16,6                        |
| береза                            | 11,6                        |
| осина                             | 5,0                         |
| Твердолиственные (всего), из них: | 4,4                         |
| береза каменная                   | 2,4                         |
| дуб                               | 1,5                         |
| бук                               | 0,5                         |



Леса распределены по территории страны неравномерно: основные лесозаготовительные районы сконцентрированы в Северо-Уральском и Сибирско-Дальневосточном направлениях. Сведения о районировании лесных ресурсов по территории страны, а также по объемам, доступным к эксплуатации, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Характеристика лесосырьевой базы  
отдельных федеральных округов, млн м<sup>3</sup> [5]

| Показатели         | Центральный | Северо-западный | Южный | Сибирский | Приволжский | Уральский | Дальневосточный |
|--------------------|-------------|-----------------|-------|-----------|-------------|-----------|-----------------|
| Общий запас        | 3669,4      | 9907,6          | 707,4 | 33650,6   | 5308,2      | 7693,4    | 20899,4         |
| Годичный прирост   | 70,5        | 130,1           | 10,1  | 353,7     | 106,0       | 93,1      | 207,1           |
| Расчетная лесосека | 34,0        | 102,7           | 1,3   | 204,0     | 57,1        | 61,5      | 92,9            |
| Рубки ухода        | 8,4         | 5,2             | 1,2   | 5,0       | 8,5         | 5,0       | 1,7             |

Для переработки лесных ресурсов страны сформирован и действует мощный лесопромышленный комплекс. Основные классификационные признаки предприятий ЛПК показаны на рис. 2.

Большое разнообразие продукции, вырабатываемой на основе древесного сырья, не позволяет провести ее четкое разделение по определенным признакам. Например, в многочисленную группу композиционных материалов из измельченной древесины (ДСП, ДВП, ЛВЛ, МДФ и др.) можно отнести изделия, получаемые в результате механической или химической переработки леса. На рис. 3 приведены важнейшие виды древесной продукции с учетом степени переработки природного сырья.



Рис. 2. Основные виды предприятий ЛПК [5]

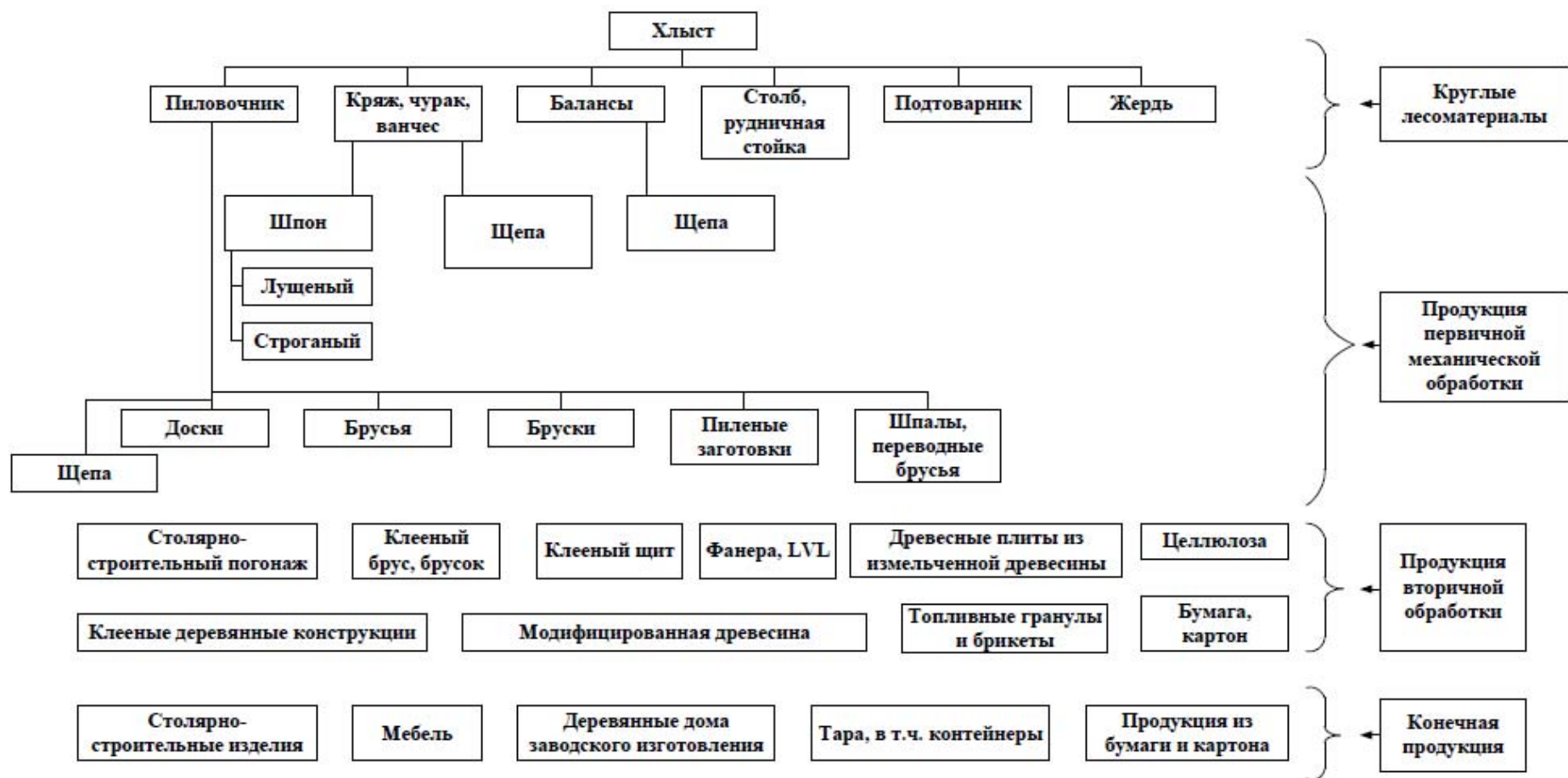


Рис. 3. Классификация основных видов древесной продукции [5]

В рамках профессиональной подготовки инженера-технолога объектами детального изучения являются: лес; древесина в виде круглых лесоматериалов и обработанных лесоматериалов – пиломатериалов, щепы, шпона, фанеры, древесно-стружечных плит; вспомогательные материалы в виде смол, клеев, лаков, красок и другие материалы. В современных условиях основные потребители древесной продукции – это строительная и мебельная отрасли. Показатели свойств древесных материалов применительно к указанным отраслям приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Показатели свойств древесных материалов  
для строительства

| Свойства                     | Наименование материала |      |             |                    |           |                    |           |           |
|------------------------------|------------------------|------|-------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
|                              | Пиломатериалы          |      |             | Фанера водостойкая |           | ДСтП (водостойкая) | OSB/3     | MDF       |
|                              | сосна                  | ель  | лиственница | хвойная            | березовая |                    |           |           |
| Толщина, мм                  | 25...50                |      |             | 9...30             | 3...30    | 6...30             | 6...38    | 6...30    |
| Плотность, кг/м <sup>3</sup> | 470                    | 450  | 640         | 550                | 625       | 650                | 650       | 725       |
| Прочность, МПа, при:         |                        |      |             |                    |           |                    |           |           |
| – изгибе                     | 71,8                   | 70,3 | 98,5        | 60...80            | 60...100  | 15...25            | 55...65   | 20...35   |
| – скалывании                 | 6,2                    | 6,3  | 8,7         | 1,0                | 1,5       | 0,14...0,7         | 0,2...0,5 | 0,5...0,7 |
| $E_{упр}$ , ГПа              | 11,9                   | 9,3  | 13,8        | 9...11             | 10...12   | 2,5...3,5          | 9,0...10  | 2,0...3,5 |
| Влажностная деформация, %    | 0,1                    |      |             | 0,06...0,07        |           | 0,25...0,3         |           |           |
| Использование снаружи        | да                     | да   | да          | да                 | да        | нет                | да        | нет       |
| Биостойкость                 | ++                     | ++   | +++         | +++                | ++        | +                  | ++        | +         |

Таблица 4

Показатели свойств древесных материалов  
для производства мебели

| Свойства                        | Наименование изделия |                                    |          |                          |           |           |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------|--------------------------|-----------|-----------|
|                                 | Пиломатериалы        |                                    |          | Фанера<br>бере-<br>зовая | ДСтП      | MDF       |
|                                 | хвой-<br>ные         | лиственные                         |          |                          |           |           |
| коль-<br>цесосу-<br>дистые      |                      | рассеян-<br>но-<br>сосудис-<br>тые |          |                          |           |           |
| Толщина, мм                     | 25...50              | 25...50                            | 25...50  | 3...30                   | 6...30    | 6...30    |
| Плотность,<br>кг/м <sup>3</sup> | 420                  | 500                                | 450      | 550...700                | 600...700 | 650...800 |
| Прочность на<br>изгиб, МПа      | 69...85              | 103...128                          | 68...110 | 60...100                 | 15...25   | 20...35   |
| Сравнительная<br>оценка:        |                      |                                    |          |                          |           |           |
| – технологич-<br>ность          | ++                   | +                                  | ++       | +++                      | +++       | ++        |
| – атмосферо-<br>стойкость       | +++                  | +++                                | +++      | +++                      | ++        | ++        |
| – декоратив-<br>ность           | +++                  | +++                                | +++      | ++                       | +         | ++        |
| – биостойкость                  | ++                   | ++                                 | ++       | +++                      | +++       | +++       |
| – токсичность                   | +                    | +                                  | +        | ++                       | +++       | ++        |

Анализ данных (см. табл. 3 и 4) показывает, что по большинству показателей ДСтП проигрывает MDF и OSB. Поэтому в настоящее время наблюдается динамичное развитие производства ориентированно-стружечных плит, замещающих в целом ряде практических приложений традиционные ДСтП.

## 1.2. Экономические предпосылки для развития отечественного ЛПК

Ежегодно в мире заготавливается 3,5 млрд м<sup>3</sup> древесины, что обеспечивает мировое производство древесной продукции на сумму 370 млрд долларов. Однако отечественная лесосырьевая база используется не рационально: для заготовки одинакового объема леса в Рос-

сии требуется территория, площадь которой в 5..7 раз больше, чем в соседней Финляндии. Доля ЛПК в структуре промышленности России почти в 2 раза меньше по сравнению с США (9,4 %), Францией (8,7 %), Италией (8,4 %), Германией (7,9 %), Японией (7,0 %) [4].

В настоящее время только в экспорте круглого леса наша страна занимает ведущую позицию (более 26 %). Вместе с тем за последние годы произошли положительные изменения, позволившие несколько увеличить относительную долю отечественных предприятий в мировом производстве: пиломатериалов (до 6 %), листовых древесных материалов (до 3,5 %), бумаги и картона (до 2 %) [4].

Из производимой в России продукции экспортируется: лесоматериалов – 36 %, фанеры клееной – 63 %, целлюлозы товарной – 66 %, бумаги газетной – 60 %. В структуре лесного экспорта преобладает круглый лес, доля которого в валютной выручке составляет в среднем 33 %, лесоматериалов обработанных – 21 %, целлюлозы – 10 %, фанеры клееной – 6 %, бумаги газетной – 7 % [4].

Важным фактором, способным придать импульс технологической модернизации и существенному ускорению роста объемов выпуска лесопродукции с глубокой степенью переработки, является неудовлетворенный спрос стран ближнего и дальнего зарубежья.

В странах Европейского Союза наблюдается дефицит по следующим позициям лесобумажной продукции [5]:

- ✓ по круглому лесу – в объеме 27 млн м<sup>3</sup>;
- ✓ по пиломатериалам – 13 млн м<sup>3</sup>;
- ✓ по листовым древесным материалам – 7 млн м<sup>3</sup>;
- ✓ по древесным полуфабрикатам (целлюлоза) – 5 млн т;
- ✓ по бумаге и картону – 5,2 млн т.

В странах Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии также наблюдается рост потребления лесоматериалов в объемах, превышающих собственное производство. По этой причине к 2017 году прогнозируется дефицит ресурсов по всем основным видам лесоматериалов:

- ✓ по круглому лесу – 135 млн м<sup>3</sup>;
- ✓ по пиломатериалам – 63 млн м<sup>3</sup>;
- ✓ по древесным плитам – 51 млн м<sup>3</sup>;
- ✓ по целлюлозе – 52 млн т;
- ✓ по бумаге и картону – 45 млн т.

Однако до настоящего момента на рынках азиатских стран Россия выступает в роли поставщика круглого леса. Высокий удельный вес валютной выручки от продажи круглых лесоматериалов (более 1/3) свидетельствует о несовершенной структуре производства российского

ЛПК, а также о недостаточном развитии отраслей, связанных с химической и химико-механической переработкой древесины.

Общемировые тенденции развития производства, потребления и торговли лесобумажной продукцией, которые необходимо учитывать при проектировании и реконструкции отечественных предприятий, состоят в следующем<sup>1</sup>:

1. Ориентация на совершенствование структуры лесопромышленного производства за счет увеличения производств по углубленной переработке древесины и утилизации древесных отходов.

2. Постоянное совершенствование технического уровня производства, предусматривающее применение высокопроизводительных машин и оборудования, а также прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих выпуск конкурентоспособной продукции и расширение ассортимента продукции.

3. Устойчивый спрос на современные виды лесобумажной продукции (LVL, OSB, HDF, MDF) на внутреннем и внешнем рынках.

4. Наличие мощных транснациональных промышленных структур, способных эффективно сглаживать циклические колебания цен на продукцию высокой добавленной стоимости и снижать цены на древесное сырье.

5. Рост валового внутреннего продукта ведущих стран мира в последние годы во многом связан с прогрессивными тенденциями в развитии их лесопромышленного комплекса.

### 1.3. Лесные ресурсы и лесопромышленный комплекс Пензенской области

**1.3.1. Лесосырьевая база.** Пензенская область обладает сравнительно большими лесосырьевыми ресурсами: площадь лесов составляет около 983 тыс. га (лесистость территории 21,4 %), а общий запас древесины – 139,3 млн м<sup>3</sup>[6].

✓ Расчетная лесосека определена в размере 1,4 млн м<sup>3</sup>, из них по хвойному хозяйству – 378,6 тыс. м<sup>3</sup>. В Пензенской области ежегодно заготавливается порядка 800 тыс. м<sup>3</sup> древесины промышленных пород.

Органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в сфере лесных отношений по Пензенской области является Управление лесами Пензенской области. В его ведении находятся леса, распо-

---

<sup>1</sup> Электронный ресурс [www.fao.org](http://www.fao.org), [www.government.ru](http://www.government.ru)

ложенные на землях лесного фонда, – 883,9 тыс. га (86,3 % общей площади лесов области).

На территории Пензенской области имеются леса на землях следующих категорий [6]:

– леса, находящиеся на землях Министерства обороны, – 12,9 тыс. га (1,3 % от общей площади лесов области);

– леса, находящиеся на землях населенных пунктов, – 12,2 тыс. га (1,2 % от общей площади лесов области);

– леса, расположенные на землях иных категорий, – 81,1 тыс. га (8,2 % от общей площади лесов области).

В породной структуре лесов преобладают мягколиственные древостои, на долю которых приходится 50,6 % площади покрытых лесной растительностью земель. Хвойные насаждения занимают 30,8 %, а твердолиственные – 18,6 %.

Среди лесообразующих пород важное промышленное значение имеют сосна (29,6 %) и дуб низкоствольный (15,9 %). Из мягколиственных пород значительный удельный вес приходится на березу (20,9 %) и осину (19,3 %). Липа в общей площади покрытых лесной растительностью земель занимает 8,4 %. Остальные породы (клен, вяз, ольха черная, тополь, ива, тальник) имеют незначительные площади и существенного влияния на общую картину распределения пород не оказывают. Свойства основных промышленных пород древесины, произрастающей на территории Пензенской области, приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Физико-механические свойства древесины

| Порода | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Прочность, МПа |            |                 |                | Твердость, МПа | Биостойкость |
|--------|------------------------------|----------------|------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|
|        |                              | при сжатии*    | при изгибе | при растяжении* | при скалывании |                |              |
| Ель    | 450                          | 44             | 80         | 120             | 6,8            | 23,3           | ++           |
| Сосна  | 500                          | 48             | 85         | 110             | 7,5            | 26,0           | ++           |
| Дуб    | 700                          | 58             | 106        | 130             | 10             | 61,5           | +++          |
| Береза | 630                          | 55             | 105        | 125             | 9,2            | 42,5           | +            |
| Липа   | 495                          | 39             | 70         | 85              | 8,6            | 23,5           | +            |
| Осина  | 480                          | 42             | 78         | 120             | 6,2            | 24,0           | +            |
| Тополь | 450                          | 36             | 60         | 80              | 8,0            | 24,0           | +            |

\* Вдоль волокон.

Из-за большой протяженности области наблюдается разнообразие почвенно-растительных условий. Леса, расположенные в северо-за-



падной и северо-восточной частях области, представлены крупными массивами, в которых преобладают сосна, береза и осина, а насаждения твердолиственных пород занимают около 16 %. В юго-западной, южной и юго-восточной частях области в основном встречаются дубравы в сочетании с березняками, липняками, осинниками и другими вторичными типами лиственных лесов, а доля хвойных снижается до 20 %. Леса в этой части области имеют островной характер, приурочены, как правило, к поймам и долинам рек или возвышенным частям рельефа. Большую же часть территории здесь занимают безлесные пространства с плодородными черноземными почвами, занятыми сельскохозяйственными культурами [6].

Леса Пензенской области по признаку относительной однородности роста древостоев, одинаковой производительности основных лесобразующих пород отнесены к Юго-Восточному лесотаксационному району (Среднее Поволжье).

Важным критерием оценки является тип леса – основная классификационная лесоводственная единица, объединяющая леса с однородными лесорастительными условиями определенного типа с соответствующим породным составом древостоев, другой растительностью и фауной. В основу типологической характеристики лесов Пензенской области положена биогеоценотическая классификация типов леса академика В.Н. Сукачева, как наиболее полно отражающая сущность взаимосвязи различных лесобразующих факторов в условиях Средневолжского лесотаксационного района. При этом наименование типа леса составляется из названия преобладающей древесной породы (ведущий эдификатор) и представителя напочвенного покрова (индикатор условий местопроизрастания), например, сосняк черничниковый, сосняк лещино-липовый, дубняк крапивный, березняк осокотравный и т.д.

Важнейшим критерием при определении типа условий местопроизрастания конкретного таксационного выдела является состав насаждений. Согласно эдафической сетке П.С. Погребняка, в условиях Пензенской области древесные породы естественного происхождения распределяются следующим образом [6]:

А (боры) – произрастают сосна и береза. Дуб и осина могут встречаться очень редко в свежих и влажных условиях (А2-3);

В (субори) – произрастают сосна, береза в 1-м ярусе, дуб, осина – во 2-м. Липа может встречаться только в форме подлеска и единичными экземплярами в виде деревьев 2-го яруса;

С (судубравы) – произрастают сосна, береза, дуб, осина. В форме подлеска или деревьев 2-го яруса могут встречаться, вяз, ильм, клен;

Д (дубрава) – произрастают дуб, липа, осина, береза (редко). Сосна только в культурах. В составе древостоя обычны вяз, ильм, клен, в лучших условиях – ясень.

В классификации для произрастающих пород указан, как правило, интервал классов бонитета – I-II, III-IV и т.п. Следует иметь в виду, что более высокий класс бонитета обычно свойственен древостою в молодом возрасте. Снижение класса бонитета с возрастом обуславливается особенностями почвенного профиля, глубиной корнеобитаемого слоя, степенью сомкнутости древостоя и т.д.

Леса области, расположенные на землях лесного фонда, и леса, расположенные на землях иных категорий, согласно Лесному кодексу РФ (ст.10), по целевому назначению подразделяются на защитные и эксплуатационные.

К защитным лесам отнесены леса, которые подлежат освоению в целях сохранения средообразующих, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций лесов с одновременным использованием лесов при условии, если это использование совместимо с целевым назначением защитных лесов и выполняемыми ими полезными функциями. Эти леса занимают 54,6 % общей площади лесов области.

К эксплуатационным лесам отнесены леса, которые подлежат освоению в целях устойчивого, максимально эффективного получения высококачественной древесины и других лесных ресурсов, продуктов их переработки с обеспечением сохранения полезных функций лесов. Эти леса занимают 45,4 % общей площади лесов области. Резервных лесов на территории Пензенской области нет. Распределение площади лесов, расположенных на землях лесного фонда, по целевому назначению приведено на рис. 4.



Рис. 4. Распределение площади лесов Пензенской области (%)

**1.3.2. Характеристика регионального ЛПК.** В области зарегистрировано более четырехсот предприятий по переработке древесины. Без учета производства мебели доля, занятая этим сектором в общем объеме регионального промышленного продукта, составляет 10 %. Продукция лесопромышленного комплекса (ОАО «Фанерный завод «Власть труда» (фанера клееная, детали мебели), ЗАО «Фотон» (мебель деревянная), ООО «Спичечная фабрика «Победа» (спички)) традиционно входит в группу основных экспортно-формирующих товаров нашей области.

Лесопромышленный комплекс региона представлен предприятиями лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

Лесозаготовительная промышленность сосредоточена в наиболее лесистых (северо-восточных) районах Пензенской области. Основными лесозаготовителями являются предприятия-арендаторы: ЗАО «Дера», ЗАО «Фотон», ООО «Леспромхоз Кузнецкий», ООО «Двориковский леспромхоз», ООО «Леспромхоз Чибирлейский», ООО «Кузнецклес», ООО «Кадада-лес», ООО «Сосновоборское лесное хозяйство», ООО «Альфа-Траст», ООО «Русский лес». Эти предприятия являются также и основными потребителями древесины.

Деревообрабатывающая промышленность области представлена предприятиями по выпуску мебели, фанеры, древесно-стружечных плит, древесно-полимерных композитов, деревянных строительных конструкций, пиломатериалов, деревянной тары, столярных изделий, межкомнатных дверей, спичек. Крупными предприятиями по производству изделий из древесины являются: ОАО «Фанерный завод «Власть труда», ЗАО «Дера», ЗАО «Фотон», «Чаадаевский завод ДСтП», мебельная фабрика «Лером» и другие.

Производство целлюлозно-бумажной продукции сосредоточено в г. Пензе на предприятии ОАО «Маяк» (ООО «Маяк Техноцелл», ОАО «Маяк-канц»), выпускающем бумажно-беловые товары, обои, тетради, декоративную бумагу-основу для мебельных предприятий России и СНГ: около половины всей производимой в России мебели выпускается с применением облицовочных материалов ОАО «Маяк». На ОАО «Маяк» отсутствует собственное производство целлюлозы, что вызывает необходимость ее закупки на ОАО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат».

Анализ данных по объемам производства основных видов продуктов переработки древесины и доли их экспорта показывает, что ведущими видами лесной продукции, реализуемой на внутреннем и

внешнем рынках, являются круглые лесоматериалы, пиломатериалы, фанера, древесные плиты. В перечне товаров из древесного сырья, экспортируемых из Пензенской области в страны дальнего зарубежья, преобладает клееная фанера (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Структура поставок лесопродукции предприятиями-изготовителями  
(в % к итогу)

| Наименование продукции/рынки<br>сбыта | Удельный вес, % |
|---------------------------------------|-----------------|
| Пиломатериалы (всего), в том числе:   | 100             |
| – экспорт                             | 69,6            |
| – рынок своей области                 | 18,8            |
| – другие области России               | 11,6            |
| ДСтП (всего), в том числе:            | 100             |
| – экспорт                             | –               |
| – рынок своей области                 | 17,4            |
| – другие области России               | 82,6            |
| Фанера клееная (всего), в том числе:  | 100             |
| – экспорт                             | 32,0            |
| – рынок своей области                 | 43,2            |
| – другие области России               | 24,8            |

Перспективы развития регионального лесопромышленного комплекса целесообразно рассматривать с учетом территориального аспекта. Территорию области по природно-экономическим условиям можно разделить на три характерные зоны: северо-западную; юго-западную и восточную. В восточной зоне находится 62,2 % эксплуатационного запаса лесов, расположенных на землях лесного фонда. В северо-западной и юго-западной зонах – 31 и 6,8 % соответственно. В этой связи при определении направлений развития лесопромышленного комплекса необходимо учитывать различия в породном и качественном составе лесов, удаленности лесосеки от транспортных путей и степени развитости предприятий по переработке древесины. Объединение предпосылок и приоритетов развития с возможностями лесосырьевого, производственного потенциалов и транспортной инфраструктуры открывает для лесопромышленного производства перспективу стать одним из направлений экономического роста на территории

каждой зоны. Зоны инвестиционного освоения лесов Пензенской области будут тяготеть к северо-западной и восточной зонам (рис. 5).

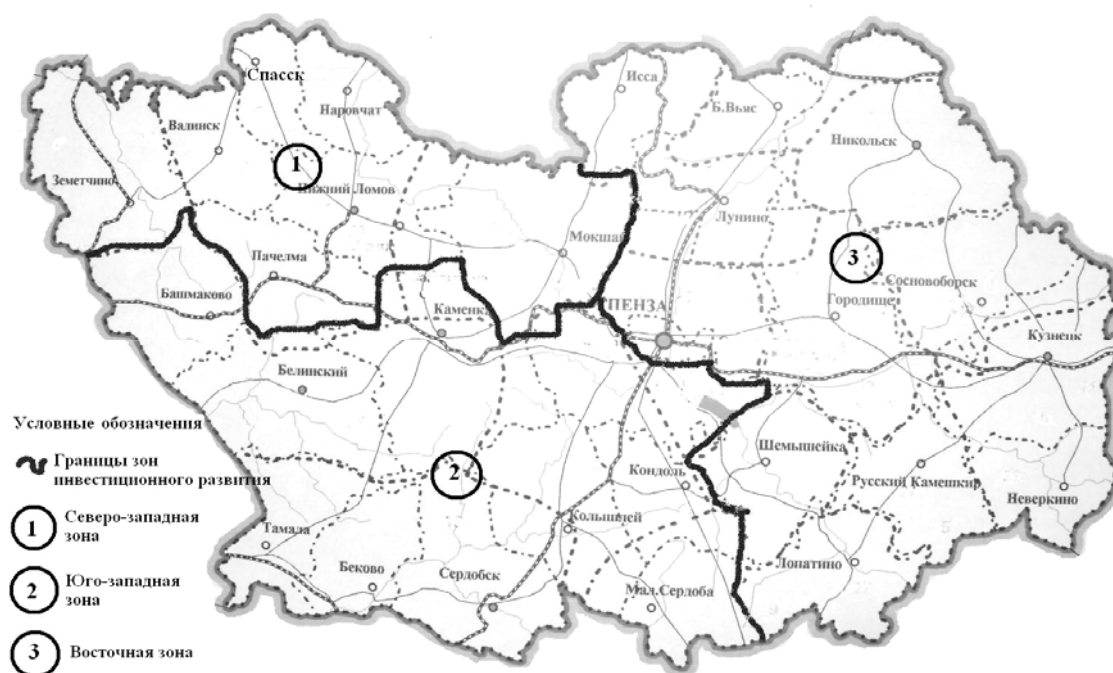


Рис. 5. Карта расположения зон перспективного развития ЛПК

Лесосырьевой потенциал отдельных региональных зон развития характеризуется показателями, приведенными в табл. 7.

Таблица 7

Лесосырьевой потенциал региональных зон развития

| Наименование ресурса                                     | Количественные показатели зон |           |        |
|--|-------------------------------|-----------|--------|
|  | северо-западной               | восточной | южной  |
| Эксплуатационный запас древесины, тыс. м <sup>3</sup>    | 7654,2                        | 15370,8   | 1671,7 |
| Расчетная лесосека по видам рубок, тыс. м <sup>3</sup> : | 503,7                         | 1014,5    | 83,4   |
| – по хвойному хозяйству                                  | 84,2                          | 277,1     | 17,3   |
| – по твердолиственному хозяйству                         | 97,1                          | 93,6      | 24,8   |
| – по мягколиственному хозяйству                          | 322,4                         | 643,8     | 41,3   |
| Использование расчетной лесосеки, %:                     | 30,1                          | 63,6      | 51     |
| – по хвойному хозяйству                                  | 78,1                          | 138       | 127,7  |
| – по твердолиственному хозяйству                         | 2,1                           | 10,9      | 0,8    |
| – по мягколиственному хозяйству                          | 25,8                          | 36,1      | 26,8   |

*Северо-западная зона.* Основу перспективного развития северо-западной зоны, охватывающей 7 муниципальных районов области, составляют расположенные на ее территории предприятия, занимающиеся лесопромышленной деятельностью, а также новые деревоперерабатывающие производства, строительство которых планируется в Земетчинском районе. На этой территории лесозаготовительную и лесоперерабатывающую деятельность осуществляют фанерный завод (г. Н. Ломов), ООО «Спичечная фабрика «Победа» (с. В. Ломов) и индивидуальные предприниматели.

Наиболее значимым для региона является ЗАО «Фанерный завод «Власть труда». Этот завод является одним из старейших предприятий деревообрабатывающей отрасли региона. Основанный в 1858 году, он специализировался на производстве спичек, а в 1937 году был переориентирован на выпуск клееной фанеры для авиации. После реконструкции, проведенной в 80-х годах прошлого столетия, годовая мощность завода достигла 52 тыс. м<sup>3</sup>. Сегодня фанерный завод является важнейшим экспортно-ориентированным предприятием области: более 70 % производимой продукции поставляется в США, Италию, Германию, Швецию, Англию, Эстонию, Египет, Ливию, также в страны азиатского региона.

Основу выпускаемой продукции составляет фанера различных марок: общего назначения марок ФСФ (на основе фенолоформальдегидных смол повышенной водостойкости); ФК (для внутреннего применения на основе карбамидных смол); фанера берёзовая для экспорта марок ФСФ-Э и ФК-Э; фанера трудногорючая для строительства (ФСФ-Т); фанера трудногорючая для вагностроения (ФСФ-ТВ), а также клееные детали мебели.

В северо-западной зоне перспективным является наращивание мощностей по производству клееной фанеры, а также продукции механической обработки за счет строительства лесопильных производств, оснащенных современным деревообрабатывающим оборудованием, способным вырабатывать конкурентоспособную на российских и зарубежных рынках продукцию.

С целью развития технологий глубокой лесопереработки планируется реализация инвестиционного проекта по строительству завода мощностью 200 тыс. м<sup>3</sup> в год OSB-плит в Земетчинском районе (с. Оторма). Оценочная стоимость предприятия составляет 2,1 млрд руб. при сроке реализации проекта 2 года.

*Восточная зона.* В восточной инвестиционной зоне лесопереработка наиболее развита, поэтому главные задачи ее развития – повышение

эффективности имеющихся производственных мощностей механической обработки древесины, а также ввод новых деревоперерабатывающих производств по углубленной переработке древесины.

Основу развития восточной зоны, охватывающей 12 районов области, составляют крупные лесопромышленные предприятия, расположенные на ее территории, в том числе:

✓ лесозаготовительные: ООО «Леспромхоз Чибирлейский», ООО «Леспромхоз Кузнецкий», ООО «Сура-Сервис»; ООО «Кузнецклес», ООО «Русский лес»; ООО «Кадада-лес»; ООО «Двориковский леспромхоз», ООО «Неверкинский РСУ», ОАО «Евлашевский лесоперерабатывающий комбинат», ЗАО «Дера», ЗАО «Фотон»;

✓ по переработке древесины: ОАО «Чаадаевский завод ДСП»;

✓ по производству мебели: ЗАО «Дубровчанка» и ОАО «Кузнецкий мебельный комбинат».

Наряду с этим, в данной зоне проектируются реконструкция существующих и строительство новых деревоперерабатывающих производств:

✓ Городищенский район – реконструкция Чаадаевского завода ДСП (строительство линии по производству синтетической смолы)

✓ Лунинский район – организация производства оцилиндрованной древесины и строительство цеха по переработке древесины в топливно-древесные гранулы (пеллеты);

✓ Никольский район – строительство завода по производству полимеркомпозитных материалов (ЗАО «Дера»);

✓ Сосновоборский район – строительство цеха по переработке древесины мягколиственных пород в топливно-древесные гранулы (пеллеты);

✓ Кузнецкий район – строительство завода по производству плит OSB;

✓ Шемышейский район – строительство цеха по переработке отходов и низкосортной древесины для отопления, цеха по гранулированию опилок для птицефабрик;

✓ Лопатинский район – ввод в действие линии по брикетированию отходов деревообработки.

*Юго-западная зона.* Крупных лесоперерабатывающих предприятий в этой зоне не имеется. Для ускорения развития лесного сектора в этой зоне предусматривается максимальное приближение мощностей по переработке древесины к источникам сырья. В перспективе это будет возможно за счет строительства лесопильных цехов малой мощности в составе не только действующих лесозаготовительных предприятий, но

и как самостоятельных хозяйствующих субъектов малого бизнеса, имеющих в своей структуре лесозаготовительное производство в качестве цехов подготовки сырья.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте характеристику лесосырьевой базы России. Какие виды продукции лесопереработки составляют основу экспорта страны и почему ?

2. Чему равна расчетная лесосека Пензенской области? Назовите основные районы лесозаготовок на территории страны и области.

2. Приведите названия и относительный удельный вес главных промышленных пород, произрастающих на территории Пензенской области.

3. Назовите предпосылки для ускорения развития лесоперерабатывающего комплекса страны.

4. К какому лесотаксационному району относятся леса Пензенской области. Каким образом составляется наименование типа леса ?

6. Дайте характеристику эксплуатационных и защитных лесов.

7. Региональные зоны развития лесной и деревоперерабатывающей промышленности. Дайте характеристику лесосырьевому потенциалу северо-восточного района Пензенской области.



## 2. ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

### 2.1. Микроструктура и химический состав

Древесина является природным органическим материалом со сложной многокомпонентной структурой и непостоянным химическим составом. Процесс роста дерева влияет на качество формируемой древесины – источника сырья лесопромышленных предприятий. В разряд промышленного сырья дерево трансформируется после его отделения от корневой системы, происходящего в ходе выполнения лесосечных и лесозаготовительных работ.

Древесина растущего дерева приобретает характерную волокнистую структуру и соответствующие ей физико-механические свойства под длительным воздействием внешних и внутренних факторов. К основным внешним факторам можно отнести силовые (от ветровой нагрузки и массы кроны), тепловые (от переменной температуры окружающей среды и солнечного света), а также воздействие влаги. Внутренними структуроформирующими факторами являются процессы перемещения значительного объема жидкости из почвы к кроне и обратно, создания запаса питательных веществ, а также образования смолистых и дубильных соединений [7, 8].

Условия развития дерева способствуют его приспособляемости к силовым нагрузкам в поперечном и продольном относительно стола направлениях. Высокая сопротивляемость ветровым нагрузкам обеспечивается за счет следующих особенностей древесины: слоистое строение с правильным чередованием прослоек более мягкой весенней и более жесткой летней древесины; повышение модуля упругости ствола от вершины к комлю; сбег толщины от комлевой части ствола к вершине при высокой прочности на растяжение корней. Прочные наружные слои ствола при меньшей прочности сердцевины обеспечивают дереву надежную сопротивляемость большим вертикальным нагрузкам от массы кроны [7].

Древесина состоит из двух основных компонентов – целлюлозы и лигнина, которые находятся в тесной взаимосвязи, образуя единую пространственную структуру. Рассматривая особенности структуры древесины, можно провести ее сравнение со структурой железобетона: микрофибриллы целлюлозы по своей конструкционной функции соответствуют арматуре, а лигнин, обладающий высокой прочностью на сжатие, – бетону (рис. 6).

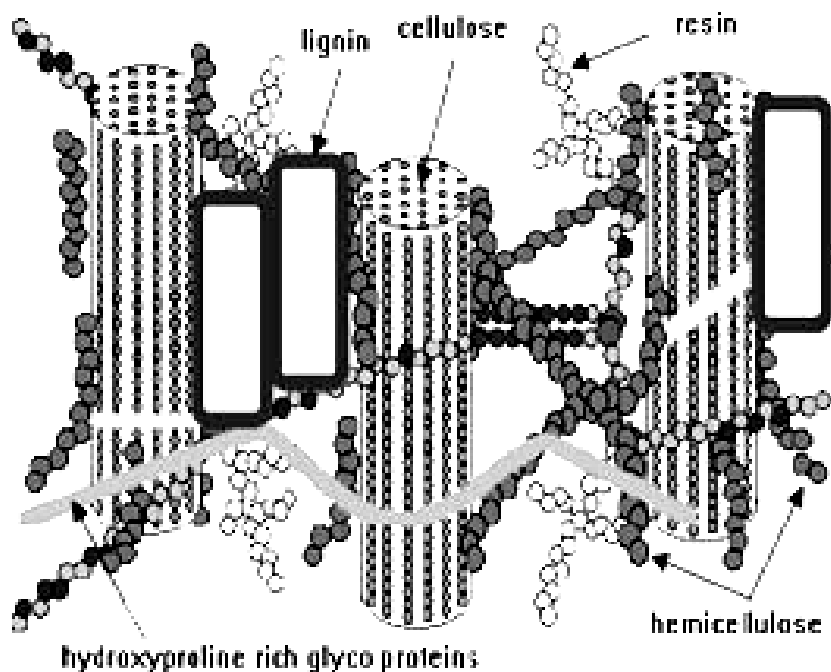


Рис. 6. Схема структурных элементов древесины [по материалам журнала «Nature Review. Molecular cell Biology»]

Как уже было сказано, состав древесины очень сложен и изменяется в больших пределах в зависимости от породного состава, условий произрастания, степени спелости и бонитета конкретного дерева. Тем не менее для создания и развития технологий, связанных с углубленной переработкой древесины важно выделить общие характерные особенности этой важнейшей группы природного сырья в системе «состав – структура – свойства».

Основным химическим компонентом древесины любой породы является целлюлоза – полисахарид с цепочным построением молекул, состав которого выражается формулой  $[C_6H_{10}O_5]_n$ , где  $n$  – степень полимеризации (рис. 7). Структурной единицей молекулы целлюлозы является остаток  $\beta$ -глюкозы  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ . Макромолекулы целлюлозы формируют длинные нитевидные образования, содержащие от 300 до 10000 остатков глюкозы, без боковых ответвлений [7].

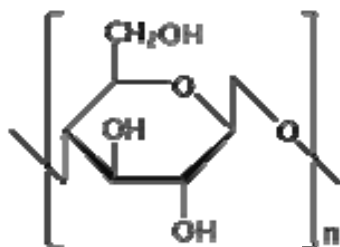
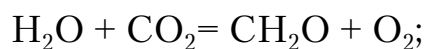


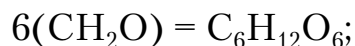
Рис. 7. Структурная формула молекулы целлюлозы

Процесс синтеза целлюлозы в растущем дереве можно представить в виде следующей упрощенной схемы:

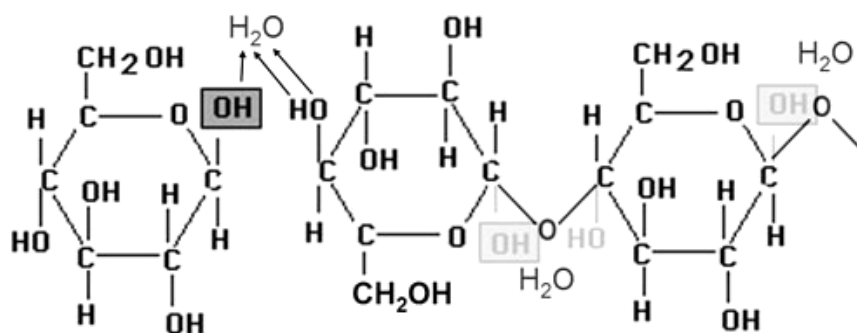
1 этап – образование формальдегида из воды и углекислого газа:



2 этап – молекулы формальдегида образуют глюкозу – основное питательное вещество, необходимое для роста дерева:



3 этап – синтез целлюлозы из большого числа молекул глюкозы (от нескольких сотен до десятков тысяч):



В результате синтеза образуется твердое вещество белого цвета, обладающее значительной прочностью на растяжение, а также высокой химической и термической стойкостью (порог деструкции +200 °С).

Из структурной формулы следует, что каждое звено макромолекулы целлюлозы содержит три гидроксильные группы (-ОН), способные образовывать водородную связь – химическую связь между водородным атомом гидроксила одной цепи и кислородным атомом гидроксила соседней цепи. Указанное взаимодействие «стягивает» отдельные молекулы в целлюлозных волокнах с эффектом существенного увеличения их жесткости.

Наличие большого числа гидроксильных групп обуславливает также гидрофильный характер поверхности древесины, т.е. ее способность хорошо смачиваться водой. С одной стороны, гидрофильность древесины является положительным качеством, поскольку повышает степень ее адгезионной способности и позволяет использовать для склеивания изделий более доступные клеи на водной основе. С другой стороны, это увеличивает сорбционную способность древесного вещества и приводит к существенному колебанию влагосодержания изделий

(в зависимости от параметров окружающего воздуха), которое сопровождается их деформацией.

В структурном отношении целлюлоза образует клеточную оболочку (стенку), а ее элементарная частица (фибрилла) – пучок макромолекул. Фибрилла имеет кристаллическую структуру, так как для нее типичным является регулярное расположение молекул, характерное для кристаллической решетки. Фибриллы входят в состав микрофибрилл, сохраняющих кристаллические (ориентированные) области. В некоторой части кристаллическая фаза перемежается с хаотическим (аморфным) расположением макромолекул, где отсутствует четко выраженная ориентация в микрофибриллах, а цепи значительно короче. Эту часть именуют гемицеллюлозой, причем установлено, что степень полимеризации макромолекул гемицеллюлозы составляет всего 100...200. Эти короткие цепи нередко встречаются среди кристаллических участков целлюлозного волокна, и тогда они достаточно прочно связываются с целлюлозой, образуя целлюлозаны [7].

Древесные целлюлозные волокна имеют спиральную структуру и содержат примерно 65...70 % кристаллической и 25...30 % аморфной (гемицеллюлозной) части. Причем у хвойных пород аморфной части меньше, у лиственных пород – больше (28...35 %) [8].

Другим структурообразующим компонентом древесины является лигнин. Лигнин – это высокомолекулярный природный полимер ароматического строения. Его количество в древесине хвойных пород составляет до 28...30 %, а в древесине лиственных пород – 18...24 %. Он был обнаружен в древесине более 150 лет назад, но до настоящего времени сложный состав не позволяет произвести его четкую химическую идентификацию. Известно, что лигнин представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения, а мономерные звенья его макромолекул состоят из производных фенилпропана [9]. Структуру лигнина изображают в виде смеси нерегулярных разветвленных полимеров сетчатой структуры (рис. 8).

От целлюлозы лигнин отличается повышенным содержанием углерода – 60...65 % (у целлюлозы – 44 %), что обусловлено его ароматической природой. Из девяти атомов углерода, составляющих структурную (фенилпропановую) единицу лигнина, шесть принадлежат ароматическому кольцу. В химическом отношении лигнин – реакционноспособный полимер. По сравнению с целлюлозой лигнин обладает меньшей стойкостью, легче окисляется.

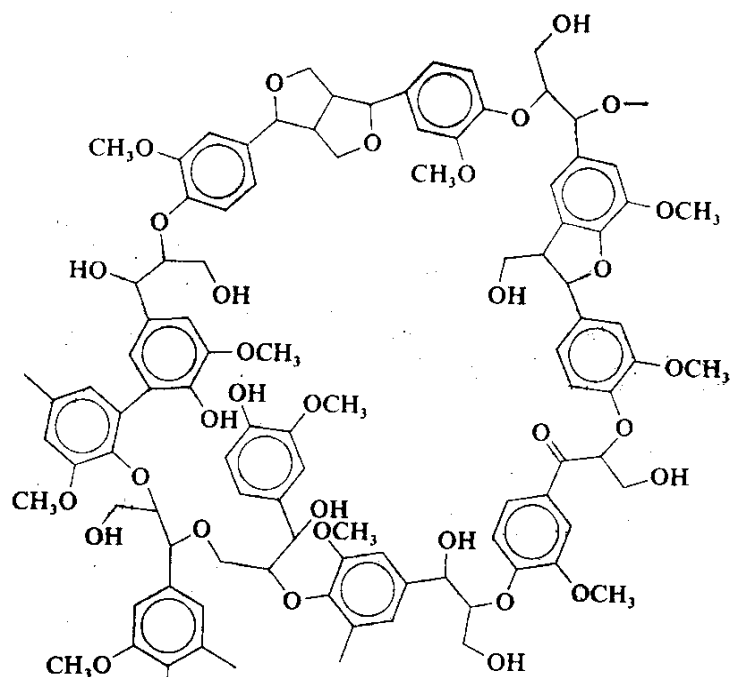


Рис. 8. Структурная формула лигнина [9]

Лигнин является активным аморфным веществом: он насыщает клеточные стенки, вызывая эффект их «одресвенения». Своим присутствием лигнин придает поверхности клеток некоторую гидрофобность, но в целом древесина остается гидрофильным материалом (гидрофильность лиственных пород выше, чем хвойных) [8].

Количественно степень гидрофильности определяют путем измерения краевого угла смачивания, вершина которого находится на линии контакта трех фаз: одна сторона принадлежит поверхности «твердое тело – смачивающая жидкость», а другая является касательной к поверхности смачивающей жидкости.

Краевые углы измеряют с помощью горизонтального микроскопа, снабженного гониометрической приставкой, по фото- или видеоизображению. Для расчетов используют краевые углы каплей радиуса 1...2 мм. При этом возможно два характерных случая расплыва капли жидкости, которые показаны на рис. 9.

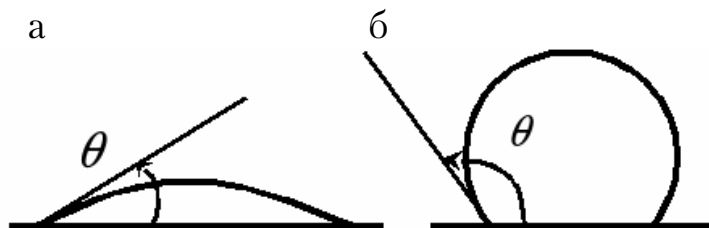


Рис. 9. Влияние гидрофильности на краевой угол смачивания: а – гидрофильная поверхность; б – гидрофобная поверхность

В зависимости от значений угла  $\theta$  различают три случая:

- $0 < \theta < 90^\circ$  (острый угол) – смачивание твердой поверхности жидкостью;
- $\theta > 90^\circ$  (тупой угол) – плохое смачивание;
- $\theta \rightarrow 0$  (равновесный угол не устанавливается) – растекание.

При измерениях значения  $\theta$  принято отсчитывать в сторону смоченной поверхности. Так, при  $0 < \theta < 90^\circ$  твердая поверхность лучше смачивается водой, чем углеводородом, и является гидрофильной. При  $90^\circ < \theta < 180^\circ$  поверхность лучше смачивается углеводородом, чем водой, и является гидрофобной.

Величина гидрофильности ( $\cos\theta$ ) относится к важнейшим физико-химическим характеристикам поверхности материала и определяет характер взаимодействия поверхности древесины с водой, клеями, красками, грунтовками и др. Ниже приведены зависимости, часто используемые в технологических расчетах для назначения параметров деревоперерабатывающих процессов:

✓ влияние угла  $\theta$  на высоту поднятия жидкости по капиллярам (технология гидротермической обработки):

$$h_{\max} = \frac{2 \cdot \cos\theta \cdot \sigma_{\text{ж}}}{r \cdot g \cdot \rho_{\text{ж}}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{\text{ж}}$  – величина поверхностного натяжения воды (72 мН/м);

$r$  – средний радиус капилляра, м;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность воды (1000 кг/м<sup>3</sup>);

✓ влияние угла  $\theta$  на капиллярное давление, возникающее при поглощении водяных паров или при непосредственном контакте древесины с водой (технология пропитки):

$$h_{\max} = \frac{2 \cdot \cos\theta \cdot \sigma_{\text{ж}}}{r}; \quad (2)$$

✓ влияние угла  $\theta$  на работу сил адгезии (технология склеивания):

$$\cos\theta = 2W_a/W_k - 1, \quad (3)$$

где  $W_a$  – работа адгезии смачивающей жидкости к твердому телу;

$W_k$  – работа когезии жидкости.

Кроме целлюлозы и лигнина в древесине содержатся экстрактивные вещества, которые в отличие от главных компонентов извлекаются нейтральными растворителями – водой, обычными органическими растворителями. Они придают древесине цвет, запах, вкус, иногда токсичность, которая помогает дереву сопротивляться гниению [8]. Среди экстрактивных веществ различают смолы и смоляные кислоты, тани-

ды (дубители), эфирные масла, красители, камеди, фитостерины, белки. Содержание смол в лиственных породах до 1 %, а в хвойных может достигать до 20 %. В каждой породе присутствуют только некоторые экстрактивные вещества, по-разному распределяясь внутри дерева, например, фенольные вещества – в ядровой части, а сахара, жиры – в заболони [7].

Важнейшими составляющими структуры древесины являются капилляры и поры различного размера, относительное содержание которых в объеме материала может достигать 80...85 % (рис. 10). Крупные капилляры являются полостями и порами стенок, а тонкие и мельчайшие – находятся между фибриллами и микрофибриллами. Существенное влияние на характер контакта древесины с водой оказывает не только величина, но и характер внутреннего порового пространства. Важной количественной характеристикой капилляров и пор является удельная площадь поверхности: в крупных она невелика и составляет порядка  $0,2 \text{ м}^2/\text{г}$ , а в мельчайших – достигает  $300 \text{ м}^2/\text{г}$  (при диаметре от  $10 \cdot 10^{-8}$  до  $10 \cdot 10^{-7}$  см).

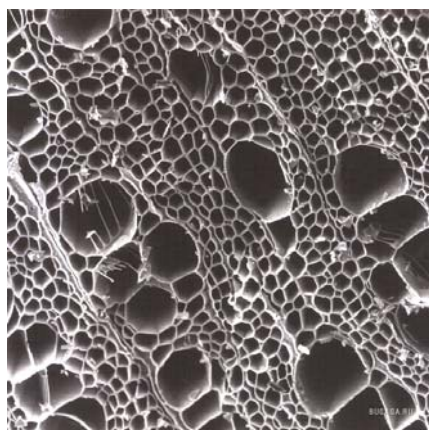


Рис. 10. Капиллярно-пористая структура древесины

По характеру взаимодействия с водой древесина входит в группу капиллярно-пористых коллоидных материалов, обладающих свойствами ограниченно набухающих гелей [10]. При контакте с водой крупные поры быстро заполняются так называемой «свободной влагой», содержание которой может достигать 60...250 %, в зависимости от породы дерева (для мягких пород выше, чем для твердых пород).

Тонкие поры и капилляры заполняются как при контакте с водой, так и при длительной экспозиции древесины во влажном воздухе за счет протекания процесса сорбционного увлажнения. Гигроскопическая влага, сорбируясь на поверхности стенок клеток, частично пере-

ходит в коллоидно-связанное состояние [8]. Предельное насыщение древесины гигроскопической влагой составляет 30 %. Этот максимум называется пределом насыщения клеточных стенок и обозначается  $W_{п.н}$ . Колебание влагосодержания в пределах от 0 до  $W_{п.н}$  сопровождается набуханием (усушкой) древесины и сильно влияет на показатели ее важнейших физико-механических и технологических свойств.

При сушке древесины свободная влага удаляется быстро, а гигроскопическая – медленно. Эта особенность усиливается в диапазоне изменения влажности с 6 до 0 %, когда молекулы воды сильно структурированы в монослое за счет усиления водородной связи с высушиваемой поверхностью.

Целлюлоза относится к термически стойким полимерам, однако для решения целого ряда практических задач инженеру-технологу важно знать пороговые значения температурных превращений. При длительном нагреве древесины свыше 105 °С происходят следующие деструктивные процессы:

- при температурах 120...180 °С изменяется цвет целлюлозы и снижается ее прочность;
- при температурах 230...240 °С протекают химические реакции, связанные с частичным изменением состава целлюлозы;
- температура 30 °С активизирует процесс трансформации структуры из кристаллической в аморфную и приводит к полной деструкции древесного вещества с образованием продуктов распада в виде целлюлозного угля, уксусной кислоты, ацетона, формальдегида, муравьиной кислоты.

Ароматическое строение молекул способствует повышению термостойкости лигнина в сравнении с целлюлозой. Однако при температурах, близких к 300 °С, он также распадается с потерей первоначальных свойств. Следовательно, длительное нагревание свыше 105 °С активизирует процессы деструкции древесины, и она постепенно утрачивает свои изначально высокие показатели.

Характер изменения свойств древесины в процессе сушки имеет свои особенности. Испарение свободной влаги в свежесрубленной древесине в диапазоне влажности от 110 до 35 % не сопровождается изменением свойств, которые остаются постоянными до момента достижения точки насыщения волокон. При высушивании в пределах содержания гигроскопической влаги показатели свойств древесины заметно улучшаются. К моменту окончания сушки показатели свойств материала становятся экстремальными: прочность, упругость, пористость и



коэффициент диффузии имеют максимальные значения, а тепло- и электропроводность, пластичность, плотность – минимальные.

## 2.2. Основные свойства древесины

**2.2.1. Физические свойства** отражают характер и степень воздействия физических факторов окружающей среды на материал. Важнейшими физическими свойствами, влияющими на технологические режимы обработки древесины, являются влажность, усушка и разбухание, плотность, пористость, теплопроводность, теплоемкость, электропроводность. Свойства древесины – гигроскопичного материала – сильно зависят от влажностного состояния материала  $W, \%$ .

Известно, что влага в древесине может находиться в трех различных состояниях: связанная (гигроскопическая); свободная (капиллярная); химически связанная [10]. По величине влагосодержания выделяют следующие виды древесины:

- мокрую ( $W \geq 100 \%$ );
- свежесрубленную ( $W = 35...100 \%$ );
- транспортной влажности ( $W = 20...22 \%$ );
- воздушно-сухую ( $W = 14...20 \%$ );
- комнатно-сухую ( $W = 8...13 \%$ );
- стандартной влажности ( $W = 12 \%$ );
- абсолютно сухую ( $W = 0 \%$ ).

Усушкой называют уменьшение линейных размеров и объема образца древесины при удалении из нее гигроскопической влаги в процессе сушки. Разбухание – это увеличение размеров и объема образца древесины при поглощении влаги оболочками клеток древесины. Усушка и разбухание древесины наблюдаются при изменении ее влагосодержания в диапазоне от 0 до 30 %. Величина усушки зависит от структурного направления, диапазона изменения влажности и породы дерева. Различают линейную и объемную сушку, выражаемую в процентах. Линейную усушку определяют поперек волокон в двух направлениях – тангенциальном и радиальном [10].

Наибольшая линейная усушка наблюдается в направлении окружности годовичных колец, т.е. в тангенциальном направлении  $U_{tg}=6...12 \%$ . Усушка в радиальном направлении, т. е. в направлении радиуса ствола, в 1,5..2 раза меньше ( $U_{rad}=3...6 \%$ ). Продольная усушка вдоль оси ствола составляет 0,1...0,3 % и не учитывается в практических расчетах. Наибольшую усушку  $U_{max}$  имеют образцы, высыхающие от предела насыщения клеточных стенок  $W_{п.н}$  до абсолютно сухого состояния. Усуш-

ка при снижении влажности образца до заданной величины  $W$  определяется выражением

$$y_w = \frac{y_{\max}}{W_{\text{пн}}} \cdot (W_{\text{пн}} - W) = k_y \cdot (30 - W), \quad (4)$$

где  $k_y$  – коэффициент усушки (для березы, бука, лиственницы и граба  $k_y=0,6$ , для остальных пород  $k_y=0,5$ ).

При высухании пиломатериалов может происходить их коробление, которое часто сопровождается образованием трещин. Для предотвращения этих негативных явлений инженер-технолог разрабатывает рациональные режимы сушки древесины до равновесной влажности, соответствующей температурно-влажностным условиям ее будущей эксплуатации. Более детально особенности технологии проведения сушки различных древесных материалов изучаются студентами в рамках курса «Гидротермическая обработка и консервирование древесины».

Истинная плотность  $\rho$  всех пород равна  $1540 \text{ кг/м}^3$ , тогда как средняя плотность  $\rho_m$  древесины изменяется в широком диапазоне – от 220 (кора пробкового дуба) до  $1050 \text{ кг/м}^3$  (железное дерево). Ее величина зависит от строения, влажности материала, а также от относительного содержания поздней древесины. Среднюю плотность древесины с влажностью  $W$  пересчитывают на плотность при стандартной влажности по формуле

$$\rho_{12} = \rho_w \cdot \left[ (1 + 0,01 \cdot (1 - k_y) \cdot (12 - W)) \right], \quad (5)$$

где  $\rho_{12}$  – средняя плотность образца древесины при влажности 12 %;  
 $\rho_w$  – средняя плотность влажного образца при влажности  $W$ , %.

Базисная плотность древесины  $\rho_B$  – расчетный показатель, характеризующий массу сухого древесного вещества в единице объема сырой древесины (т.е. при ее влажности  $W \geq W_{\text{пн}}$ ). Его используют для проведения количественной оценки ряда важных свойств – усушки, средней плотности, прочности, теплопроводности и др. Например, справедливы следующие формулы для расчета величины усушки древесины по величине базисной плотности:

$$Y_0 = 0,028\rho_B; \quad Y_{\text{тг}} = 0,018\rho_B; \quad Y_{\text{rad}} = 0,01\rho_B. \quad (6)$$

Среднее значение  $\rho_B$  основных промышленных пород древесины Пензенской области составляет,  $\text{кг/м}^3$ : сосна – 400; ель и тополь – 360; дуб – 560; береза – 500. Древесина имеет значительную общую по-

ристость, величину которой определяют с учетом коэффициента плотности:

$$P_o = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \cdot 100, \quad (7)$$

где  $\frac{\rho_m}{\rho}$  – коэффициент плотности материала.

Величина  $P_o$ , рассчитанная по формуле (7) для древесины сосны, достигает 50...75 %.

К важнейшим теплофизическим характеристикам древесины относят показатели ее теплоемкости и теплопроводности.

Удельная теплоемкость древесины  $C_m$  зависит от ее температуры и влажности. На рис. 11 приведены зависимости удельной теплоемкости древесины от влажности и температуры.

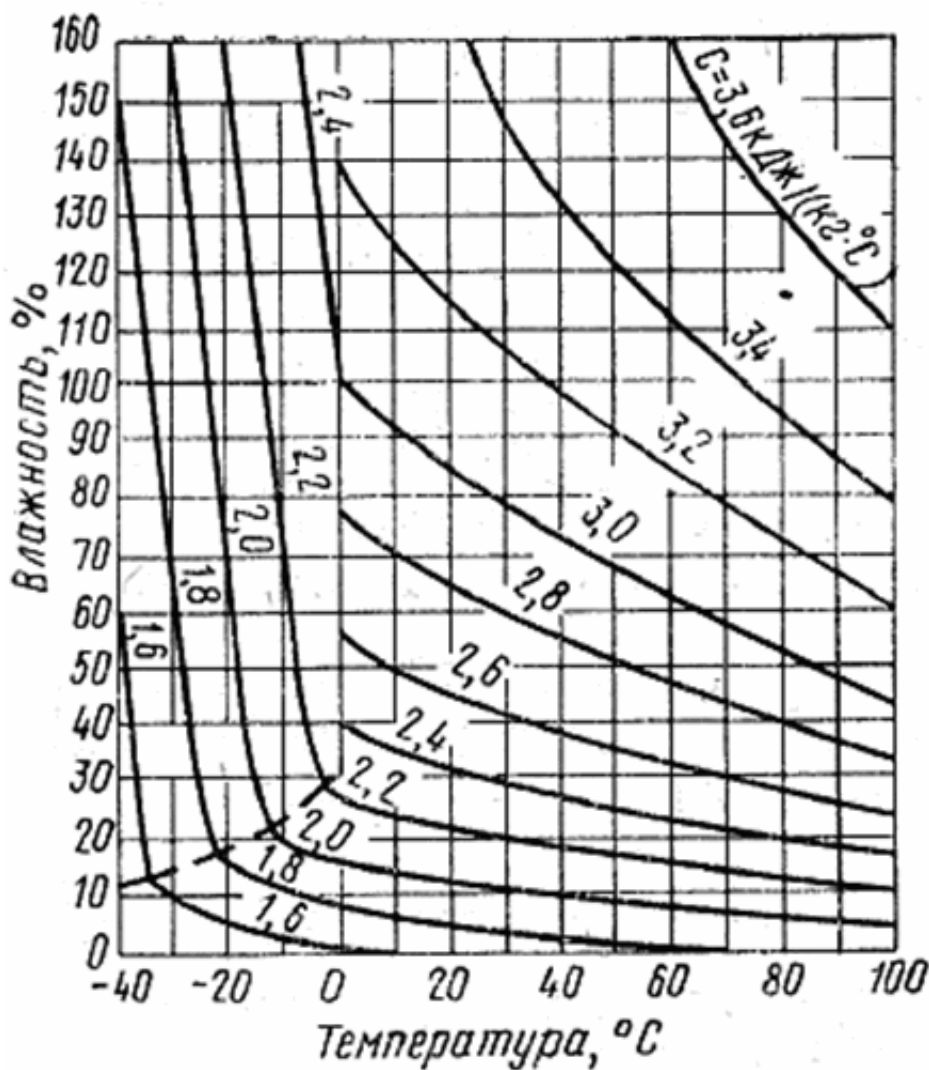


Рис. 11. Удельная теплоемкость древесины [10]

Анализ данных, приведенных на рис. 11, показывает, что переход от положительной к отрицательной температуре сопровождается существенным изменением теплоаккумулирующей способности древесины. Это объясняется различием в величине удельной теплоемкости воды (4,2 кДж/(кг·°C)) и льда (2,1 кДж/(кг·°C)).

Теплопроводность древесины количественно характеризуется коэффициентом теплопроводности  $\lambda$ , величина которого зависит от температуры, влажности, породы, а также направления теплового потока относительно волокон древесины (теплопроводность сосны вдоль волокон равна 0,35 Вт/(м·°C), а поперек волокон – 0,17 Вт/(м·°C)). Теплопроводность также выше в радиальном направлении по сравнению с тангенциальным. На рис. 12 приведена диаграмма коэффициента теплопроводности древесины березы поперек волокон (в радиальном и тангенциальном направлениях).

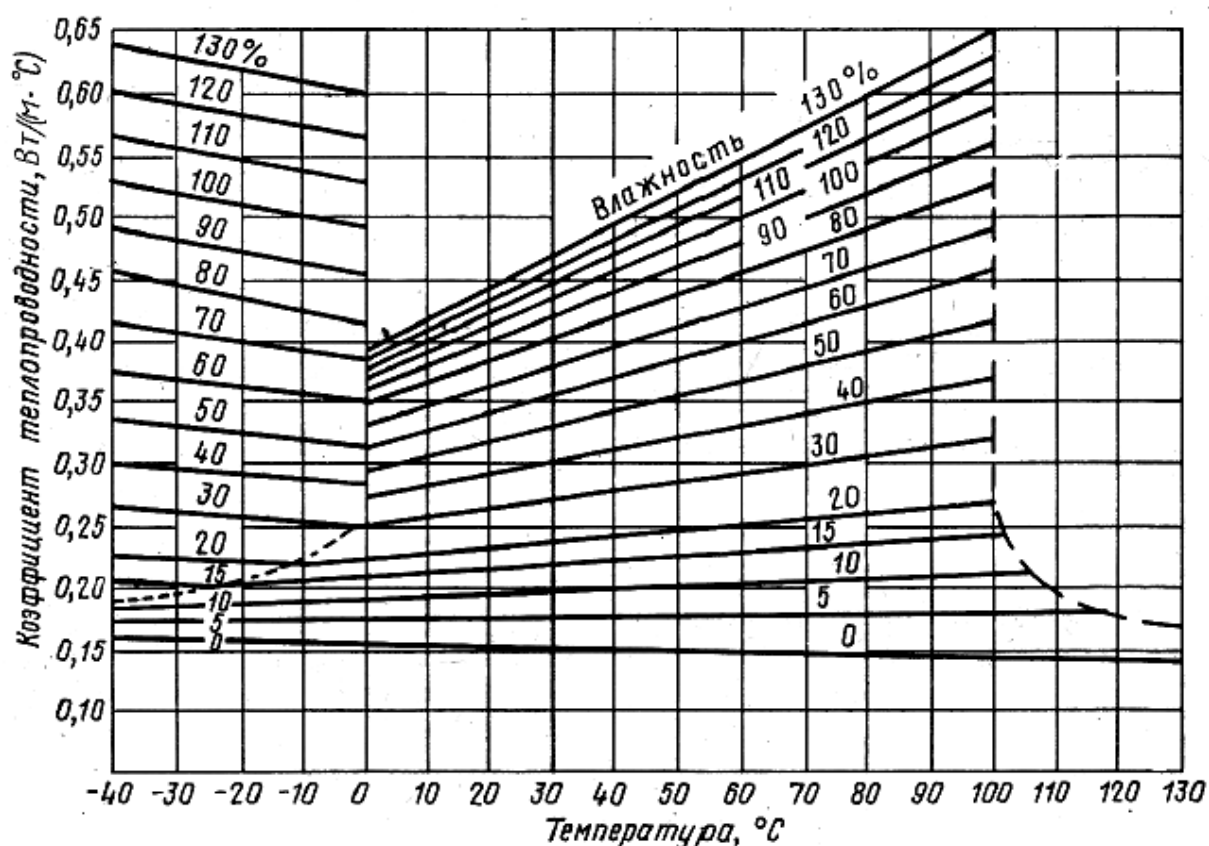


Рис. 12. Зависимость теплопроводности древесины березы от ее температурно-влажностного состояния [10]

Как видно из рис. 12, коэффициент теплопроводности существенно возрастает с повышением влажности древесины (за счет разницы величин теплопроводности воды и воздуха). Для определения коэффициен-

та теплопроводности древесины других пород в различных направлениях расчет ведут по формуле

$$\lambda = \lambda_{\text{ном}} \cdot K_p \cdot K_x, \quad (8)$$

где  $\lambda_{\text{ном}}$  – коэффициент теплопроводности березы;

$K_p$  и  $K_x$  – коэффициенты, учитывающие влияние базисной плотности древесины (рис. 13) и направление теплового потока.

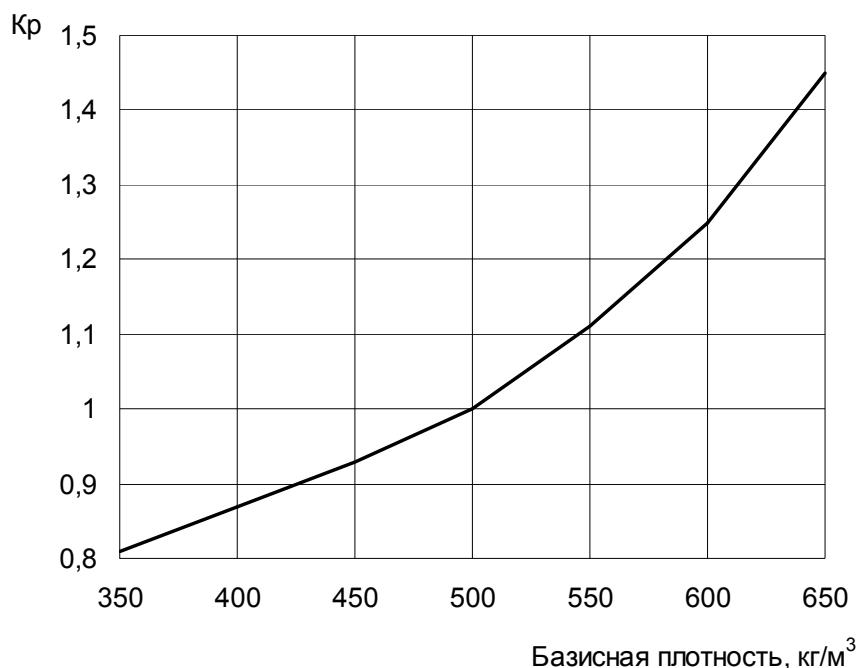


Рис. 13. Зависимость коэффициента  $K_p$  от базисной плотности древесины

Коэффициент  $K_x$  равен: в радиальном направлении – 1,0 (для всех пород); в тангенциальном – 0,87 (для дуба, клена, бука) и 1,0 (для всех остальных пород); вдоль волокон – 1,6 (для дуба, клена, бука), 2,0 (для березы и осины) и 2,2 (для хвойных пород).

**2.2.2. Механические свойства.** Прочностные и деформационные свойства формируют две основные группы механических показателей древесины.

Древесина обладает высокой прочностью, величина которой зависит от породы, места расположения древесины в стволе, содержания поздней древесины и ее влажности. При понижении влажности прочность древесины возрастает, а при повышении – падает. Если указанное изменение прочности проходит при температурах, не превышающих 80 °С, то оно является полностью обратимым [8]. Эту особенность древесины используют в технологии производства гнутых изделий, предусматривающей фиксацию предварительно прогретых и насыщенных водой заготовок с целью придания требуемой формы при последующей сушке.

С учетом областей применения древесных материалов для решения большинства практических задач достаточно знать пределы прочности при сжатии, растяжении, статическом изгибе и скалывании.

Предел прочности древесины (с влажностью  $W$ ) при сжатии вдоль волокон ( $R_{сж,W}$ ) определяют в результате испытания стандартных образцов (прямоугольных призм  $20 \times 20 \times 30$  мм) с использованием зависимости

$$R_{сж,W} = \frac{F_{разр}}{S}, \quad (9)$$

где  $F_{разр}$  – разрушающая нагрузка, Н;  
 $S$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

Предел прочности древесины при сжатии поперек волокон значительно меньше и составляет 10...30 % от прочности при сжатии вдоль волокон.

Лучше всего древесина сопротивляется разрушению под действием растягивающих напряжений вдоль волокон. При таких испытаниях образцы показывают прочность в 2...3 раза выше, чем при сжатии вдоль волокон [10].

Предел прочности древесины с влажностью  $W$  при изгибе  $R_{изг,W}$  определяют на образцах с размерами  $20 \times 20 \times 300$  мм при воздействии двух симметрично расположенных сил и вычисляют по формуле

$$R_{изг,W} = \frac{F_{разр} \cdot l}{b \cdot h^2}, \quad (10)$$

где  $l$  – расстояние между опорами, м;  
 $b$  и  $h$  – ширина и высота поперечного сечения, м.

Прочность древесины при скалывании вдоль волокон невелика и составляет примерно 12...25 % от предела прочности при сжатии вдоль волокон.

На прочность древесины оказывают большое влияние гигроскопическая влажность, средняя плотность и содержание ранней древесины. Влияние влажности на прочность древесины можно учесть, используя уравнение следующего вида:

$$R_{12} = R_W \cdot [1 + \alpha \cdot (W - 12)], \quad (11)$$

где  $R_W$  – предел прочности при влажности  $W$ , %;  
 $W$  – влажность испытываемого образца, %;  
 $\alpha$  – числовой коэффициент, учитывающий изменение прочности при колебании влажности на 1 % (в диапазоне  $0 \leq W \leq W_{ин}$ ). Для сосны  $\alpha = 0,04$ , т.е. материал теряет 4 % прочности при увеличении влажности на 1 %.

Имеются расчетные зависимости, устанавливающие количественное соотношение между прочностью и плотностью, а также прочностью и относительным содержанием поздней древесины:

$$\checkmark \text{ для сосны } R_{сж,15} = 1035\rho_{15} - 105; R_{сж,15} = 6m + 300; \quad (12)$$

$$\checkmark \text{ для дуба } R_{сж,15} = 850\rho_{15} - 67; R_{сж,15} = 3,2m + 295, \quad (13)$$

где  $R_{сж,15}$  – прочность при влажности 15 %;  
 $\rho_{15}$  – средняя плотность при влажности 15 %;  
 $m$  – процент поздней древесины.

Жесткость древесины характеризует ее способность деформироваться под нагрузкой и оценивается по величине модуля упругости:

$$E = R/\varepsilon, \quad (14)$$

где  $R$  – предел прочности древесины (на участке упругих деформаций);  
 $\varepsilon$  – относительная деформация.

Модуль упругости определяют путем испытания контрольных образцов на статический изгиб. Испытания проводят на установке, схема которой показана на рис. 14. Нагрузка передается ступенчато, при этом количество ступеней нагружения должно быть не менее шести. Величина каждой ступени при испытании образцов из хвойных пород с пролетом  $l$  до 14 см составляет 2,5 Н, а при больших пролетах – 1,0 Н. При испытаниях образцов из древесины твердых лиственных пород и лиственницы величина ступени нагружения соответственно равна 5,0 и 2,5 Н.

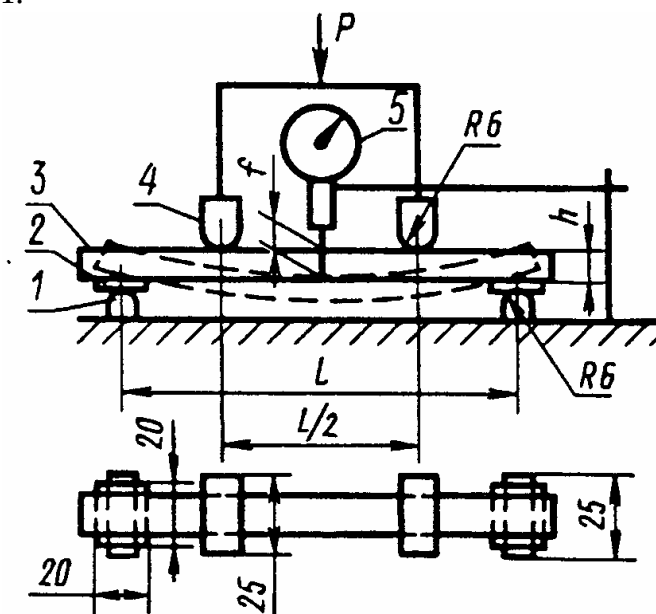


Рис. 14. Схема испытания образца для определения модуля упругости [11]:

1 – опоры; 2 – подкладки; 3 – образец; 4 – нажимные ножи;  
 5 – индикатор часового типа

Модуль упругости ( $E$ ) в Па вычисляют по формуле

$$E = \frac{11 \cdot P \cdot l^3}{64 \cdot b \cdot h^3 \cdot f}, \quad (15)$$

где  $P$  – приведенная нагрузка, Н;

$l$  – расстояние между опорами, м;

$b$  – ширина образца, м;

$h$  – высота образца, м;

$f$  – приведенный прогиб, м.

Модули упругости при испытаниях древесины на сжатие и растяжение вдоль волокон практически совпадают: для сосны модуль упругости равен 12,3 ГПа.

При сравнительно высоких показателях прочностных свойств древесина является достаточно мягким материалом. Статическая твердость определяется по величине нагрузки, необходимой для вдавливания в образец древесины половинки металлического шарика радиусом 5,64 мм на глубину радиуса шарика (площадь отпечатка равна 1 см<sup>2</sup>). Твердость сосны, ели, пихты, ольхи составляет 35...55 МПа, а более твердых пород (дуб, береза, ясень, лиственница) – 50...100 МПа.

Деформативность древесины при ее длительном нагружении имеет ряд особенностей в сравнении с аналогичным показателем большинства других промышленных материалов. Если образец древесины нагружать с постоянной скоростью в течение времени  $\tau$  и снимать показания относительной деформации образца  $\epsilon$ , то график не будет прямолинейным (рис. 15).

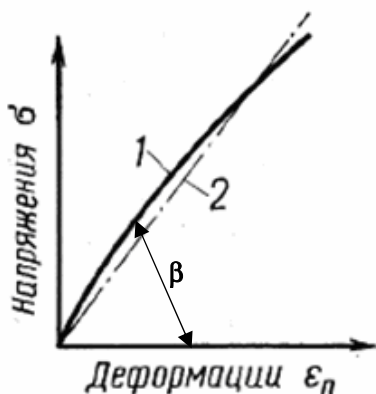


Рис. 15. График зависимости « $\sigma - \epsilon_n$ » для древесины [8]

В практических расчетах кривая 1 (см. рис. 15) заменяется на секущую 2, тангенс угла наклона которой характеризует показатель жесткости древесины, т.е.  $\text{tg}\beta = E_{\text{ж}}$ .

Полная деформация древесины  $\epsilon_n$  складывается из упругой  $\epsilon_y$ , обратимой эластической  $\epsilon_e$  и необратимой остаточной  $\epsilon_{\text{ост}}$  деформации (рис. 16).



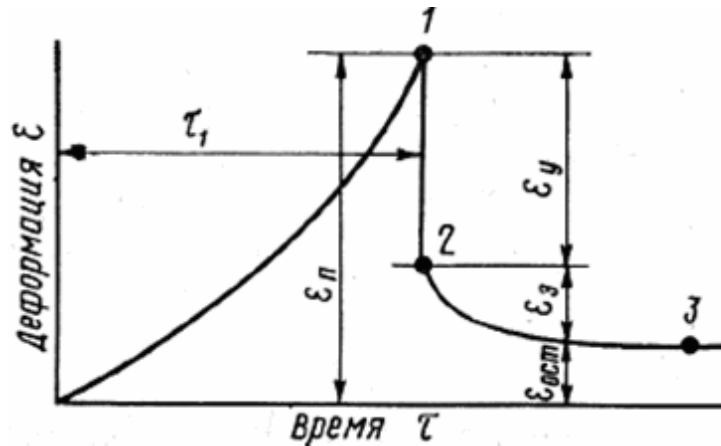


Рис. 16. Деформации древесины при нагружении и мгновенной разгрузке [8]

Адгезионную прочность  $A$ , МПа, определяют путем измерения силы  $F$  в момент отрыва штампа площадью  $S$ . Расчет ведут по формуле

$$A = \frac{F}{S}. \quad (16)$$

Схема проведения испытаний по оценке адгезионной прочности показана на рис. 17.

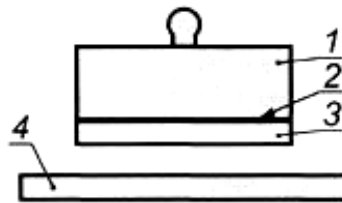


Рис.17. Схема испытания клеевого шва на адгезионную прочность: 1– металлический штамп; 2 – клей; 3 – образец; 4 – бетонная плита (основание)

### Контрольные вопросы

1. Положительные и отрицательные стороны древесины как материала для строительства и производства мебели.
2. В каком виде находится влага в древесине и каково ее влияние на физико-механические свойства ?
3. Химический состав целлюлозы, особенности строения макромолекул, которые определяют гидрофильный характер поверхности древесины.
4. Приведите единицы измерения основных физических свойств древесины.
5. В чем причина существенной анизотропии свойств древесины? Приведите примеры, подтверждающие данную особенность древесного материала.
6. Методика определения величины адгезии материала.

## 3. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ

### 3.1. Классификация полимеров

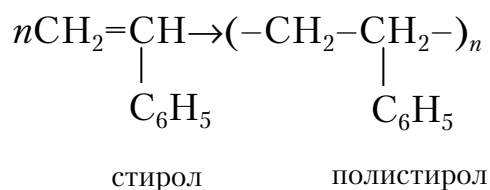
На технологические процессы деревопереработки по производству композиционных древесных материалов, а также по склеиванию заготовок существенное влияние оказывают правильный подбор состава и режим нанесения клеевых компонентов. Вид, количество клея и способ его нанесения определяются технологом, исходя из назначения изделия, породы, влажности и размерных характеристик используемого древесного сырья, условий прессования и последующей выдержки отформованного материала.

Основными сырьевыми компонентами для получения важнейших синтетических смол, применяемых для склеивания древесины, являются природный газ, нефть и уголь. На первом этапе из природного сырья производят мономеры, из которых на втором этапе синтезируют высокомолекулярные соединения (полимеры) с молекулярной массой от нескольких тысяч до многих миллионов. Полимеры получают в результате протекания процессов полимеризации, поликонденсации и ступенчатой полимеризации. При этом в зависимости от требуемых показателей материала формируют макромолекулы нитевидной (линейной) или разветвленной (пространственной) структуры.

В процессе полимеризации побочные продукты реакции не образуются, а синтез макромолекул (преимущественно линейных) происходит за счет присоединения однотипных мономеров. В качестве мономеров выступают ненасыщенные углеводородные соединения с кратными связями  $C\equiv C$ ,  $C\equiv N$ ,  $C=O$ ,  $C=N$  либо соединения с циклическими группами, способными раскрываться. После разделения двойной связи они способны полимеризоваться в длинные молекулярные нити (рис. 18). По числу участвующих мономеров различают гомополимеризацию (один вид мономера) и сополимеризацию (два и более вида мономеров).

С использованием процесса полимеризации получают большинство термопластичных полимеров, применяемых на предприятиях ЛПК (полиэтилен, поливинилхлорид, полиметилметакрилат, поливинилацетат и др.).

а



б

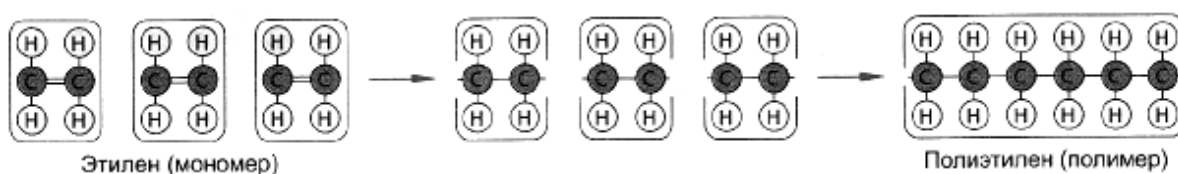
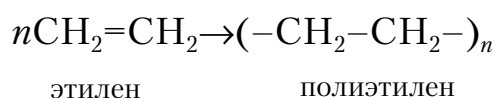


Рис. 18. Схема процесса получения:  
а – полистирола; б –полиэтилена

В отличие от полимеризации синтез полимера в процессе поликонденсации сопровождается образованием побочных низкомолекулярных продуктов –  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  и др. (рис. 19). Этот процесс используют для получения синтетических смол (фенолформальдегидной, карбамидной, фурановой, эпоксидной и др.). Характерным примером такой реакции является синтез фенолформальдегидной смолы в результате взаимодействия фенола ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) с формальдегидом ( $\text{CH}_2\text{O}$ ).

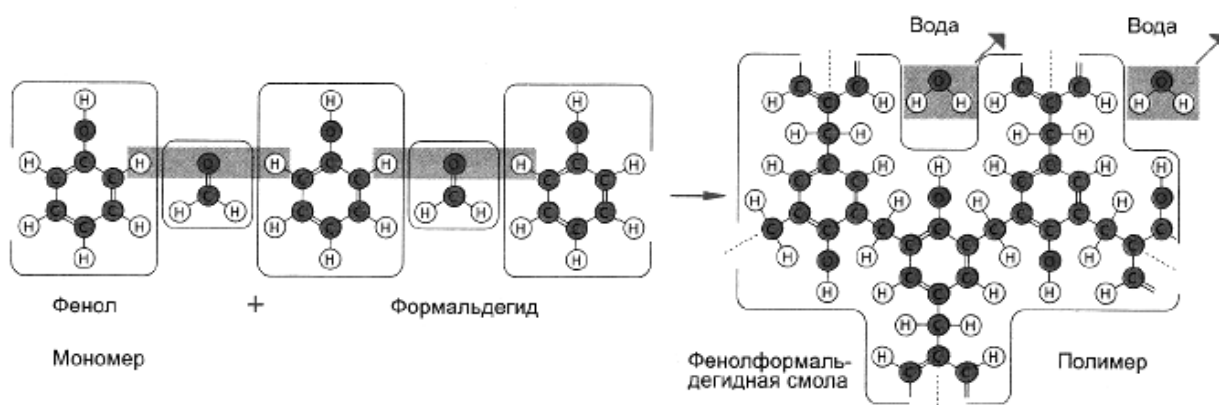


Рис. 19. Образование фенолформальдегидной смолы [12]

При ступенчатой полимеризации высокомолекулярные соединения образуются благодаря соединению различных молекул исходных веществ без выделения побочных продуктов. По этому способу получают

полиуретановую смолу из диэтилового спирта ( $C_4H_8(OH)_2$ ) и диизоцианата ( $C_6H_{12}(CNO)_2$ ) (рис. 20).

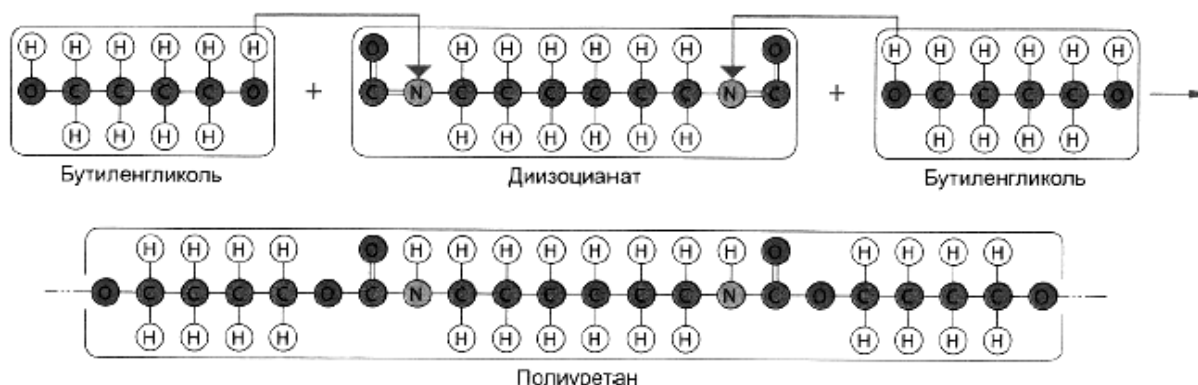


Рис. 20. Образование полиуретана [12]

Изделия из полиуретана незаменимы в производстве мягкой мебели (поролон), при заполнении монтажных стыков (монтажная пена), склеивании деревянных конструкций в условиях строительной площадки (монтажный клей).

Важнейшими классификационными признаками полимерных материалов, определяющими групповую принадлежность (термопластичные, терморезактивные или эластомеры), являются механические свойства и характер их изменения в процессе нагрева.

Термопластичные полимеры (термопласты) обладают способностью размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении без химических превращений. Этому способствует преобладание в составе макромолекул с линейной структурой, в которых атомы или группы атомов могут вращаться вокруг ординарных связей, изменяя свою пространственную форму.

Механизм изменения параметров состояния термопластов в процессе «нагрев – охлаждение» можно описать следующей схемой. При низких температурах термопластичный материал находится в твердом состоянии, а его молекулы расположены плотно и почти неподвижны. При нагревании тепловые колебания молекул возрастают, что сопровождается уменьшением сил притяжения между ними и переходом материала в вязкопластичное состояние.

Основными термопластами являются поливинилхлорид (ПВХ), поливинилацетат (ПВА), полистирол (ПС), полиэтилен (ПЭ), полиметилметакрилат (ПММА), полиамид (ПА), поликарбонат (ПК) и полиизобутилен (ПИБ). Схема получения важнейших термопластов приведена на рис. 21.

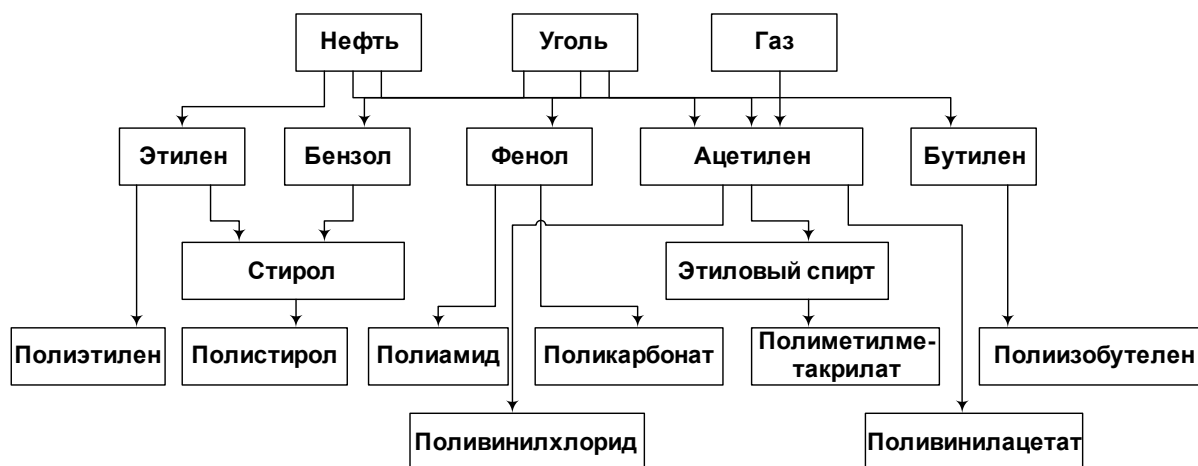


Рис. 21. Схема получения термопластичных полимеров

Термореактивные смолы (реактопласты) являются полимерными материалами, которые после процесса отверждения не способны обратимо изменять свои механические свойства при нагревании. Макромолекулы этих веществ имеют пространственную сетчатую структуру, формируемую в результате «сшивки» исходной смолы за счет специально вводимых веществ-отвердителей или физического воздействия (нагрева, облучения). Схема получения важнейших синтетических смол приведена на рис. 22.

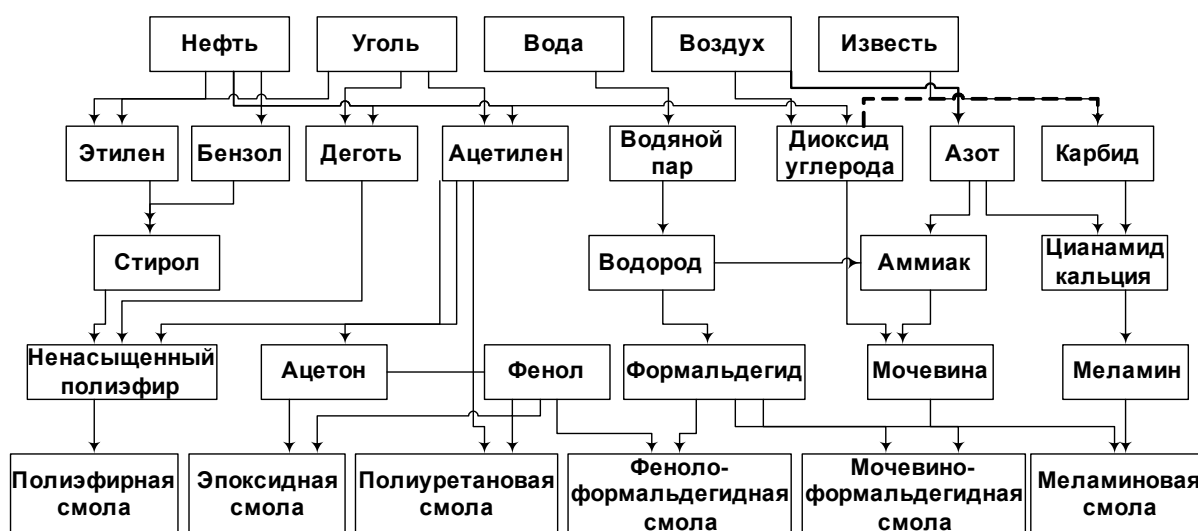


Рис. 22. Схема получения синтетических смол [12]

Процесс отверждения смолы можно прервать, но нельзя обратить. Процесс отверждения можно запустить снова и продолжать до полного отверждения. Этот технологический прием часто используют для получения синтетических клеев и лаков [13].

В состав клеевой композиции обычно вводят вещества-наполнители (каменная пыль, древесные опилки, текстильные волокна и др.) с целью уменьшения расхода клея и усадки при отверждении, а также для регулирования физико-механических свойств готового продукта [14, 15].

Структура эластомера состоит из пространственной сетки с относительно свободным расположением макромолекул. Это позволяет ячейкам материала выдерживать значительные деформации без разрушения, сохраняя связи между макромолекулами. Поэтому после снятия нагрузки, вызвавшей деформацию структуры, ячейки материала возвращаются в свое первоначальное положение (рис. 23).

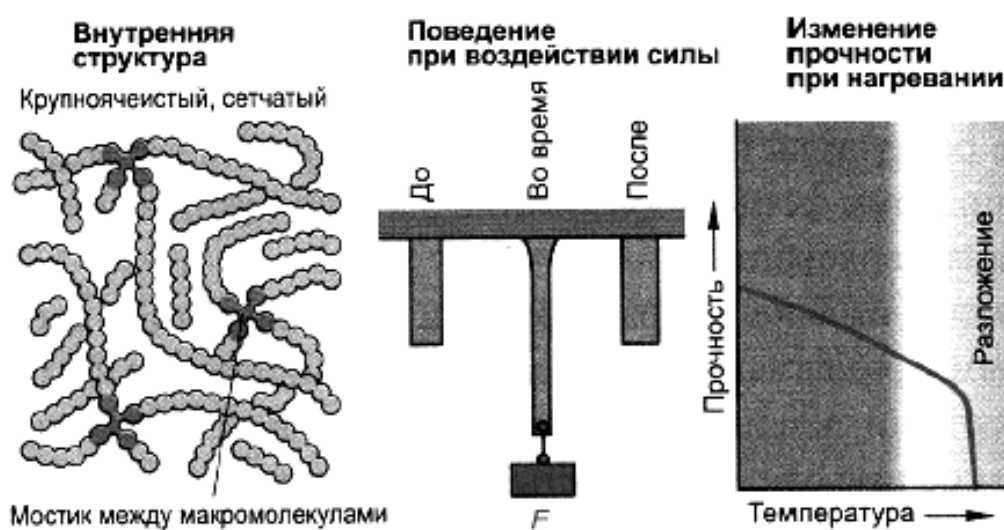


Рис. 23. Структура и поведение эластомеров [12]

Эластомеры не термопластичны и поэтому не деформируются при продолжительном нагревании, а также не поддаются сварке. Химическую основу эластомеров составляют различные виды каучуков: изопреновый, стирол-бутадиеновый, силиконовый и др. (рис. 24).

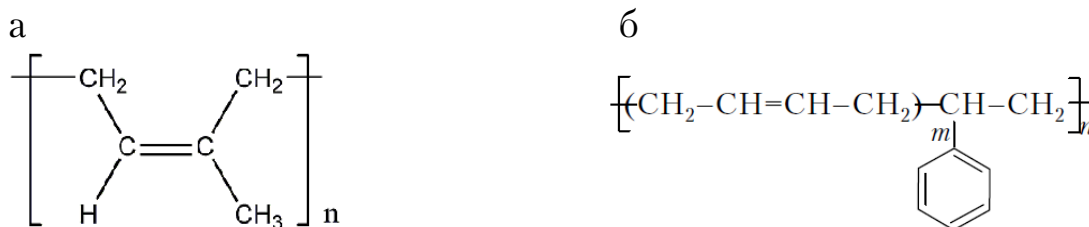


Рис. 24. Структурная формула каучука:  
а – изопреновый; б – бутадиен-стирольный

Силиконовые каучуки относятся к группе кремнийорганических полимеров, в макромолекулах которых атомы углерода замещены атомами кремния (рис. 25).

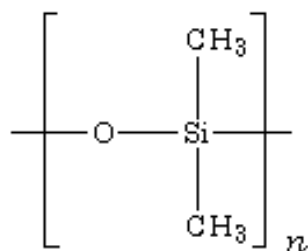


Рис. 25. Структурная формула силиконового каучука (полидиметилсилоксан) [9]

Свойства силиконов зависят от длины макромолекул и степени образования их поперечных связей. Силиконы с нитевидными молекулами являются силиконовыми маслами. Образование ограниченного числа поперечных связей в макромолекулах ведет к образованию эластичных, как резина, силиконовых каучуков.

В мебельной промышленности силиконы используют для вставки стекол и заполнения подвижных стыков, их часто применяют при пропитывании поверхности материалов и конструкций с целью придания водоотталкивающих свойств.

### 3.2. Клеи для соединения древесных материалов

Клеи – это пастообразные или жидкие многокомпонентные композиции на основе органических или неорганических веществ, способные соединять различные материалы путем образования клеевого шва. Склеивание обусловлено созданием прочной адгезионной связи за счет взаимного притяжения между прослойкой клея и соединяемой поверхностью при их соприкосновении. Прочность материала клеевого шва определяется его когезией, т.е. межмолекулярными связями внутри самого клея.

В технологии деревообработки применяют клеи на водной основе, а также дисперсионные, реакционные, контактные и плавящиеся клеи. В зависимости от степени переработки исходного сырья различают клеи природного происхождения и синтетические клеи [14].

**3.2.1. Клеи природного происхождения.** Из клеев природного происхождения в столярном производстве достаточно часто применяют вещества животного происхождения на основе глютена и казеина [12].

Основным компонентом глютинового клея является глютин – белковое соединение, получаемое из шкур или сухожилий (мездровый тип), а также костей животных (костный тип). Клеящие свойства можно целенаправленно регулировать добавлением химических соединений, получая специальные виды глютиновых клеев (быстросохнущий, горячего или холодного склеивания). Глютиновые клеи выпускаются в виде порошка, гранул или плиток светло-желтого цвета. Их перевод в рабочее состояние осуществляется путем нагревания на водяной бане при температуре 70 °С. Прочный и твердый слой клеящего вещества формируется в процессе постепенного охлаждения горячего расплава. Конечная твердость в нормальных условиях достигается через 24 часа [12]. Стыки, обработанные таким клеем, являются достаточно эластичными, но не устойчивыми к воздействию влаги и тепла, поскольку глютин поражается бактериями и плесневыми грибами. Поэтому его применяют для соединения деревянных деталей, эксплуатируемых в воздушно-сухих условиях.

Казеиновый клей является физически отверждаемым веществом на основе воды и казеина – порошкообразного продукта из обезжиренного молока. Благодаря добавкам, прежде всего кальцию, клей становится влагоустойчивым. Перед использованием порошок разводят водой, а готовый к употреблению клеевой состав отверждают горячим или холодным способом. Клеевые швы, выполненные с использованием казеинового клея, являются твердыми и хрупкими, устойчивыми к плесени и влаге. Сильная щелочность клея вызывает окрашивание древесины и монтажных стыков в темный цвет, особенно для богатых дубильными веществами пород (дуб, орех или махагон).

**3.2.2. Синтетические клеи** гораздо лучше удовлетворяют современным техническим требованиям на клеевые соединения, чем их аналоги природного происхождения. Основные группы синтетических клеев, применяемых для склеивания древесины, показаны на рис. 26.

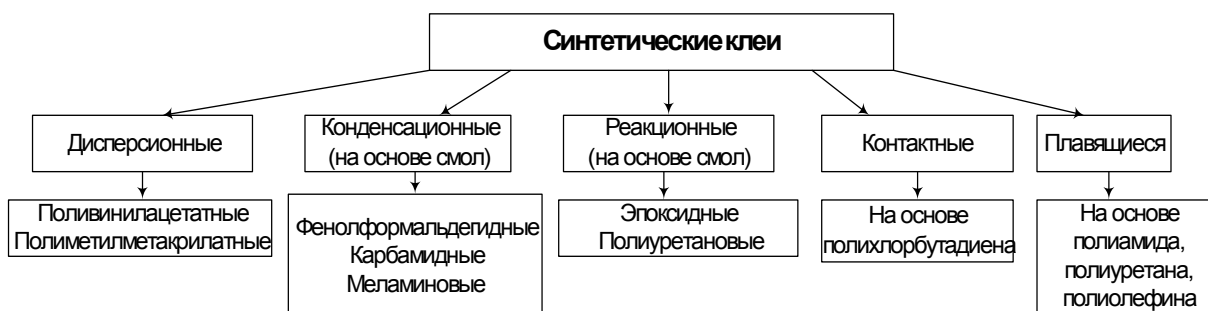


Рис. 26. Классификация синтетических клеев



*Дисперсионные клеи* представляют собой жидкую дисперсную систему с твердым полимером-адгезивом в качестве дисперсной фазы. Важнейшими дисперсионными клеями, используемыми в технологии деревопереработки, являются поливинилацетатный и полиметилметакрилатный клеи.

Поливинилацетатный клей (ПВА) – водный раствор полимера, стабилизированный защитным коллоидом, как правило другим высокомолекулярным соединением (например поливиниловым спиртом), – отличается высокой клеящей способностью [9]. ПВА получают полимеризацией винилацетата – термопластичного синтетического материала. Поливинилацетат набухает, но не растворяется в воде, поэтому его производят в виде водной эмульсии – смеси высокодисперсных частиц, равномерно распределенных в водной среде. Этот полярный полимер занимает среднее место между смолами и каучуками, а его свойства зависят от степени полимеризации (молекулярная масса изменяется от 10000 до 100000). Высокополимерные продукты при 50...100 °С становятся каучукоподобными, а при отрицательных температурах – твердыми. Эти полимеры обладают высокой светостойкостью при температурах до 100 °С. Дальнейшее нагревание приводит к разложению поливинилацетата с выделением уксусной кислоты.

Клей без добавок-модификаторов, повышающих прочность, отверждается физически, а клей с модификаторами – в результате протекания сложных физико-химических процессов. Клеевые соединения, полученные с применением немодифицированных ПВА, размягчаются при температурах 40...60 °С, тогда как наличие в составе клея модификаторов увеличивает его термостойкость до 150 °С. В обоих случаях клеевые швы являются эластичными, стабильными во времени и устойчивыми против плесени. При длительном воздействии воды отвержденный клей набухает, а прочность соединения резко снижается. Если указанное воздействие не нарушило целостность соединения, то при последующем высыхании прочность клеевого шва полностью восстанавливается. В технологиях, связанных со склеиванием древесины, различают монтажный, фанеровочный, а также смешанный типы клея. Технические показатели монтажного и фанеровочного клеев ПВА приведены в табл. 8.

## Технические показатели клея ПВА

| Наименование показателя  | Разновидность клея |   |
|--|--------------------|---|
|  | монтажный          | фанеровочный  |
| Наносимое количество, г/м <sup>2</sup>   | зависит от стыка   | 140...200   |
| Время выдержки, мин  | 5...30             | 3...5   |
| Температура отверждения, °С  | 18...24            | 100...150   |
| Давление прессования, Н/мм <sup>2</sup> :<br>– мягкая древесина<br>– твердая древесина | 0,3...0,4<br>0,6   | не более 0,3<br>не более 0,5  |
| Время прессования, мин   | не более 30 мин    | 60 ( <i>t</i> =20 °С)<br>30 ( <i>t</i> =50 °С)<br>20 ( <i>t</i> =80 °С) |

В состав смешанного клея дополнительно вводят до 10...20 % модификатора на основе мочевиноформальдегидной смолы. Благодаря модификатору повышается устойчивость клеевого соединения к воздействию влаги, но снижается эластичность. Технологические режимы склеивания соответствуют аналогичным показателям монтажного клея (см. табл. 8). Смешанный клей ПВА используется для соединения элементов внутренних строительных конструкций и мебели, которые подвержены периодическому воздействию влаги, а также для производства неподверженных погодному влиянию наружных конструкций, например для защищенных наружных дверей.

*Термопластичные* пленочные клеящие вещества, также называемые клеящими пленками, сделаны на основе полиметилметакрилата, винилацетата или этилена. По составу полиметилметакрилат отличается от поливинилацетата наличием метильной группы в боковой цепи вместо водорода и валентной связи углерода главной цепи с эфирной группой не через кислород, а через углерод (рис. 27).

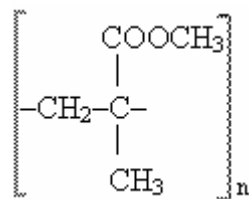
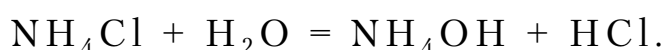


Рис. 27. Структурная формула ПММА

Клеи на основе ПММА используют для нанесения на поверхность древесных плит различных покрытий (каширования), а также покрытия элементов мебели декоративной пленкой. В зависимости от принятой технологии нанесение клея может производиться на поверхность материала-основы, пленку или на обе соединяемые поверхности. Пленочные клеи в основном используются в непрерывно работающих вальцовочных или роликовых машинах для напрессовки пленки с нагревом или без нагрева. Пленка накладывается после нанесения клея, разглаживается рейкой и прессуется под давлением 0,1 Н/мм<sup>2</sup>. Длительность прессования составляет: при холодном склеивании – до 30 мин; при теплом склеивании ( $t=30...40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) – до 3 мин.

*Клеи на основе поликонденсационных смол* (фенолформальдегидной, мочевиноформальдегидной, меламиновой) частично конденсируются уже на этапе изготовления. При обработке клеевого раствора прерванная конденсация инициируется вновь путем нагрева и добавления отвердителей – веществ, сшивающих макромолекулы. Без добавления отвердителей процесс самоотверждения смол медленно протекает при их хранении в комнатных условиях; поэтому такие клеи имеют ограниченный срок годности (несколько месяцев).

Отвердители добавляются в виде порошка или раствора в клеевой раствор непосредственно перед его нанесением. В отечественной практике в качестве кислотного отвердителя широко используют хлористый аммоний, работать с которым гораздо легче, чем с разбавленными кислотами. При взаимодействии с водой аммониевый отвердитель гидратирует с образованием соляной кислоты по реакции



Фенолформальдегидные клеи (ФФК) применяются в жидком виде в качестве монтажного клея холодного склеивания или фанеровочного клея горячего склеивания, а также в виде клеящей пленки горячего склеивания. Для отверждения жидких клеев необходим отвердитель, тогда как клеящая пленка затвердевает под воздействием тепла. Как правило, она состоит из бумажной ленты, пропитанной смолой с добавлением отвердителя.

Мочевиноформальдегидные клеи (МФК) являются высокомолекулярными полярными соединениями на основе карбамидных смол, синтезируемых по реакции конденсации мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  с формальдегидом  $\text{CH}_2=\text{O}$  в присутствии щелочей. Структурная формула смолы показана на рис. 28.

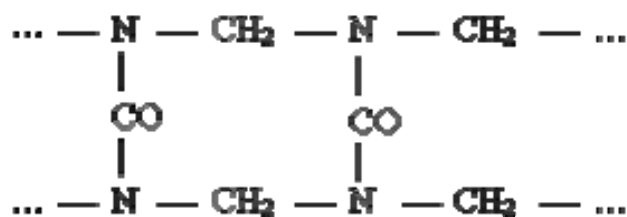


Рис. 28. Структурная формула карбамидной смолы

Клей производится в виде порошка, жидкости или пленки различных сортов. Различают мочевиноформальдегидные клеи холодного и горячего склеивания, а также монтажные и фанеровочные клеи.

Клеевые соединения, выполненные МФК, не устойчивы к воздействию воды, атмосферных влияний и кипячению, но кратковременное влияние повышенной влажности почти не вызывает повреждений. Клеевые стыки являются твердыми, хрупкими и частично прозрачными. Мочевиноформальдегидные клеи применяют для соединения деталей из сухой древесины. Основные технические показатели клеев на основе поликонденсационных смол приведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Технические показатели поликонденсационных клеев

| Наименование показателя                   | Разновидность клея |             |              |
|---|--------------------|-------------|--------------|
|   | ФФК                | МФК         | меламиновый  |
| Время созревания, мин                     | не более 15        | 60          | не требуется |
| Срок годности, ч                          | не более 3         | 2...70      | 24           |
| Расход, г/м <sup>2</sup>                  | 120...160          | 120...150   | 120...160    |
| Время выдержки, мин                       | не более 15        | не более 10 | около 10     |
| Рабочая температура, °С:                  |                    |             |              |
| – монтажного клея                         | 18...24            | 18...24     | 18...24      |
| – фанеровочного клея                      | 90...140           | 110...120   | 120...140    |
| Давление прессования, Н/мм <sup>2</sup> : |                    |             |              |
| – монтажный клей                          | 0,5                | 0,3         | 0,3          |
| – фанеровочный и клеющая пленка           | 0,8...2,0          | 10          | 0,2...0,8    |
| Время прессования клея, мин:              |                    |             |              |
| – монтажного                              | не более 240       | 15...360    | 60           |
| – фанеровочного                           | 5...10             | 5...10 мин  | не более 1   |

*Реакционные клеи* отверждаются в результате химических реакций. Эпоксидные клеи (ЭК) производят из эпоксидных смол, характерным признаком которых является наличие в составе глицидиловых или эпоксидных групп, способных под воздействием отвердителей образовывать пространственные структуры [13]. ЭК формируют высокопрочный адгезионный контакт на поверхности большинства материалов, превосходящий по своим механическим показателям клеевые соединения на основе других синтетических смол ( $R_p=140$  МПа,  $R_{сж}=40$  МПа,  $E=50$  ГПа). Широкое применение ЭК в технологии деревопереработки ограничено высокой стоимостью клея; поэтому его использование экономически оправданно только при склеивании деревянных деталей с изделиями из других материалов (металлических, стеклянных, керамических или бетонных). Такие соединения характеризуются высокой прочностью и твердостью, а для придания им эластичности в эпоксидные композиции перед отверждением вводят пластификаторы и различные наполнители (порошки, стекловолокна, резиновую крошку и др.) [16].

Полиуретановые клеи – это терморезактивные одно- или двухкомпонентные клеи, содержащие изоцианатную группу. Однокомпонентный полиуретан затвердевает при поглощении влаги из окружающего воздуха, а двухкомпонентный – благодаря ступенчатой полимеризации.

Время отверждения зависит от температуры отверждения и влажности окружающей среды (для однокомпонентных клеев). Однокомпонентный клей требует времени выдержки от 20 до 120 минут при относительной влажности воздуха около 50 %. В течение этого времени испаряется почти весь растворитель, а в полиуретан проникает достаточное количество молекул водяного пара. Окончательно полиуретановый клей затвердевает уже в стыке за счет поглощения дополнительной влаги из воздуха или из склеиваемой древесины. Достаточная для последующей обработки прочность достигается через 30...60 минут, а конечная – через 10...80 часов.

При комнатной температуре двухкомпонентные клеи затвердевают после смешивания обоих компонентов в течение 3...24 часов. После смешивания срок годности клея в комнатно-сухих условиях ограничен 30...120 минутами. Благодаря хорошей адгезии полиуретанового клея к различным поверхностям им, наряду с древесиной, можно склеивать металлы, пластмассы и ткани с получением стойкого к атмосферным воздействиям соединения. Температурная устойчивость клеевого со-

единения находится в пределах от  $-30$  до  $+120$  °С. В зависимости от вида примененного полиуретанового клея клеевое соединение является вязким, химически устойчивым, мягким или жестким [12, 16].

*Контактные клеи* предназначены для механизированного применения, при котором соединяемые детали склеиваются между собой под действием давления на полусухую клеящую пленку. В настоящее время из всего многообразия клеев, разработанных для этой технологии, на практике относительно широко используются полихлорбутадиеновые и полихлоропреновые составы.

Полихлорбутадиеновый и полихлоропреновый контактные клеи состоят из искусственного каучука и дополнительно содержат в своем составе растворитель – это так называемые «растворимые контактные клеи». Клей наносится на обе поверхности соединяемых деталей, которые совмещают после их выдержки на воздухе, в процессе которой большая часть летучего органического растворителя испаряется. Получение качественного клеевого соединения предусматривает обязательное непродолжительное прессование под давлением  $0,5...1,5$  Н/мм<sup>2</sup>.

*Плавящийся клей (клей-расплав или термоклей)* – это твердый, не содержащий растворителя клей на основе синтетической смолы, который используется в расплавленном состоянии. В зависимости от вида клея температура плавления варьируется от  $100$  до  $280$  °С. Благодаря физическому отверждению в процессе охлаждения, прочность клеевого шва формируется в течение нескольких секунд.

При модификации состава плавящихся клеев синтетическими смолами, парафинами, дисперсными наполнителями они могут быть приспособлены для различных технологий и областей применения:

- нанесение покрытий на канты;
- облицовка профилей;
- выполнение монтажных клеевых соединений.

Классификация современных видов плавящихся клеев приведена в виде блок-схемы на рис. 29.

Короткое время выдержки и отверждения приводит к тому, что плавящиеся клеи могут использоваться только в комплекте со специальными устройствами и станками – монтажными пистолетами или кромкооблицовочными станками. Быстрое затвердевание клея позволяет полностью автоматизировать высокоскоростной процесс непрерывного склеивания (скорость обработки до  $40$  м/мин).

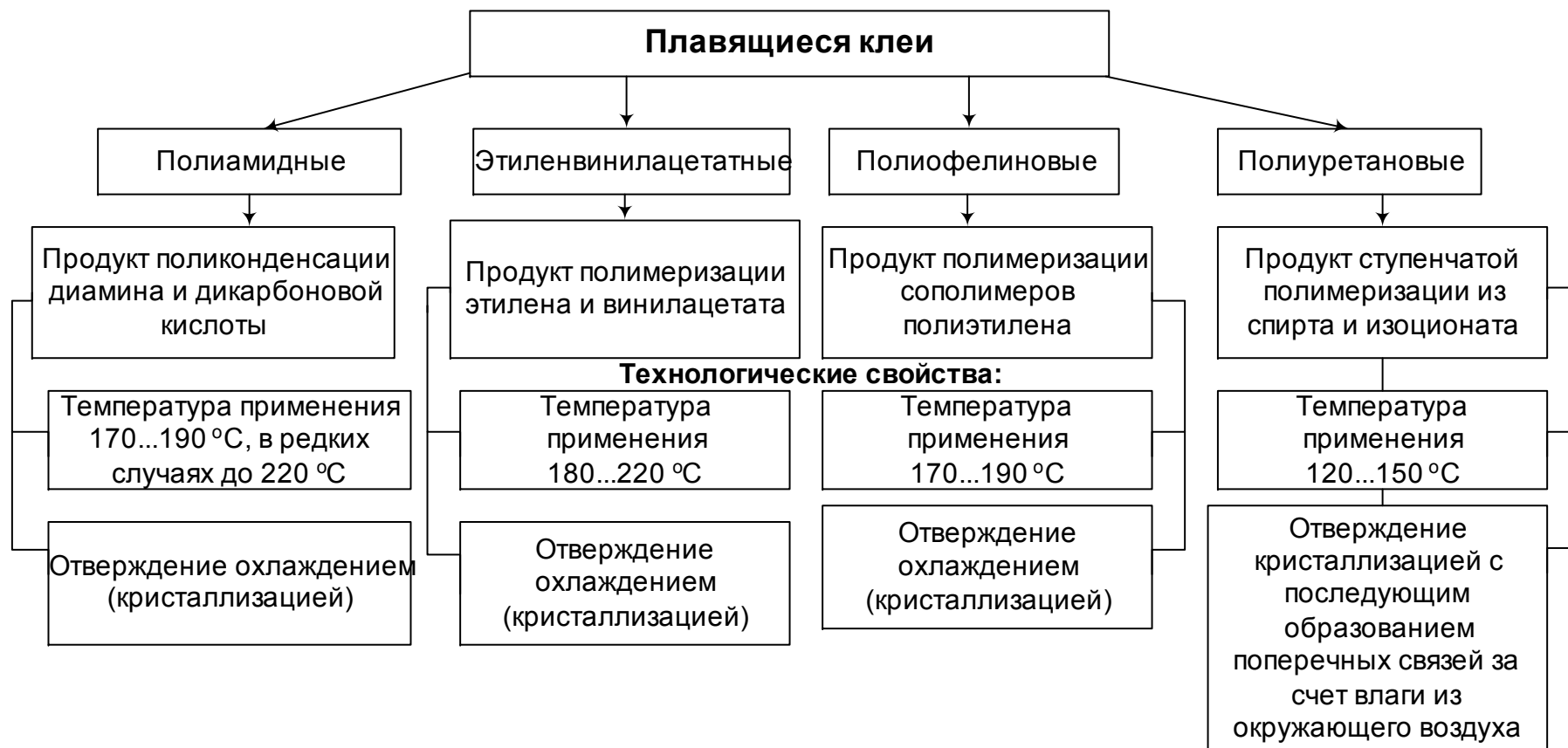


Рис. 29. Классификация плавающих клеев

Показатели тепло- и влагостойкости, а также области применения различных групп плавящихся клеев приведены в табл. 10.

Т а б л и ц а 1 0

Свойства клеевых соединений,  
выполненных плавящимися клеями

| Термостойкость  | Влагостойкость   | Область применения  |
|---|--|---|
| <i>Этиленвинилацетатные (ЭВА)</i>   |  |   |
| от –10 до +75 °С  | Влажность склеиваемой древесины не более 10 %, при попадании влаги прочность уменьшается | Применение в сухих внутренних помещениях  |
| <i>Полиамидные (ПА)</i>   |  |   |
| от –20 до +130 °С   | Средняя  | Более высокая стойкость к теплу, холоду, химикатам, чем у ЭВА-плавящихся клеев, при одинаковой адгезии. Часто применяются для наклеивания пластмасс на узкие поверхности в сухих помещениях |
| <i>Полиэфелиновые</i>   |  |   |
| от –20 до +130 °С   | Средняя  | Применение в сухих помещениях, где требуется короткое время выдержки, низкая вязкость при обработке и хорошая адгезия   |
| <i>Полиуретановые</i>   |  |   |
| от –40 до +140 °С для не облучаемых стыков, при УФ-отверждении до от –40 до +220 °С | Высокая  | Высокая стойкость к химикатам, температуре и влажности. Применяются в наружных строительных конструкциях, а также при производстве мебели для ванных комнат и кухни                         |



### 3.3. Механизм формирования клеевого соединения

Процесс склеивания начинается со смачивания клеем поверхности материала и заканчивается получением прочного стыка, формируемого в результате действия сил адгезии и когезии. Химическая и физическая природа явлений адгезии и когезии одина [14, 16]. Она обусловлена межмолекулярным взаимодействием, т.е. отношением сил притяжения между молекулами, которое зависит от электрической природы веществ: с увеличением полярности вещества возрастает результирующая электростатических сил, что определяет высокую степень адгезии полярных веществ к полярным поверхностям. По этой причине полимеры, содержащие полярные группы (гидроксильные (ОН), карбоксильные (СООН), амидные (NHCO), аминные (NH<sub>2</sub>)), характеризуются высокой адгезией и могут быть использованы для получения клея [16].

При склеивании большое значение имеет также водородная связь, которая становится заметной на расстоянии 2,5...2,8 Å. Гидрофильность поверхности древесины, имеющая важное значение для склеивания, частично обусловлена образованием водородных связей между молекулами воды и гидроксильными группами молекул целлюлозы. Эту связь можно представить схемой, изображенной на рис. 30.

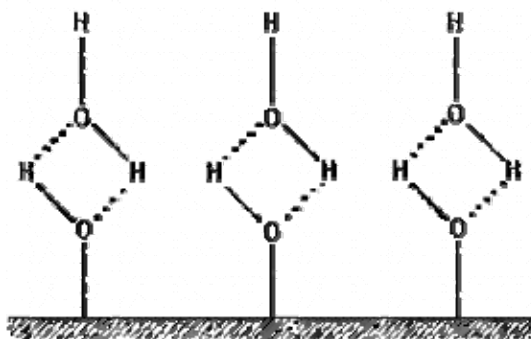


Рис. 30. Схема гидратации поверхности вещества, имеющего гидроксильные группы [15]

Поверхность контакта механически обработанной древесины можно представить в виде совокупности стенок клеток, сосудов и волокон, с которыми клей вступает в контакт. При этом возможны следующие варианты формирования контактной зоны: клей заполняет промежутки между стенками клеток, оставляя свободными полости и сосуды; клей смачивает всю свободную поверхность сопрягаемых деталей, но не заполняет полости клеток и сосудов; клей заполняет все свободное пространство между поверхностями, проникая на некоторую глубину в древесину по обе стороны клеевого шва [15, 16].

В технологиях, предусматривающих склеивание древесины, стремятся реализовать третий вариант клеевого шва, однако на отдельных участках контактной зоны из-за неравномерного распределения клея и микронеровностей на поверхности материала возможны отклонения от заданных параметров.

Глубина проникания клея в древесину напрямую зависит от давления прессования, длины и направления волокон относительно плоскости склеивания. Изменение угла наклона волокон от 0 до 90° (торцовый разрез) приводит к увеличению глубины слоя, пропитанного клеем, в 15 раз и сопровождается существенным повышением его расхода. Однако прочность склеивания при этом не возрастает, а уменьшается, поскольку клей поглощается древесиной, а шов остается незаполненным. Для увеличения прочности склеивания в области торцевого разреза древесину предварительно обрабатывают праймерами – полимерами, укрепляющими стенки клеток и кольматирующими сосуды [15].

Наибольшую прочность клеевого шва обеспечивает взаимодействие клея с разрезами клеточных стенок. Они, как известно, состоят из нескольких слоев, содержащих различные количества полярных веществ в виде целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Целлюлоза характеризуется максимальной адгезионной способностью; поэтому в разрезе слоя, где ее относительное содержание больше, прочность склеивания закономерно возрастает (рис. 31).

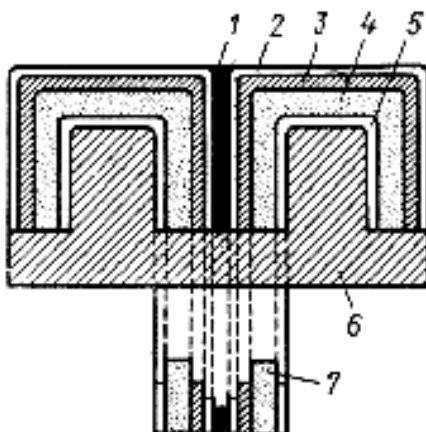


Рис. 31. Схема действия адгезионных сил на разных участках поперечного сечения клеток древесины (по В.М. Хрулеву):  
 1 – межклеточное вещество; 2 – первичная оболочка;  
 3, 4, 5 – наружный, средний и внутренний слои вторичной оболочки;  
 6 – клей; 7 – диаграмма адгезионной прочности

Лучше склеиваются участки поздней древесины, имеющие повышенные плотность, толщину клеток и менее резкий рельеф в разрезе. Размеры и характер неровностей на поверхности древесины зависят от

способа ее механической обработки. В случае гладкой поверхности, формируемой в процессе шлифования, фугования или фрезерования древесины, прочность склеивания наибольшая, а в случае грубой обработки (например пиления) ее прочность существенно уменьшается.

Ввиду различного строения древесины хвойных и лиственных пород, различающихся размерами клеток, количеством водопроводящих каналов и содержанием смолистых веществ, клей проникает в эти породы неодинаково. На прочность склеивания оказывает большое влияние влажность древесины. Чем выше влажность, тем слабее взаимодействие клея с древесиной, так как молекулы воды блокируют адгезионно-активные участки на ее поверхности. Правильным подбором состава клея инженер-технолог может обеспечить качественное склеивание древесины с влажностью до 22 %. Например, карбамидные и поливинилацетатные составы способны формировать прочный клеевой шов на поверхности древесины с влажностью до 10 %, фенольные – до 15...18 %, а резорциновые клеи – до 20...22 % [15].

Заключительной стадией склеивания является переход клея в твердое состояние, т.е. его когезионное упрочнение; механизмы этого процесса существенно различаются, в зависимости от вида клея.

При использовании водосодержащих клеев процесс их отверждения обусловлен испарением, а также частичным поглощением поверхностными слоями древесины дисперсионной среды клея (водной фазы), что сопровождается сближением молекул и резким увеличением сил когезии в контактном слое.

Силы адгезии между поверхностью изделия и клеем возрастают с увеличением площади контакта поверхностей. Механическая составляющая процесса склеивания проявляется в том случае, когда клей, заполняя поры древесины, схватывается в них и образует «шпунтовое» соединение. При этом клей в порах должен быть прочно связан с основным клеевым слоем, находящимся в стыке (рис. 32).

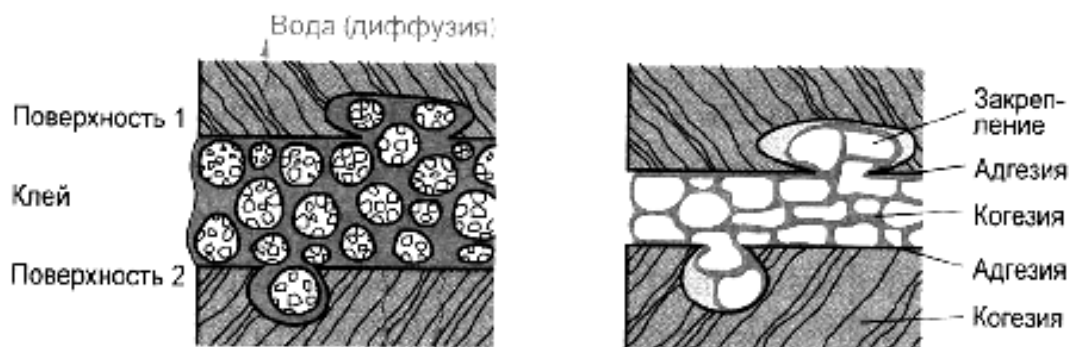


Рис. 32. Стык, выполненный водосодержащим клеем [12]

В случае формирования клеевого шва с использованием клея на основе растворителей когезионные силы в клеевом слое возникают при испарении растворителя и относительно высоком давлении прессования. Молекулы клея, находящиеся на склеиваемых поверхностях, тесно соединяются друг с другом при испарении растворителя. При соединении и прессовании поверхностей способные к деформированию молекулы на поверхностях обоих слоев клея соединяются благодаря сильным адгезионным и слабым когезионным силам. Частичное оплавление клеевого соединения в случае горячего прессования повышает силу сцепления между слоями клея и поверхностями соединяемых деталей (рис. 33).



Рис. 33. Стык, выполненный клеем на основе растворителя [12]

### Контрольные вопросы

1. Объясните, почему чистый поливинилацетатный клей не пригоден для склеивания оконных рам.
2. Приведите диаграмму адгезионной прочности на разных участках поперечного сечения клеток древесины.
3. Наличие каких полярных групп в составе полимера позволяет судить о его высокой адгезии и возможности использования для получения клея?
4. Приведите классификацию плавящихся клеев.
5. Приведите примеры составов столярных клеев природного происхождения.
6. Какие особенности карбамидных смол способствуют их широкому применению для склеивания древесины? Приведите структурную формулу молекулы этой смолы.
7. Факторы, влияющие на расход клея, и технологические приемы для его снижения.

## 4. ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

### 4.1. Основные термины и понятия

Особенности лесозаготовительного производства, влияющие на выбор технологии и оборудования, заключаются в следующем:

1. Лесозаготовки производятся в разнообразных лесосырьевых, природно-климатических и почвенно-грунтовых условиях, что делает невозможным разработку типовых решений для проектирования и выбора оборудования.

2. Незначительный удельный запас леса на разрабатываемой площади: при среднем запасе древесины 200 м<sup>3</sup>/га толщина слоя древесной массы не превышает 2 см. Это вызывает необходимость в частых перемещениях участков и увеличивает затраты на транспортировку леса, прокладку и содержание лесовозных путей.

3. Лесоматериалы на протяжении всего цикла лесозаготовки остаются в цельном виде, что требует применения грузоподъемных и лесопереместительных машин высокой мощности.

В соответствии с Лесным кодексом РФ рубки лесных насаждений могут осуществляться в выборочной или сплошной форме [17, 18]. Выборочные рубки (осветление, обновление, ландшафтные) выполняют с целью ухода за лесами: улучшение породного состава, бонитета, повышение полезных функций. Сплошные рубки производят для заготовки леса с целью его последующей переработки. Они могут быть с предварительным или последующим проведением лесовосстановительных работ.

Технология лесозаготовок – это совокупность знаний о способах и средствах заготовки и первичной обработки древесного сырья, а также о процессах превращения предмета труда (растущие деревья) в готовую продукцию (круглые и колотые лесоматериалы, пиломатериалы).

Технологический процесс лесозаготовки включает три группы работ – лесосечные, транспортные и лесоскладские.

В лесосечные работы входит комплекс обрабатывающих и переместительных операций, включающий валку и очистку деревьев от сучьев, раскряжевку хлыстов, трелевку, сортировку, штабелевку, погрузку на лесовозный транспорт, а также подготовительные и заключительные работы на лесосеках [18].

Под транспортировкой понимается перемещение древесины транспортными средствами от места заготовки до участков складирования и обработки.

Лесоскладские работы включают первичную обработку сырья, распределение древесины по породно-качественному составу, погрузочно-штабелевочные работы по хранению и отгрузке сырья.

Объем лесозаготовок регулируется расчетной лесосекой – оптимальной нормой ежегодной вырубki, не превышающей величины годичного прироста. Она устанавливается раз в десять лет при проведении лесоустроительных работ. Примерная схема размещения элементов лесозаготовительного предприятия представлена на рис. 34. Лесосеки являются местом работы лесозаготовительных бригад, где размещаются машины и механизмы, а также средства их технического обслуживания.

Основными организационно-техническими характеристиками лесосеки являются площадь, ширина, направление, технология лесосечных работ, сезон и способы очистки лесосек. Размеры лесосек зависят от их территориального месторасположения. Так, например, для таежных лесов оптимальная ширина лесосек составляет 500, 400, 300, 250, 200, 150 и 100 м, а площадь – 50, 40, 30, 20, 15 и 10 га.

Для удобства разработки лесосеки делят на делянки, пасеки и ленты. Делянка закрепляется за одной бригадой рабочих или одной валочной машиной. Если лесосека невелика и на ней работает только одна бригада, то размеры лесосеки и делянки совпадают. На одной делянке выполняется весь комплекс лесосечных работ. Обычно малым комплексным бригадам отводят делянки площадью 5...8 га, а укрупненным – 10...15 га. Разбивка делянки на пасеки позволяет более точно выдерживать направление валки и сохранять подрост. Пасекой называется часть делянки шириной от 20 до 50 м, с которой поваленные деревья или хлысты трелюются по одному волоку.

Трелевочные трактора транспортируют деревья по пасечным или магистральным волокам. Ширина пасечного волока, прокладываемого посередине пасеки равна 3...5 м. Магистральные волоки соединяют пасечные с верхним складом – погрузочно-разгрузочным пунктом. Для удобства проведения работ при использовании валочных машин, а в некоторых случаях и при использовании бензиномоторных пил, пасеки дополнительно разбивают на ленты, разрабатываемые за один проход. Валочные машины обрабатывают ленты шириной 2,5...5,0 м, валочно-пакетирующие машины – 12...15 м, при механизированной валке (с применением БМП) ширина ленты равна средней высоте древостоя [19].

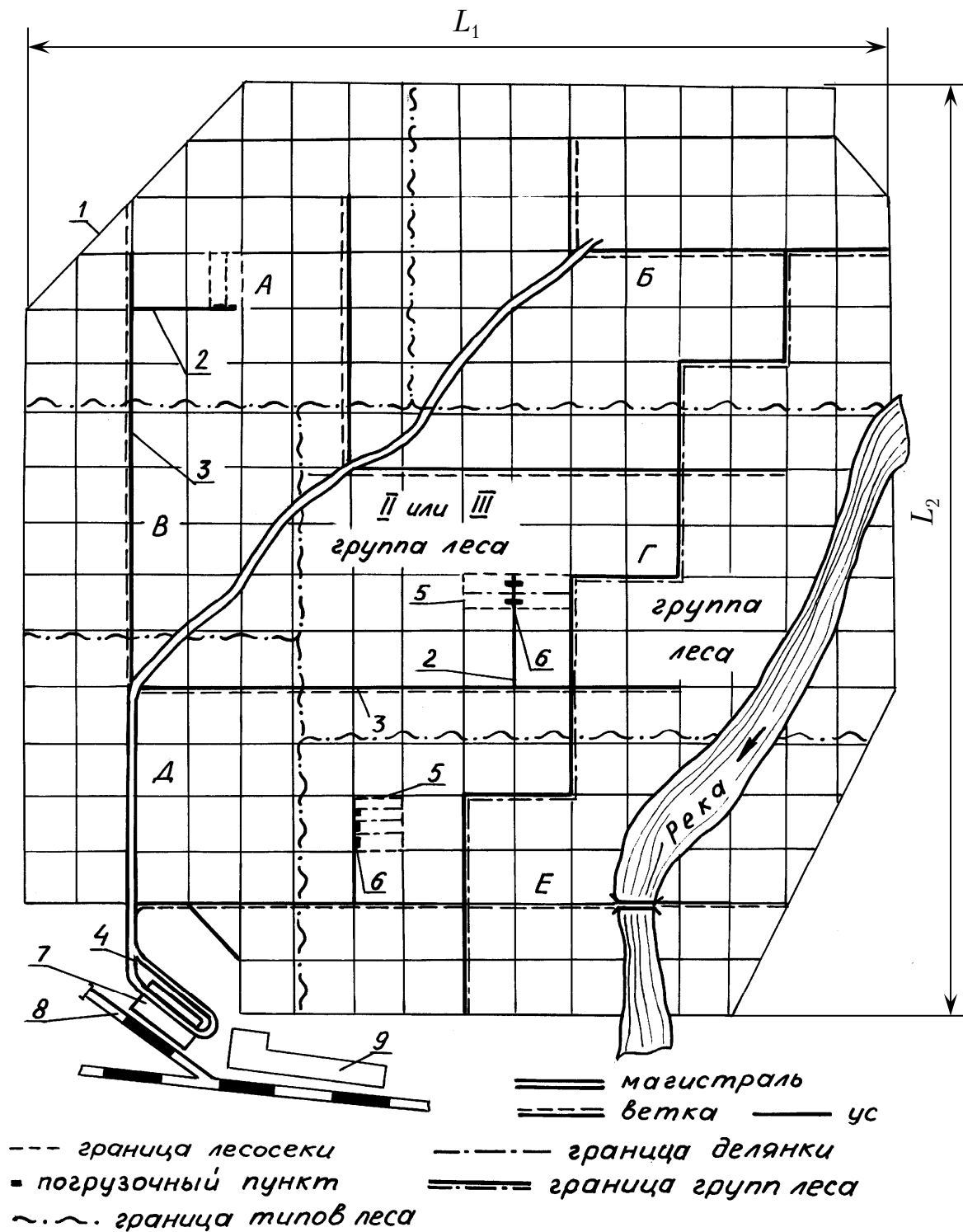


Рис. 34. Схема лесосеочного фонда, арендуемого лесозаготовительным предприятием: 1 – граница лесосеочного фонда; 2 – лесовозный ус; 3 – ветвь лесовозной дороги; 4 – магистральная лесовозная дорога; 5 – делянки; 6 – верхний склад; 7 – нижний склад; 8 – тупик железной дороги; 9 – лесоперерабатывающий участок

Состав операций на лесосечных работах зависит от общего технологического процесса, определяющим признаком которого является вид древесины, погружаемой на лесовозный транспорт. В соответствии с этим технологические процессы лесосечных работ подразделяют на системы, приведенные в табл. 11.

Т а б л и ц а 1 1

Системы машин для лесосечных работ [18, 19]

| №<br>п/п | Индекс<br>системы | Операции, место их выполнения |     |    |   |             |                   |    |      |      |     |                           |
|----------|-------------------|-------------------------------|-----|----|---|-------------|-------------------|----|------|------|-----|---------------------------|
|          |                   | Пасака, лента                 |     |    |   | Волок       | Погрузочный пункт |    |      |      |     | Лесо-<br>возная<br>дорога |
|          |                   | В                             | ОС  | Р  | П | Т           | ОС                | Р  | ПР   | С    | ШП  | ВВ                        |
| 1        | 01.01.03.МХ       | БП                            | –   | –  |   | ТТК         | –                 | –  | –    | –    | ЛПМ | АЛ                        |
| 2        | 01.01.03.К        | БП                            | –   | –  |   | ПТМ         | –                 | –  | –    | –    | ЛПМ | АЛ                        |
| 3        | 01.01.03.М        | ВМ<br>(ВПМ)                   | –   | –  |   | ПТМ<br>(ТМ) | –                 | –  | –    | –    | САП |                           |
| 4        | 01.02.03.МХ       | БП                            | –   | –  |   | ТТК         | БП                | –  | –    | –    | ЛПМ | АЛ                        |
| 5        | 01.02.03.К        | ВПМ                           | –   | –  |   | ПТМ, ТМ     | БП                | –  | –    | –    | ЛПМ | АЛ                        |
| 6        | 01.03.03.МХ       | БП                            | –   | –  |   | ТТК         | БП                | БП | –    | РСШ  | САП |                           |
| 7        | 01.03.03.К        | БП                            | –   | –  |   | ПТМ         | СРМ               |    | –    | –    | САП |                           |
| 8        | 01.03.03.М        | ВТМ                           | –   | –  |   | ВТМ         | СРМ               |    | –    | –    | САП |                           |
| 9        | 02.02.03.МХ       | БП                            | БП  | –  |   | ТТК         | –                 | –  | –    | –    | ЛПМ | АЛ                        |
| 10       | 02.02.03.К        | ВМ,<br>ВПМ                    | БП  | –  |   | ПТМ         | –                 | –  | –    | –    | ЛПМ | АЛ                        |
| 11       | 02.03.03.МХ       | БП                            | БП  | –  |   | ТТК         | –                 | БП | –    | РСШ  | САП |                           |
| 12       | 02.03.03.К        | ВСТМ                          |     | –  |   | ВСТМ        | –                 | БП | –    | РСШ  | САП |                           |
| 13       | 03.03.03.К        | БП                            | БП  | БП |   | ПТМс        | –                 | –  | –    | ПТМс | САП |                           |
| 14       | 03.03.03М1        | ВПМ                           | СРМ |    |   | ПТМс        | –                 | –  | –    | ПТМс | САП |                           |
| 15       | 03.03.03М2        | ВСРМ                          |     |    |   | ПТМс        | –                 | –  | –    | ПТМс | САП |                           |
| 16       | 01.01.05.К        | ВПМ                           | –   | –  |   | ПТМ         | –                 | –  | –    |      | ЛПМ | АЛ                        |
| 17       | 01.02.05.К        | БП                            | –   | –  |   | ПТМ         | БП                | –  | –    |      | ЛПМ | АЛ                        |
| 18       | 02.03.05.МХ       | БП                            | БП  | –  |   | ТТК         | –                 | БП | –    | РСШ  | САП |                           |
| 19       | 02.05.05.К        | ВСТМ                          |     | –  |   | ВСТМ        | –                 | БП | ПЛПУ | РСШ  | САП |                           |
| 20       | 03.05.05.К        | БП                            | СРМ |    |   | ПТМс        | –                 | –  | ПЛПУ | РСШ  | САП |                           |
| 21       | 03.05.05.М        | ВСРМ                          |     |    |   | ПТМс        | –                 | –  | ПЛПУ | РСШ  | САП |                           |

**П р и м е ч а н и я :**

1. Операции технологического процесса: В – валка; ОС – очистка деревьев от сучьев; Р – раскряжевка; П – пакетирование; Т – трелевка; С – сортировка; ШП – штабелевка, погрузка; ПР – продольная распиловка; ВВ – вывозка.

2. Оборудование и машины: БП – бензиномоторная пила; ТТК – трелевочный трактор с канатно-чокерным оборудованием (типа ТДТ-55А); ПТМ – пакетиро-



вочно-трелевочная машина (типа ТБ-1М); ЛПМ – лесопогрузочная машина (типа ПЛ-1В); ПТМс – пакетировочно-трелевочная машина для сортиментов (типа ЛТ-189); ВМ – валочная машина (типа ВМ-55); ВПТМ – валочно-пакетировочно-трелевочная машина (типа ЛП-58); СРМ – сучкорезно-раскряжевочная машина (типа ЛО-120); МОС – машина для очистки деревьев от сучьев (типа ЛП-30Б); ВСТМ – валочно-сучкорезно-трелевочная машина (типа МЛ-45); ВСРМ – валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина (типа МЛ-72); АЛ – автолесовоз (типа МАЗ-5434+ГКБ-9383); САП – самопогружающийся автопоезд (типа ТМ-33); ПЛПУ – передвижная лесопильная установка.

3. Вид древесины: Д – деревья; Х – хлысты; С – сортименты; ПП – пиломатериалы.

4. В индексе системы: 01 – деревья, 02 – хлысты, 03 – сортименты, 05 – пиломатериалы; 01.02.05 К – означает трелевка деревьев (01), вывозка хлыстов (02), отгрузка пиломатериалов (05), система машин комбинированная (К).

5. В системах 02.02.03К, 01.02.03К, 01.01.05К ВПМ формирует небольшие пачки на земле.

## 4.2. Элементы проектирования лесосечных работ

Первой важной задачей в алгоритме проектирования технологии лесосечных работ является выбор способа рубок. Она решается исходя из условия, что суммарные затраты на лесосечные и лесовосстановительные работы должны стремиться к минимуму, т.е.  $Ст = Ст_{л.с} + Ст_{л.в} \rightarrow \min$ . Соотношение удельной стоимости лесосечных  $Ст_{л.с}$  и лесовосстановительных  $Ст_{л.в}$  работ определяется принятым способом разработки лесосек.

Очевидно, что сплошные рубки обеспечивают достижение более высокого уровня механизации и производительности труда, что уменьшает затраты на лесосечные работы ( $Ст_{л.с} \rightarrow \min$ ), но увеличивает объем лесовосстановительных работ, т.е.  $Ст_{л.в} \rightarrow \max$ . При проведении постепенных и выборочных рубок затраты на лесовосстановление минимальные, но существенно возрастают расходы на лесосечные работы [18, 19].

Выбор способа рубки зависит также от породного состава спелого древостоя, типа леса и лесорастительных условий и группы леса. Тип леса (ельник, сосняк и т.д.) определяется по преобладающей породе в составе древостоя. Для хвойного хозяйства 4 дерева из 10 считаются преобладающими, например к ельникам относится состав 4Е6Б.

Формирование системы лесосечных машин осуществляется с учетом способа рубок, типа технологического процесса лесозаготовок (см. табл. 11), среднего объема хлыста, рельефа, почвенно-грунтовых условий. В комплект рекомендуется включать машины с равной или кратной производительностью и с единым базовым шасси. Согласно существующим нормам проектирования, комплекты машин для лесозаготовок разбивают на 2 группы: для мелкого и среднего (средний объем

хлыста до 0,39 м<sup>3</sup>) и крупного (0,4 м<sup>3</sup> и выше) древостоя. Марки оборудования для формирования комплектов лесосечных машин с учетом среднего размера деревьев приведены в табл. 12.

Т а б л и ц а 1 2

Марки оборудования для формирования комплектов  
лесосечных машин [19]

| Обозначение | Отечественные и стран СНГ                          |   | Зарубежные                       |  |
|-------------|--|---|----------------------------------|--|
|             | Для мелкого и среднего древостоя                   | Для крупного древостоя                    | Для мелкого и среднего древостоя | Для крупного древостоя                         |
| 1           | 2  | 3   | 4                                | 5  |
| БП (В,Р)    | «Дружба-4М»<br>МП-5 «Урал-2»<br>«Тайга-214»        | МП-5 «Урал-2»<br>М-228                    | 268, 262ХРН,<br>630, 036         | 281ХР, 2095,<br>064, 084                       |
| БП (ОС)     | «Тайга-214», Крона 202                             |   | 242ХР, 2041,020                  | 254ХР,<br>2054,026                             |
| ВМ          | ВМ-55  | ВМ-4Б                                     | 544D                             | —  |
| ВПМ         | ЛП-54,<br>МЛ-135,<br>ЛП-60, ЛП-19В                 | ЛП-19А,<br>ЛП-19Б<br>МЛ-119А              | 693С, К4ФВ,<br>2618 и др.        | 1187В,<br>К625ФВ,<br>325ФВ, 950,<br>2628 и др. |
| ТТК         | ТЛ-60,<br>ТТР-401,<br>МЛ-126, МТЗ-<br>Л82, ТДТ-55А | К-703М,<br>ТТ-4М,<br>МТ-5, ТЛТ-<br>100-06 | 240В, 360,<br>LPKT-40, ID440В    | 460, 660, С7Т,<br>D4НТСК                       |
| ПТМ         | ТБ-1М, ТБ-1М-<br>15, ЛТ-190                        | МЛ-107,<br>ЛП-18К<br>ЛТ-183, ЛП-18Г       | ВКС 9042, 886ПК<br>и др.         | Timberjak 1710<br>и др.                        |
| ПТМс        | ТЛ-60Ф,<br>МЛТП-354,<br>МЛ-131,<br>ЛТ-189М         | МЛ-72, МЛ-74                              | 575F, 2040Д, 490,<br>810В, 820   | 860С, 1110,<br>С15,<br>ЛКТ-100Ф                |
| ТМ          | ЛТ-89Б   | ЛТ-187,<br>ТЛК-4-01, МЛ-<br>56            | 260 и др.                        | ЛКТ-160, 360<br>и др.                          |
| ВТМ         | ЛП-17А   | ВМ-4В, ЛП-49,<br>ЛП-58А, МЛ-65            | 97-ЛС                            | —  |
| ВСТМ        | —  | МЛ-45, МЛ-55                              | —                                | —  |
| МОС         | ЛП-30Г,<br>ЛП-30Б                                  | ЛП-33, ЛП-33А                             | —                                | —  |

Окончание табл. 12

| 1     | 2                              | 3                                       | 4  | 5  |
|-------|--------------------------------|---|--|--|
| СРМ   | ЛО-120,<br>ЛО-123, СМ-33       | ЛО-126,<br>ЛО-115                       | VALMET 940,<br>ЛОКОМО<br>919/150                         | OSA 705/260                                      |
| ВСРМ  | МЛХ-424,<br>МЛХ-434,<br>МЛ-72  | Софит-Х,<br>МЛХ-434                     | 901(II), 770, 870,<br>Т 214 ВС, 400Х,<br>600Х, 975, 575. | 912.1, 921,<br>1070, 1270С,<br>608В,<br>GSTA 8.3 |
| ВСРТМ | –                              | –                                       | WOLF SYSTEM,<br>ЮНИОР,<br>СЕНИОР                         | VALMET 801                                       |
| ЛПМ   | ПЛ-1В, ПЛ-1Г,<br>МПР-371 и др. | ЛТ-65Б,<br>ЛТ-188,<br>ЛТ-163,<br>ЛТ-72А | L-50В  | L 90В и др.                                      |

Примечание. БП (В, Р) – бензопилы для валки деревьев и раскряжевки хлыстов; БП (ОС) – бензопилы для обрезки сучьев.

Разделение машин для работы в мелком и среднем древостое и в крупном древостое выполнено условно, т.к. в среднем древостое могут встречаться крупномерные деревья, и наоборот. За границу отнесения принята мощность двигателя. Если она составляет 90–100 л.с., то машины могут относиться как к той, так и к другой группе (мощностью меньше 90 л.с. – к первой группе, а свыше 100 л.с. – ко второй).

**4.2.1. Определение размеров лесного фонда.** Площадь участков лесного фонда должна обеспечивать сырьём лесозаготовительное предприятие в течение всего срока аренды. Площадь лесного фонда  $S$ , арендуемая комплексным предприятием, у которого договор аренды включает заготовку древесины и лесовосстановительные работы, определяется возрастом рубки:

$$S = \frac{10^4 \cdot Q \cdot Z_{\text{в}} \cdot f}{q_i}, \quad (17)$$

где  $Q$  – годовой объем предприятия по заготовке и вывозке древесины, м<sup>3</sup>;

$Z_{\text{в}}$  – срок аренды лесного фонда (возраст рубки спелого древостоя: для ели и сосны – 81 г, для березы – 61, для осины – 41);

$f$  – коэффициент, учитывающий неэксплуатируемые площади лесного фонда ( $f = 1, 1...1, 2$ );

$q_i$  – средний вырубемый запас леса, м<sup>3</sup>/га,

$$q_i = k_i \cdot q; \quad (18)$$

здесь  $q$  – средний запас леса на 1 га;

$k_i$  – коэффициент, учитывающий отношение объема вырубаемых деревьев ко всему объему древесины на данной площади.

Для предприятий, находящихся на начальной стадии развития, а также при небольших объемах лесосечных работ величина  $S$  определяется, исходя из годового объема лесозаготовок и производительности ведущей машины (наиболее производительной или дорогостоящей):

$$Q = H \cdot k \cdot T, \quad (19)$$

где  $H$  – суточная производительность ведущей машины, м<sup>3</sup>;

$k$  – коэффициент сменности машины;

$T$  – число рабочих дней в году.

Число лесосек годового лесного фонда  $Z_{л}$  составляет:

$$Z_{л} = \frac{10^4 \cdot Q}{S_{л} \cdot q_i}, \quad (20)$$

где  $S_{л}$  – средняя площадь лесосек годового лесного фонда, га.

При проектировании предприятия учитывается схема расположения участков лесного фонда. Размещение лесосек считается правильным при соблюдении следующих условий [19]:

- направление лесосеки должно обеспечивать притенение вырубке и сохранение почвенной влаги на юге, в области сухого лесоводства, и наоборот, необходимое прогревание и подсушивание почвы в таежных лесах. В первом случае преобладающее направление (по длине) – с запада на восток, во втором – с севера на юг;

- последовательность примыкания лесосек и направление рубки выбираются так, чтобы обнаженная после рубки стена леса оказалась с подветренной стороны во избежание ветровала для лучшего обсеменения вырубке, т.е. нужно учитывать преобладающее направление ветра. Во многих случаях используют взаимно перпендикулярное расположение лесосеки и рубки (рис. 35);

- срок примыкания лесосек, устанавливаемый для обсеменения вырубок и улучшения условий роста всходов и самосева, зависит от повторяемости семенных годов, урожайности древесной породы, географической зоны.

В лесах 1 группы срок примыкания равен: 5 годам – в сосняках и лиственничниках; 4 годам – в ельниках; 3 годам – в лесах мягколиственных пород. В лесах 2 группы срок примыкания для всех типов леса уменьшен на 1 год. В лесах 3 группы он равен: 3 годам – в хвойном и 1 году – в лиственном хозяйствах.

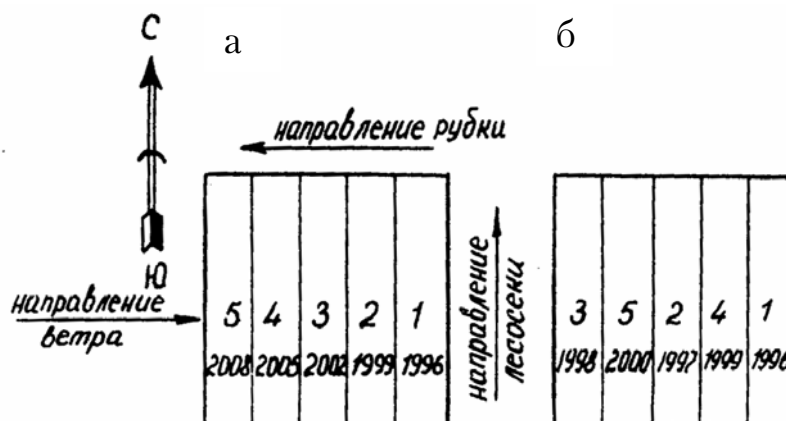


Рис. 35. Схема отвода лесосек при непосредственном (а) и чересполосном (б) примыкании [19]

При сплошных рубках главного пользования можно применять непосредственное (рис. 35, а) или чересполосное (рис. 35, б) примыкание. В первом случае каждую последующую лесосеку разрабатывают спустя определенный временной интервал, располагая вплотную к предыдущей. Во втором случае каждая последующая лесосека располагается через полосу леса определенной ширины от предыдущей [18, 19].

**4.2.2. Выбор схемы разработки лесосек.** Выбор схемы разработки лесосек производится на основании анализа данных, включающих вид рубок, тип лесозаготовительных машин, размеры лесосеки, наличие развитой дорожной сети, а также рельеф и почвенно-грунтовые условия. Различают фланговые и фронтальные лесосечные машины.

При работе фланговых машин разрабатываемая лента располагается слева относительно направления движения (рис. 36, г...з, к) [19]. При этом для сплошных рубок рекомендуется использовать: валочные и валочно-пакетирующие (ЛП-49) машины по схемам, приведенным на рис. 36 (г...ж); валочно-трелевочные (ЛП-17) и валочно-сучкорезно-трелевочные (МЛ-45) машины по схемам, изображенным на рис. 36 (з, к).

При работе фронтальных машин разрабатываемая лента размещается обычно спереди, а разработка территории лесосек производится согласно схемам, показанным на рис. 36 (а...в, и). Указанные схемы позволяют проводить как сплошные рубки с сохранением подроста, так и постепенные (см. рис. 35).

Схемы, представленные на рис. 36 (л, м), применяют при механизированной валке и трелевке тракторами с канатно-чокерным оборудованием. Наряду с ними может использоваться также схема, приведенная на рис. 36 (и), с диагональным размещением магистрального волока. Схемы, изображенные на рис. 36 (л, м), применяют при трелевке сортиментов форвардерами (рис. 37).

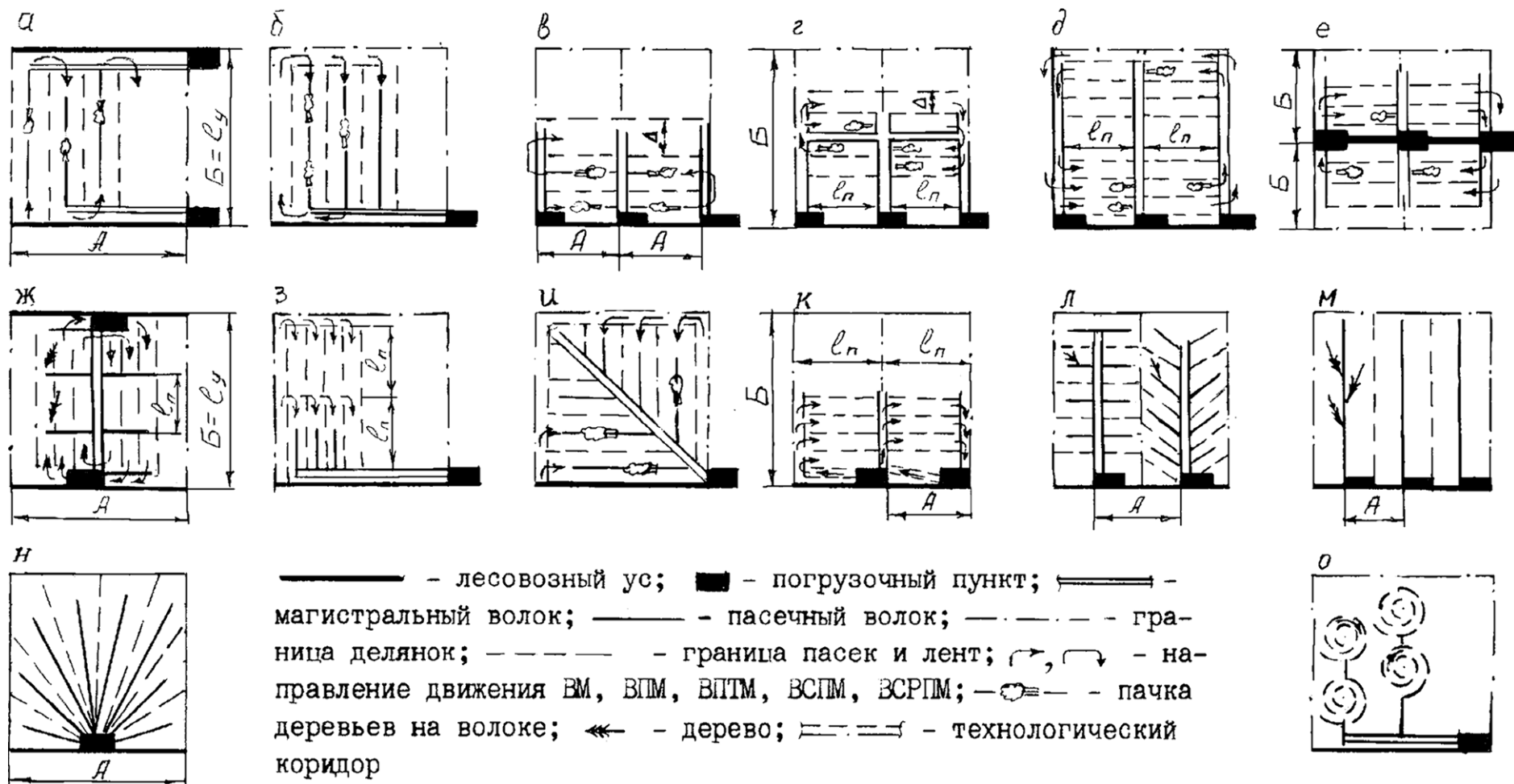


Рис. 36. Схемы размещения волоков (а, б, з, м, о – параллельные; в, ж, л – параллельно-веерные; и – диагональная; г, д, е, к – параллельные без пасечных волоков; н – радиальная) и движения лесозаготовительных машин по делянке (а, в – челночные; б, з, к – по односторонне расширяющемуся периметру; г, е, ж – по двусторонне расширяющемуся периметру; д – по двусторонне сужающемуся периметру; и – комбинированная; о – по расширяющейся ленте (спирали) при валке деревьев, очистке их от сучьев и раскряжевке хлыстов бензопилами



Рис. 37. Форвардер – самоходная двухмодульная машина, состоящая из погрузочного манипулятора и грузовой тележки

**4.2.3. Расчет площади делянок.** Расчет оптимальных размеров делянки сводится к определению расстояний:  $l_y$  – между усами и  $A$  – между погрузочными пунктами (рис. 38), – обеспечивающих минимизацию суммарных затрат на лесозаготовительные работы.

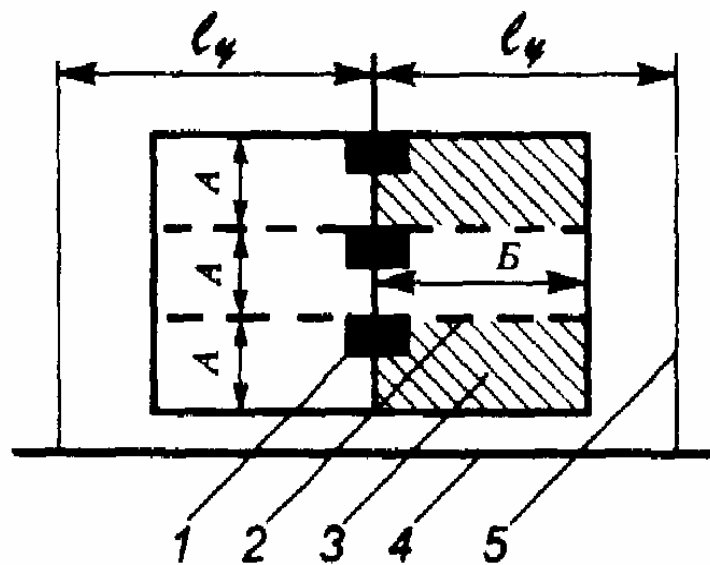


Рис. 38. Схема для расчета оптимальных размеров лесосеки:  
 1 – погрузочный пункт; 2 – граница делянок;  
 3 – делянка; 4 – ветка (магистраль);  
 5 – ус (ветка)

Общая стоимость  $C$  на  $1 \text{ м}^3$  заготавливаемой древесины складывается из затрат на трелевку леса ( $C_1, \text{ р/м}^3$ ), строительство и содержа-

ние лесовозного уса ( $C_2$ , р/м<sup>3</sup>), а также обустройство погрузочного пункта ( $C_3$ , р/м<sup>3</sup>). Величину  $C_1$  рассчитывают по формуле

$$C_1 = \frac{C_T}{\Pi_{\text{см}}} = \frac{C_T \cdot \left( \frac{2\ell}{v_{\text{ср}}} + \sum t \right)}{3600 \cdot M \cdot m \cdot \phi_1}, \quad (21)$$

где  $C_T$  – стоимость машино-смены на трелевке;

$\Pi_{\text{см}}$  – сменная производительность ведущей машины, м<sup>3</sup>;

$M$  – объем трелюемой пачки, м<sup>3</sup>;

$m$  – число часов в смене;

$\phi_1$  – коэффициент использования времени смены ( $\phi_1 = 0,75 \dots 0,85$ );

$\sum t$  – суммарное время на формирование пачки, ее погрузку и разгрузку, маневры машины на лесосеке и погрузочном пункте в расчете на одну пачку, с;

$v_{\text{ср}}$  – средняя скорость ведущей машины при движении в грузовом и холостом направлениях, м/с;

$\ell$  – среднее расстояние трелевки, м,

$$\ell = K_0 (B \cdot K_1 + A \cdot K_2) = K_0 \left( \frac{\ell_y \cdot K_1}{2} + A \cdot K_2 \right); \quad (22)$$

здесь  $K_0$  – коэффициент удлинения трелевочных волоков, представляющий собой отношение фактической протяженности волока к его длине по прямым ( $K_0 = 1,1 \dots 1,4$ );

$B$  – ширина делянки, м;

$A$  – длина делянки (расстояние между ПП), м;

$K_1, K_2$  – коэффициенты, зависящие от схемы расположения волоков на лесосеке (табл. 13).

Т а б л и ц а 13

Коэффициенты для определения среднего расстояния трелевки

| Показатель | Значения $K_1$ и $K_2$ (для схем, показанных на рис. 36) |            |         |      |      |
|------------|--|------------|---------|------|------|
|            | а, б, в, з, о  | г, д, е, м | ж, к, л | и    | н    |
| $K_1$      | 0,5  | 0,5        | 0,5     | 0,40 | 0,25 |
| $K_2$      | 0,5  | 0          | 0,25    | 0,40 | 0,25 |



Определение оптимальных размеров деланки сводится к нахождению минимума функций двух независимых переменных ( $l_y$  и  $A$ ) по уравнению

$$\ell_y^2 - \ell_y^{0,5} \sqrt{\frac{72 \cdot 10^6 C_{II} \cdot k_2 \cdot M \cdot m \cdot \varphi_1 \cdot v_{cp}}{C_T \cdot k_1^2 \cdot k_0 \cdot q}} - \frac{36 \cdot 10^6 \cdot C_y \cdot f \cdot \rho \cdot M \cdot m \cdot \varphi_1 \cdot v_{cp}}{C_T \cdot k_0 \cdot k_1 \cdot q} = 0.$$

Уравнение решается методом итераций с использованием электронных таблиц, составляемых студентами в программе Excel.

При работе по схемам, изображенным на рис. 36 (г...е, м), значение коэффициента  $K_2$  равно нулю, т.е. трелевочная машина в процессе работы перемещается только по магистральному (рис. 36, г...е, к) или пасечному (рис. 36, м) волоку. Расстояние между погрузочными пунктами для схем, приведенных на рис. 36 (г...е, к), находится как длина ленты, обеспечивающая набор пачки:

$$A = \ell_n = \frac{10^4 \cdot M}{\Delta \cdot q \cdot k_i}, \quad (23)$$

где  $M$  – заданный объем пачки, м<sup>3</sup>;

$\Delta$  – ширина обрабатываемой ленты валочной, валочно-пакетирующей, валочно-сучкорезно-пакетирующей или валочно-сучкорезно-раскряжевочной машиной;

$q$  – средний запас леса, м<sup>3</sup>/га.

Для схемы, представленной на рис. 36 (м), расстояние между погрузочными пунктами определяется шириной пасеки, которая, в свою очередь, зависит от высоты древостоя и находится в пределах 25...40 м.

При известном значении  $A$  и при  $K_2 = 0$  величина  $l_y$  выводится из уравнения

$$\ell_y = \sqrt{\frac{36 \cdot 10^6 \cdot M \cdot m \cdot \varphi_1 \cdot v_{cp} \cdot \left( C_y \cdot f \cdot \rho + \frac{C_{II}}{A} \right)}{C_T \cdot q \cdot k_1 \cdot k_0}}. \quad (24)$$

Расчет количества оборудования и рабочей силы нельзя выполнить, не зная выработки на каждой операции лесосечных работ. Обычно для серийно выпускаемой техники разрабатываются усредненные нормы выработки.

Расчетная производительность дает возможность оценить степень применимости норм выработки в реальных условиях предприятия, найти резервы для ее перевыполнения квалифицированными рабочими, обосновать рациональную технологию и приемы работы. Методика расчета производительности лесосечных машин изложена в [19] и сводится к определению сменной  $\Pi_{см}$  и часовой  $\Pi_{ч}$  производительности по формулам:

$$\Pi_{см} = \Pi_{ч} \cdot m \cdot \varphi_1, \quad (25)$$

где  $\Pi$  – часовая производительность, м<sup>3</sup>;

$m$  – число часов в смене;

$\varphi_1$  – коэффициент использования времени смены (для БП можно принять  $\varphi_1 = 0,4...0,6$ ; для других машин  $\varphi_1 = 0,75...0,85$ );

$$\Pi_{ч} = \frac{3600 \cdot Q}{T}, \quad (26)$$

где  $Q$  – объем единицы продукции (хлыста, пачки или группы деревьев), который вырабатывает или транспортирует машина за один рабочий цикл, м<sup>3</sup>;

$T$  – время на выполнение основных и вспомогательных операций в расчете на единицу продукции, с.

Для повышения уровня рентабельности лесозаготовительного предприятия в составе нижнего склада организуют лесопильный цех (производство пиломатериалов, клееных заготовок, паркета, столярных плит или др.). Современная тенденция развития лесопильных технологий заключается в максимально полном использовании древесного сырья. Для этого при проектировании цехов предусматривают производственные участки по утилизации образующихся в процессе механической обработки древесины отходов – производство технологической щепы, топливных брикетов, хвойно-витаминной муки и др. В качестве примера на рис. 39 и 40 представлены принципиальные схемы генерального плана нижнего склада и участка цеха по производству технологической щепы.

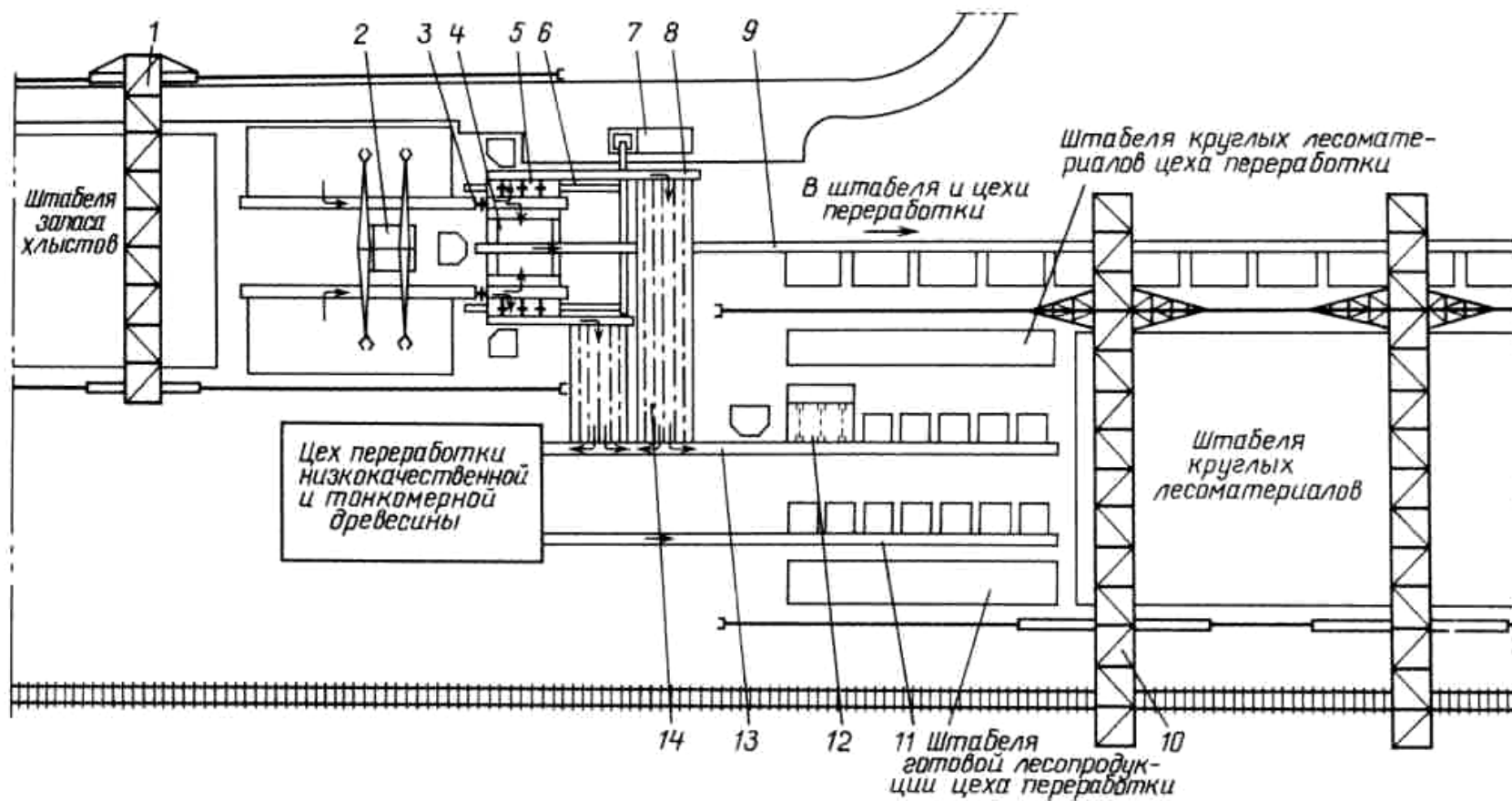


Рис. 39. Нижний склад с разделением потоков деловой и низкокачественной древесины:  
 1 – кран козловой ЛТ-62; 2 – манипулятор двухстреловой; 3 – установка раскряжевочная; 4 – разобщик бревен;  
 5 – блок многопильный; 6 – транспортер для уборки отходов; 7 – погрузчик скиповый; 8 – транспортер выносной;  
 9 – сортировочный транспортер; 10 – кран ККС-10; 11 – транспортер готовой продукции; 12 – питатель;  
 13 – транспортер подающий реверсивный; 14 – транспортер поперечный

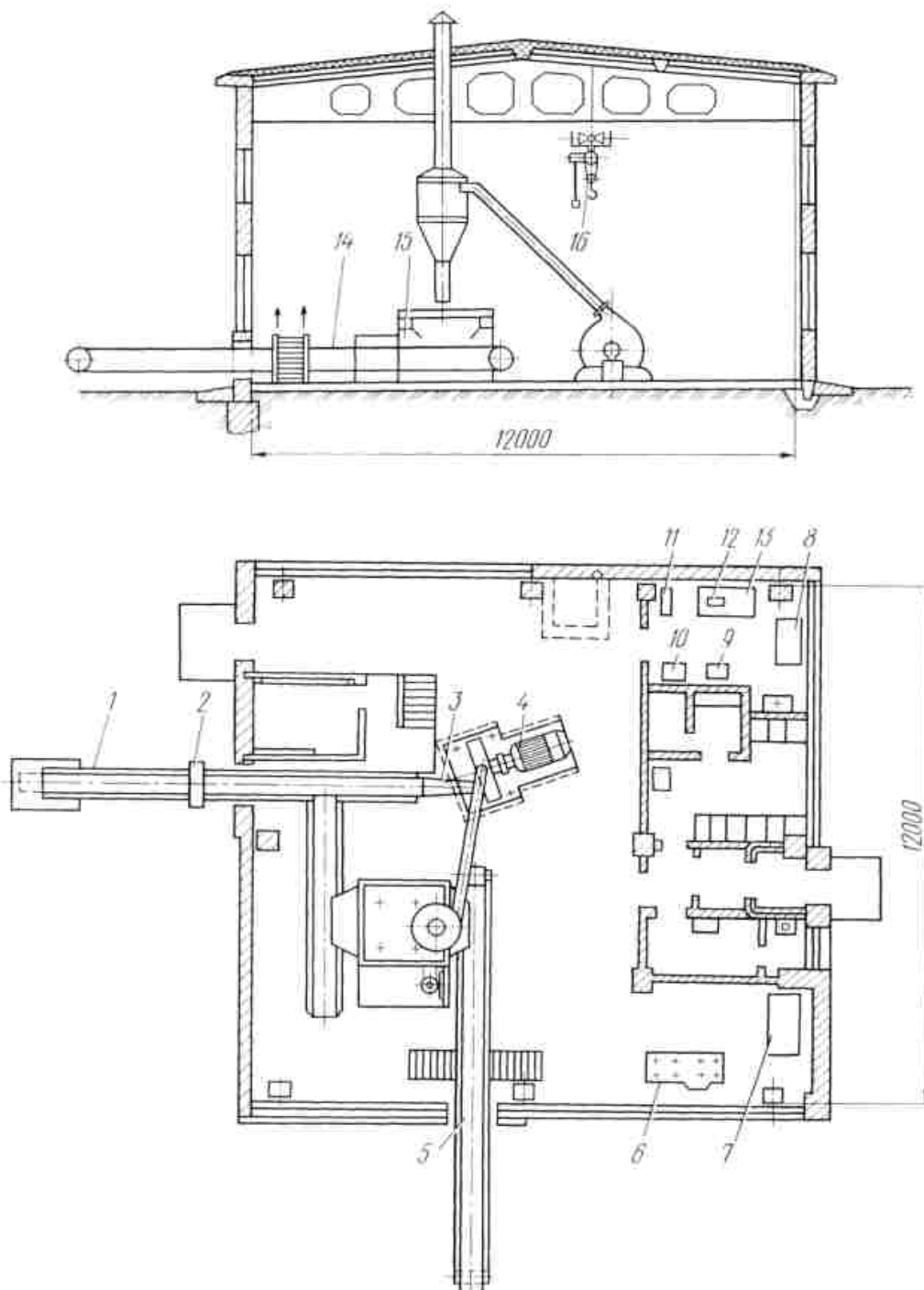


Рис. 40. Компоновочная схема участка по производству технологической щепы мощностью 20 тыс. м<sup>3</sup>/год:  
 1 – ленточный конвейер; 2 – металлоискатель; 3 – загрузочный лоток;  
 4 – рубительная машина МРП-10; 5 – конвейер ленточный для кондиционной щепы; 6 – полуавтомат заточный; 7 – верстак слесарный;  
 8 – стол для химических анализов; 9 – анализатор щепы; 10 – сушильный шкаф; 11 – шкаф лабораторный; 12 – технические весы; 13 – стол для анализа фракционного состава щепы; 14 – конвейер ленточный для крупной фракции; 15 – сортировка щепы СЩ-1М; 16 – таль электрическая

## **Контрольные вопросы**

1. Участок лесного фонда и его технологические элементы: магистраль, ветка, ус, лесосека, делянка, лесозаготовительный пункт.

2. Методика расчета оптимальных размеров делянок. Состав мероприятий по проектированию лесосечных работ. Выбор способа рубок и технологического процесса

3. Магистральные и пасечные волокна. Схемы размещения волокон на лесосеке. Методика расчета среднего расстояния трелевки.

4. Классификация машин для лесосечных работ. Способы компоновки технологического оборудования лесосечных машин.

## 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Сушка уменьшает вероятность загнивания древесины, повышает ее прочность и обеспечивает постоянство размеров и формы деревянных изделий в процессе эксплуатации. Различают естественную (атмосферную) и искусственную виды сушки (рис. 41).

### 5.1. Атмосферная сушка пиломатериалов

Производится на открытых складах в специально сформированных штабелях. Состояние агента сушки (атмосферного воздуха) характеризуется нестабильностью и сильно зависит от природно-климатических факторов.

Важным фактором, влияющим на состояние воздуха в штабеле, является плотность укладки в нем досок: с ее увеличением температура понижается, а относительная влажность воздуха становится выше [10, 20, 21]. В штабеле происходит достаточно сложная циркуляция воздуха: преобладает его движение с небольшой скоростью в вертикальном направлении за счет разности плотностей воздуха в штабеле и за его пределами. 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 [10].

Состояние воздуха в штабеле при атмосферной сушке регулируется слабо. В определенной степени процесс сушки поддается управлению соответствующим размещением штабелей и надлежащей укладкой в них пиломатериалов. Характерная особенность атмосферной сушки состоит в том, что при малой ее интенсивности возможно поражение материала деревоокрашивающими грибами.

Атмосферная сушка пиломатериалов проводится в соответствии с нормативными требованиями [20], согласно которым территория страны разделена на четыре климатические зоны: I – северная (северные области европейской части РФ, север Урала и Сибири); II – северо-западная (Карелия, Ленинградская, Новгородская и Псковская области) к этой зоне относится также южная часть Приморья; III – центральная (средние области европейской части РФ, Южная Сибирь); IV – южная (Курская, Астраханская, Самарская, Саратовская, Волгоградская, Оренбургская, Воронежская, Тамбовская, Пензенская, Ростовская и Ульяновская области, Кавказ).

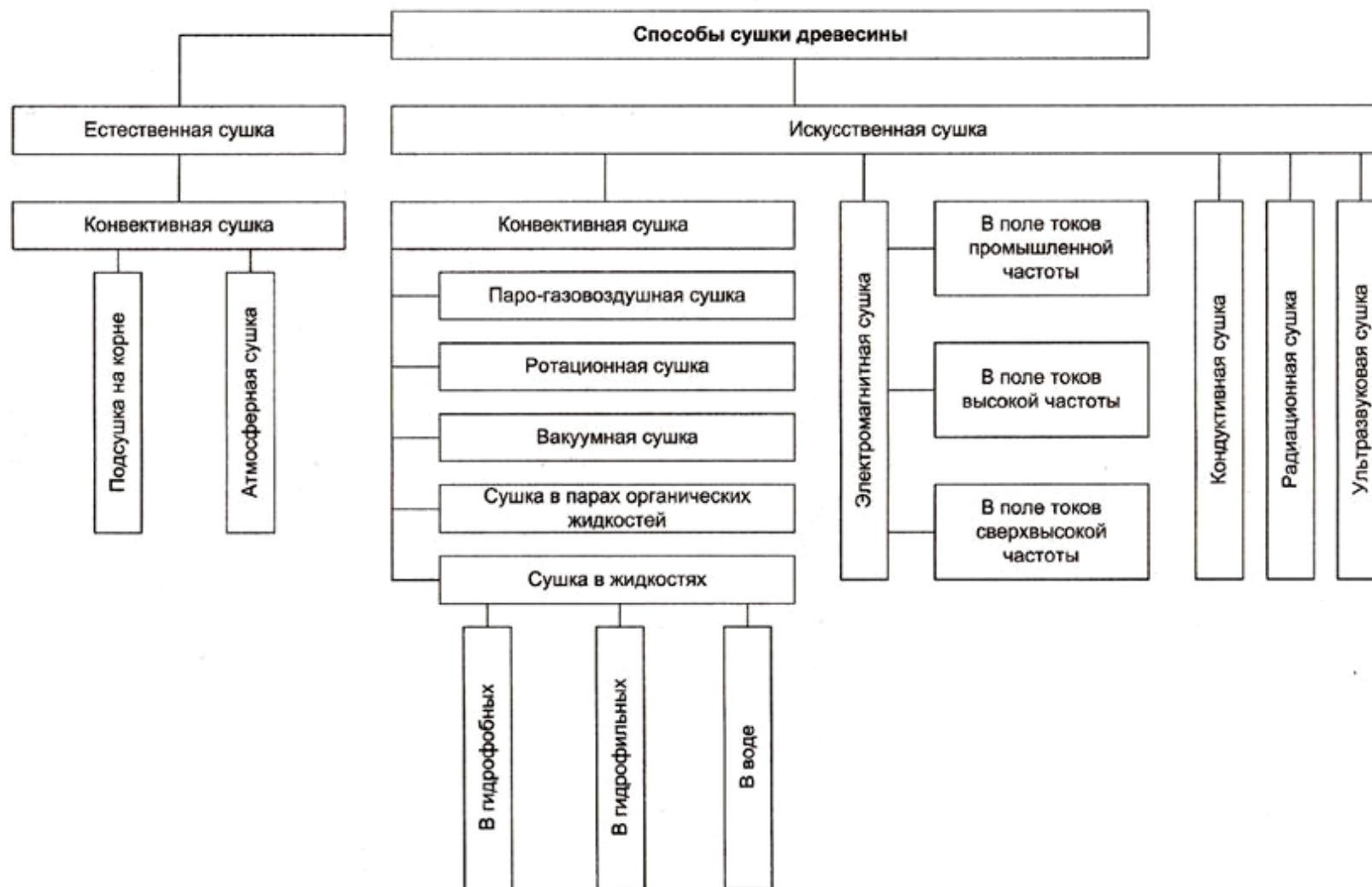


Рис. 41. Классификация способов сушки (по А.М. Артеменкову)

Штабеля на складе размещают группами, площадь которых по правилам пожарной охраны не должна превышать 900 м<sup>2</sup>. 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 [21].

На рис. 42 даны схемы планировки склада атмосферной сушки пиломатериалов хвойных пород при рядовой и пакетной укладке козловыми кранами.

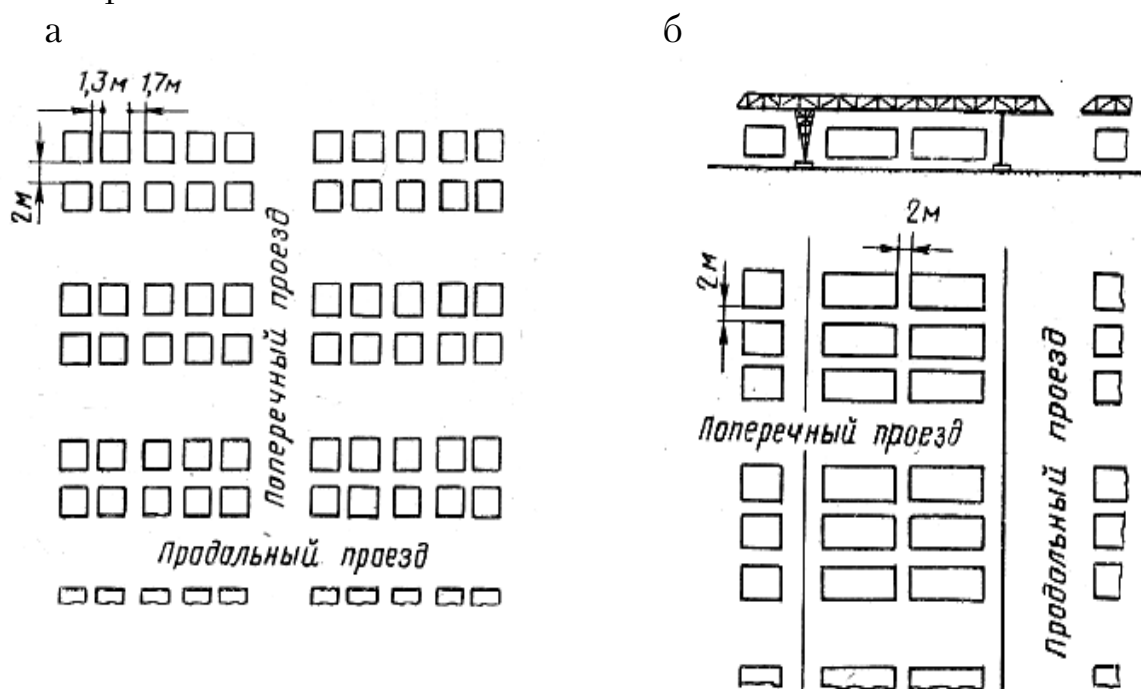


Рис. 42. Варианты планировки складов [21]:  
1 – при рядовой укладке; 2 – при пакетной укладке

Планировка складов атмосферной сушки пиломатериалов лиственных пород различается 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. Штабельное основание собирается из опор, на которые укладываются прогоны. В большинстве случаев опоры изготавливают переносными в виде железобетонных столбиков. В районах, где наблюдается выпучивание грунта, предпочтительны свайные опоры. Высота опор 50...75 см, в зависимости от климатической зоны. При малой толщине снежного покрова допускается снижать высоту опор до 30 см.



Штабель формируется из однородных по породе и размерам досок, укладываемых на прокладки. В рядовых штабелях (рис. 43) в качестве прокладок можно использовать сами высушиваемые пиломатериалы или специальные рейки толщиной 22...25 мм и шириной 40...60 мм, которые размещаются строго вертикальными рядами над опорами.

Для пиломатериалов хвойных пород применяют квадратные в плане штабеля (рис. 43, а), длина и ширина которых соответствуют наибольшей длине укладываемых досок (6,5...7 м), а высота 3,5...4 м. Для более равномерного высыхания в центре штабеля устраивают 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 на прокладках в более длинные (до 13 м), но узкие (1,5...2,5 м) штабеля высотой 2,5...3 м (рис. 43, б). Тонкие (до 32 мм) заготовки допускается укладывать клеткой в штабеля длиной 2,5...3,5 м.

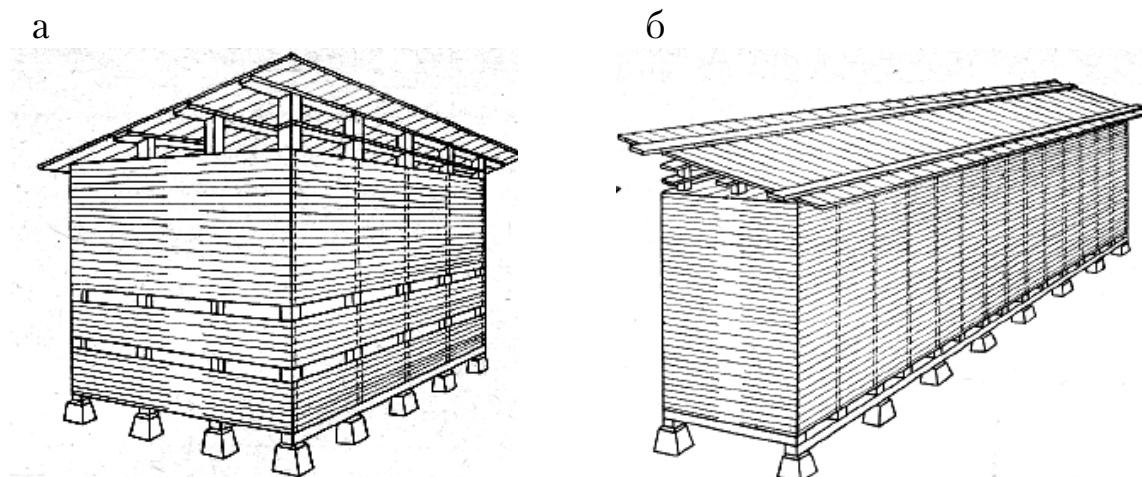


Рис. 43. Общий вид рядового штабеля пиломатериалов хвойных (а) и лиственных (б) пород [20, 21]

Поскольку формирование рядового штабеля плохо поддается механизации и требует больших трудозатрат, на крупных складах следует применять пакетные штабеля как для хвойных, так и для лиственных пиломатериалов.

Пакетный штабель (рис. 44) формируют из одинаковых по размерам пакетов, уложенных на фундаментах в несколько (4...5 и более) горизонтальных рядов или ярусов. Пакеты каждого яруса отделяют друг от друга межпакетными прокладками сечением 100×100 мм, которые 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 автопогрузчиками составляет 4...5 м, а при укладке кранами возрастает до 12 м. Длина штабеля пиломатериалов (его размер по длине досок) составляет: для хвойных пород – 6,5...7 м (один пакет); для лиственных пород – до 22 м (несколько пакетов). Ширина штабеля зависит от параметров подъемно-транспортных механизмов и, как правило, не превышает 6,5 м. Техническими характеристиками пакетформирующих 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.

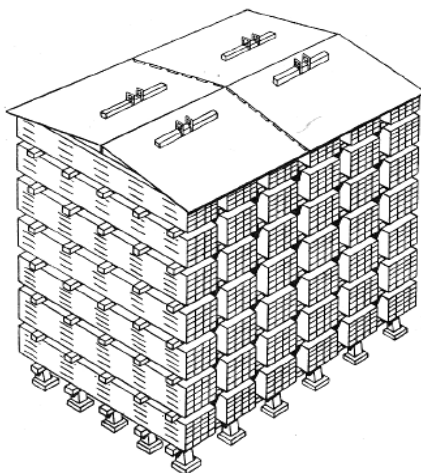


Рис. 44. Общий вид пакетного штабеля [21, 22]

При сушке древесины хвойных пород в рядовых штабелях ширину шпаций устанавливают различной для узких (до 150 мм) и широких (свыше 150 мм) пиломатериалов. В зависимости от климатической зоны она составляет, мм:

✓ узкие пиломатериалы I и II зоны – 101...125; III и IV зоны – 75...100;

✓ широкие пиломатериалы I и II зоны – 150...175; III и IV зоны – 125...150.

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.

Полностью сформированные штабеля оборудуют крышами. Над пакетными штабелями крышу монтируют из заранее подготовленных съемных панелей на подголовниках, расположенных над опорами фундамента (см. рис. 44). Над рядовыми штабелями крыша сооружается из здоровых досок толщиной до 25 мм. 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 [21].

Штабеля заготовок твердых лиственных пород рекомендуется перекрывать стационарными навесами. Для заготовок небольшой толщины навесы делают открытыми, а для толстых заготовок сооружают стены из жалюзийных решеток.

Успешное проведение атмосферной сушки в значительной мере определяется правильным выбором места для укладки материала на складе. По отношению к господствующим ветрам рекомендуется размещать штабеля тонких досок (до 25 мм) с наветренной стороны склада, досок средней толщины – с подветренной стороны, а толстых (более 50 мм) – в середине склада.

Продолжительность атмосферной сушки зависит от многих факторов и трудно поддается расчету. Применительно к Пензенской области (IV климатическая зона) сроки атмосферной сушки пиломатериалов мягких хвойных пород составляют [20]:

✓ в период наиболее интенсивной сушки (июнь, июль) – 8...9 суток (при толщине 15...25 мм) и 17...25 суток (при толщине 55...75 мм);

✓ в период наименее интенсивной сушки (март, октябрь) – 18...28 суток (при толщине 15...25 мм) и 34...45 суток (при толщине 55...75 мм).

Для рядовых штабелей сроки сушки увеличиваются на 10 %. Продолжительность сушки пиломатериалов лиственных пород больше, чем мягких, приблизительно в 1,5 раза. Ход сушки контролируют по изменению массы образцов, помещаемых в специальных гнездах в нижней четверти штабеля. Атмосферная сушка считается законченной, если влажность пиломатериала достигла 20...22 %.

## 5.2. Камерная сушка

Осуществляется в короткие сроки и полностью исключает возможность заражения грибами, обеспечивает высокое качество древесины. На сегодняшний день разработано множество вариантов проведения искусственной сушки, однако лишь немногие из них имеют промышленное значение.

Камерная сушка производится в сушилках периодического или непрерывного действия в течение нескольких суток. Сушильным агентом в них может быть нагретый воздух, пар или дымовые газы с тем-

пературой 70...80 °С. Имеются специальные способы сушки – диэлектрическая, индукционная, вакуумная, сушка в жидкостях, а также ротационное обезвоживание [10].

Из специальных способов относительно широко применяют диэлектрическую сушку и сушку в жидкостях. Диэлектрическое высушивание производится путем установки изделий в электрическое поле высокой частоты. Выделение тепла обеспечивается за счет активации вынужденных колебательных движений молекул высушиваемой древесины, что приводит к ее быстрому и равномерному нагреву. При этом продолжительность процесса сокращается более чем в 10 раз по сравнению с камерной сушкой. Распространению данного способа мешает высокая стоимость, обусловленная большим расходом электроэнергии [8].

Способ сушки в жидких средах является экономически обоснованным, особенно в случае использования петролатума. Поскольку за 8...12 часов обработки в горячих ваннах при температурах 130...140 °С влага в древесине вскипает, превращается в пар с избыточным давлением и удаляется, целостность материала при этом не нарушается. Стоимость сушки в петролатуме сопоставима с аналогичным показателем для камерной сушки.

Для регионов со средней лесистостью, к которым относится и Пензенская область, сушку древесины целесообразно проводить с использованием камерных сушильных установок периодического действия, способных обеспечить самые высокие показатели качества. Наибольшее распространение получили конвективные парогазовоздушные сушильные камеры с объемом загружаемого пиломатериала от 12 до 50 м<sup>3</sup>. В современной практике широко распространены сборно-металлические камеры данного типа с поперечно-вертикальной циркуляцией сушильного агента. Общий вид и компоновочная схема таких камер приведены на рис. 45 и 46.

На мелких предприятиях, не имеющих пароснабжения, целесообразно использовать сборные камеры с аэродинамическим нагревом. Работа таких камер основана на принципе аэродинамического нагрева, когда мощное завихрение воздуха в замкнутом объеме роторного отсека вызывает нагрев воздуха и его интенсивную циркуляцию внутри камеры. Эффект повышения температуры воздуха достигается вследствие трения перемещающихся воздушных масс о лопадки ротора.

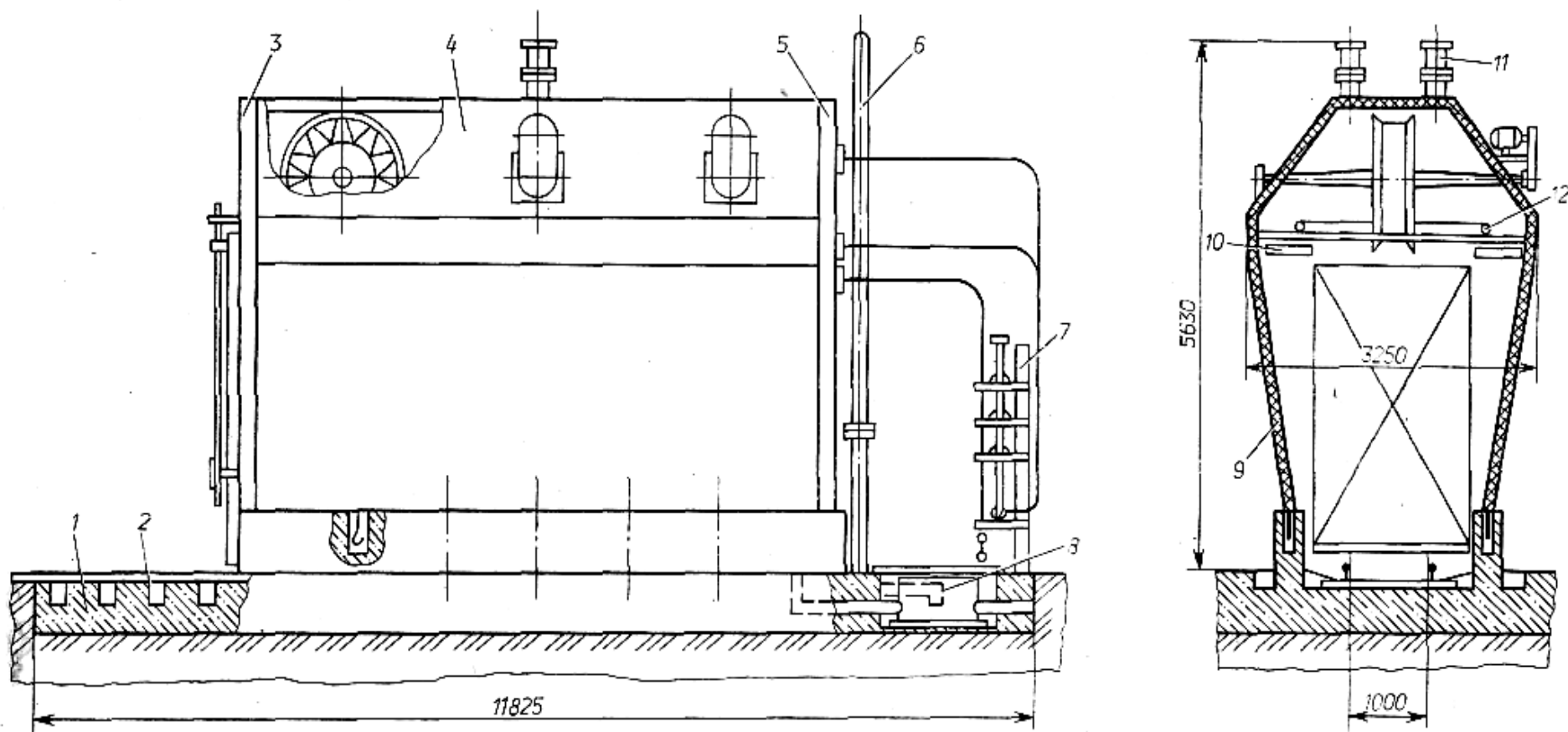


Рис. 45. Общий вид камеры УЛ-1:  
 1 – фундамент; 2 – откидные рельсы; 3 – передняя панель с дверью; 4 – верхняя секция; 5 – задняя панель;  
 6 – вытяжная труба; 7 – щит управления; 8 – гидрозатвор; 10 – калорифер; 11 – вентиляционный канал;  
 12 – увлажнительная труба

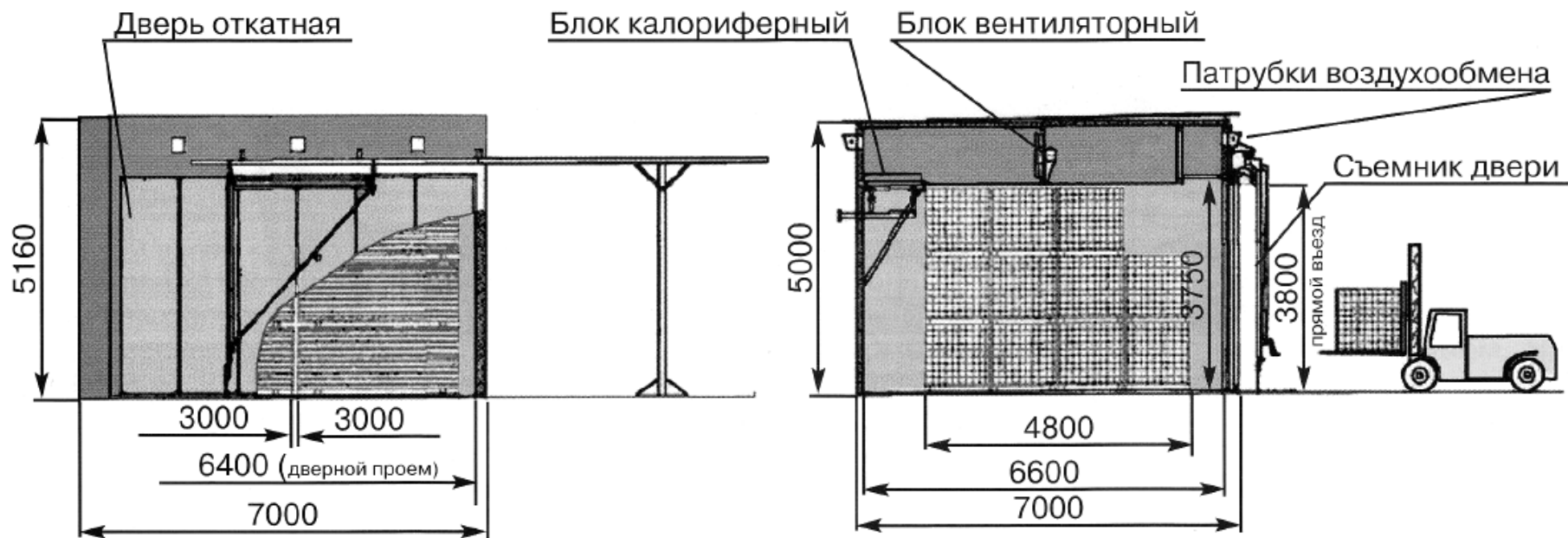


Рис. 46. Компоновочная схема сушильной камеры СКВК-50 Ф с объемом загрузки 50 м<sup>3</sup>

Корпус камеры собирается из теплоизоляционных сэндвич-панелей с наружной облицовкой из алюминиевого или оцинкованного профилированного листа и внутренним слоем из минеральной ваты. Роторный отсек отделен от внутреннего пространства камеры стенкой, в которой расположено жалюзийное окно. Температура в камере регулируется путем изменения сечения жалюзийного окна, что достигается поворотом пластин жалюзи с помощью рычажной системы. Для того чтобы обеспечить воздухообмен в процессе выпаривания влаги из пиломатериалов, на корпусе камеры имеются воздухообменные патрубки для забора свежего воздуха и выброса влажного. Типовая компоновочная схема сушильной камеры с аэродинамическим нагревом представлена на рис. 47.

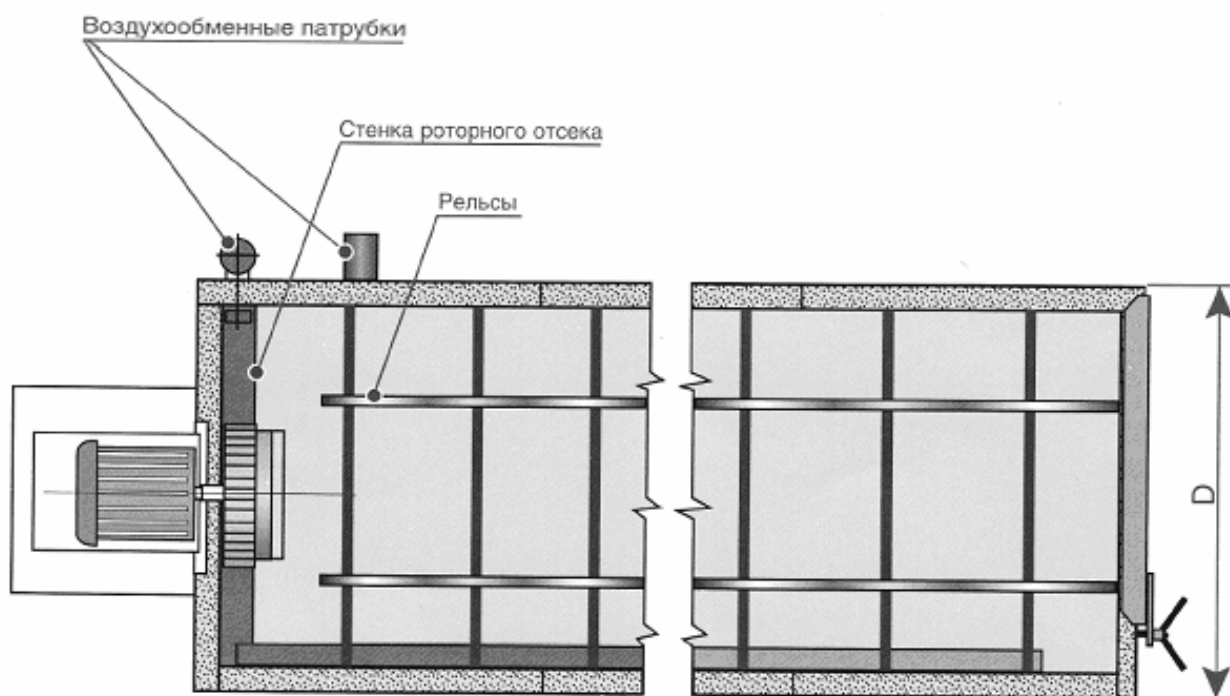


Рис. 47. Компоновочная схема сушильной камеры марки АСКМ

Стандартный вариант режима сушки состоит из следующих этапов: начальный прогрев; сушка (включает две или три ступени режима); влаготеплообработка (промежуточная и конечная); кондиционирование.

Начальный прогрев проводят для быстрого прогрева материала при температурах от 60 °С (мягкий режим) до 101 °С (высокотемпературный режим) и относительной влажности воздуха 90...95 %. Время начального прогрева назначают, исходя из расчета 1,5 часа на каждый сантиметр толщины пиломатериала (для мягких хвойных пород). Влаготеплообработка (ВТО) необходима для снятия внутренних напряжений, возникающих в материале при сушке. При проведении ВТО в ка-

мере поддерживают температуру на 8 °С выше, чем на последней ступени режима при психрометрической разнице 0,5...1 °С Промежуточная ВТО назначается при сушке изделий, склонных к образованию внутренних трещин (пиломатериал из твердолиственных пород толщиной свыше 32 мм или мягких хвойных пород с толщиной более 60 мм).

Общую продолжительность ВТО определяют по справочным таблицам, исходя из толщины и породного состава пиломатериала. Она колеблется в диапазоне от 1,5 часа (пиломатериал из сосны, ели, пихты, кедра, осины, липы, тополя толщиной до 22 мм) до 80 часов (пиломатериал толщиной более 75 мм из твердолиственных пород). Кондиционирование древесины производится, если материал после окончания сушки просушен недостаточно качественно, т.е. наблюдается превышение допустимого отклонения показателя влажности по сечению штабеля или отдельного изделия. В этом случае в камере создается среда, обеспечивающая снижение влажности недосушенных и увлажнение пересушенных сортиментов. Температура в процессе кондиционирования сохраняется на уровне последней ступени режима сушки, а степень насыщенности среды устанавливается, исходя из условия достижения обрабатываемым пиломатериалом равновесной влажности, которая увеличена на 1 % по отношению к заданной конечной величине.

Современная тенденция ЛПК заключается в комплексной утилизации отходов деревоперерабатывающих производств, которая применительно к технологии сушки реализуется в создании комплексов, работающих на древесных отходах (рис. 48). Основой таких лесосушильных комплексов является энергетическая установка (котельная), работающая на древесных отходах. В состав котельной установки входят оперативный бункер, шнековый транспортер подачи топлива с дозатором, газогенератор, водогрейный котел, контроллер-программатор, комплект оборудования систем увлажнения топлива и пожаротушения.

Принцип работы теплогенерирующей установки заключается в следующем. Сыпучее топливо из бункера поступает в шнековый транспортер, работающий в автоматическом режиме «подача – пауза» в соответствии с заданной на контроллере программой. Обрезки и кусковые отходы загружаются вручную непосредственно в топку котла. Шнековый транспортер осуществляет дозированную подачу топлива в газогенератор. Для повышения эффективности газификации сухого топлива (опилки, стружка, щепа с относительной влажностью 6...8 %) в конструкции установки предусмотрено автоматическое увлажнение топлива в шнековом транспортере на входе в газогенератор. Камера-газо-



генератор разогревается до температуры 900...1000 °С при сжигании древесных отходов и до температуры 1100...1200 °С при сжигании отходов ДСтП, МДФ, ЛДСП. Под действием высокой температуры в газогенераторе происходит интенсивное термическое разложение древесного топлива, в том числе синтетических смол, входящих в состав плитных материалов. Основными синтезируемыми горючими компонентами этого процесса являются топочный газ (СО) и водород (Н<sub>2</sub>).

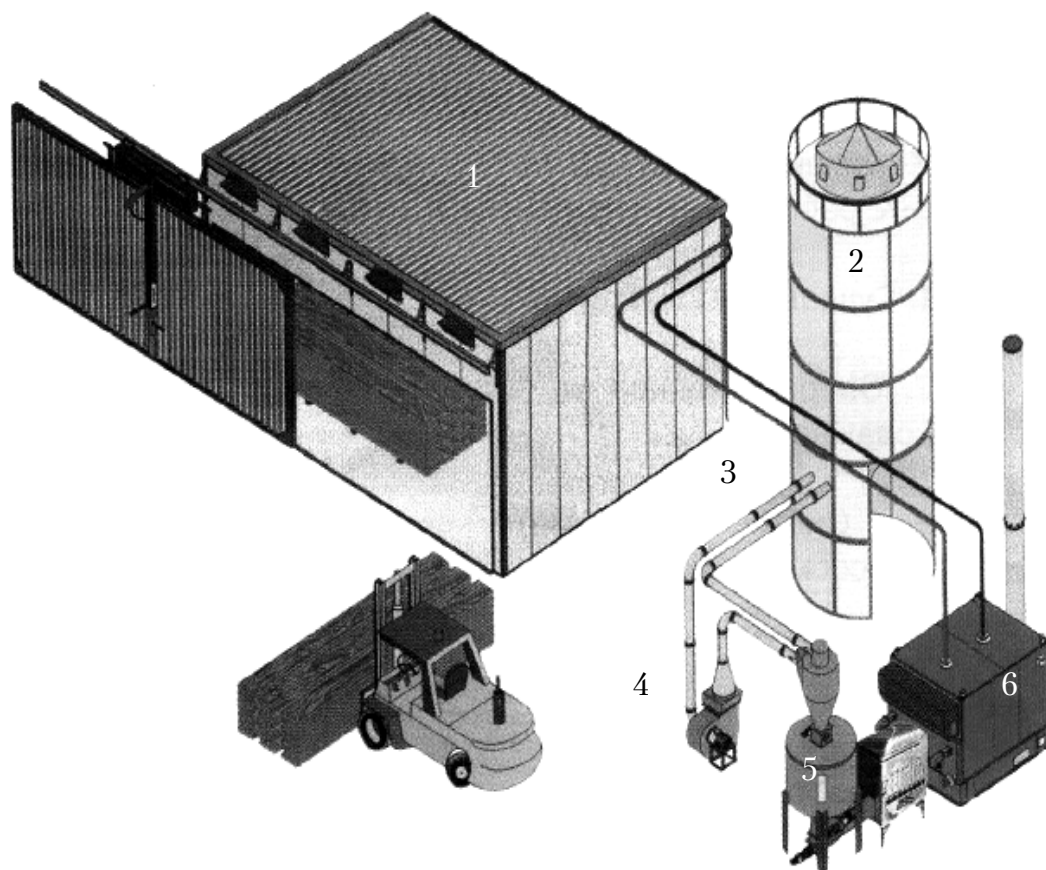


Рис. 48. Лесосушильный комплекс на древесных отходах:  
 1 – камера; 2 – силос для хранения отходов; 3 – шнековый транспортер;  
 4 – дробилка отходов; 5 – приемный бункер;  
 6 – котельная установка

Горение газов начинается в газогенераторе и заканчивается в факеле, направленном в топку водогрейного котла. Газификация топлива, происходящая в газогенераторе, позволяет достичь практически бездымного сгорания различных видов топлива: после сжигания остается только зола в объеме 1...2 %. При этом вредные выбросы в атмосферу не превышают предельно допустимых концентраций. Принцип функционирования теплогенерирующей установки мощностью 2 мВт показан на рис. 49.

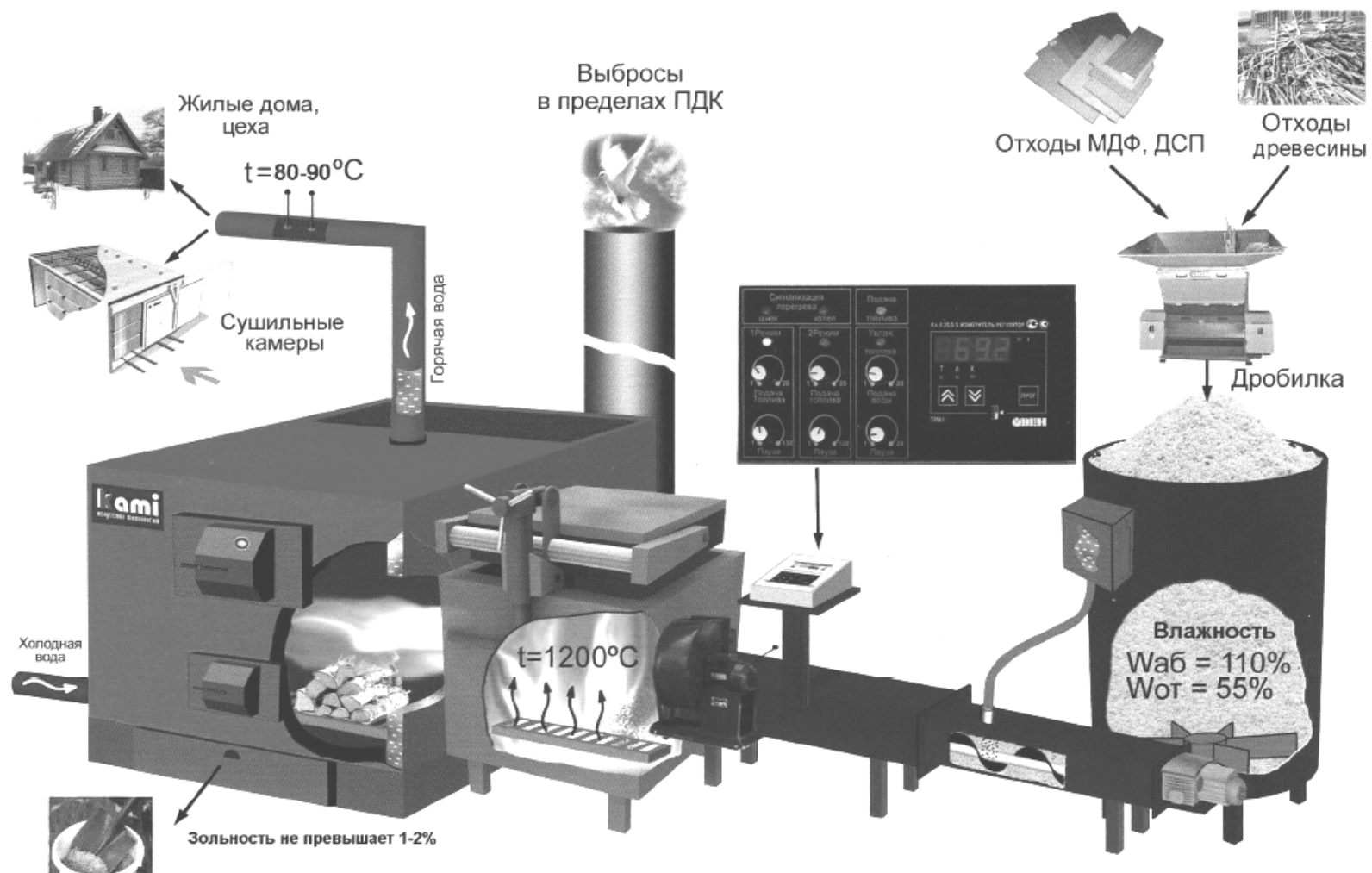


Рис. 49. Схема работы котельной установки с камерой-газогенератором

### 5.3. Защита древесины от загнивания и поражения насекомыми

Существует ряд конструктивных мер для предотвращения загнивания древесины: изоляция от грунта, каменной кладки, бетона; устройство проветривания деревянных конструкций; защита от атмосферных осадков лакокрасочными покрытиями или гидроизоляционными материалами [8, 10]. Но эти меры не могут полностью предохранить древесину от увлажнения, и возникает необходимость в химических способах защиты деревянных изделий.

Классификация защитных средств производится [10, 11]:

✓ по характеру воздействия на древесину – антисептики, антипирены и защитные средства комбинированного действия;

✓ по растворимости – водорастворимые (ВР); растворимые в легких органических растворителях (Л); растворимые в маслах и тяжелых нефтепродуктах (М);

✓ по вымываемости – легковымываемые (ЛВ); вымываемые (В); трудновымываемые (ТВ) и невымываемые (НВ).

Классификация, условное обозначение и краткая технологическая характеристика применяемых защитных средств приведена в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

Химический состав, обозначение и характеристика защитных средств

| Наименование<br>(состав)                                   | Обозначение |        | Характеристика защитного средства  |
|--|-------------|--------|--|
|  | условное    | класса |  |
| 1  | 2           | 3      | 4  |
| Антисептики  |             |        |  |
| Фтористый натрий (NaF)                                     | ФН          | ВР-ЛВ  | Высокотоксичная для дереворазрушающих грибов и насекомых соль белого цвета, которая хорошо проникает в древесину, не снижая ее прочности, способности к склеиванию и окрашиванию. ФН легко вымывается из древесины и вызывает коррозию черных металлов. Применяется в водном растворе (растворимость в воде 3,5 %) |
| Кремнефтористый натрий (Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> ) | КФН         | ВР-В   | По своим характеристикам аналогичен ФН, но хуже растворяется в воде (0,65 % при t = +20 °С), что является основным недостатком. Обычно используется как компонент сложных препаратов   |

| 1   | 2       | 3     | 4   |
|---|---------|-------|---|
| Хромсодержащий препарат*<br>( $K_2Cr_2O_7$ :<br>$CuSO_4 \cdot 5H_2O = 1:1$ )                    | ХМ II   | ВР-НВ | Высокотоксичен для насекомых и большинства грибов (кроме некоторые домовых), относительно безопасен для людей и животных, но вызывает коррозию черных металлов. Древесина, пропитанная ХМ II, приобретает зеленоватый цвет, хорошо склеивается и отделяется. При поглощении более $20 \text{ кг/м}^3$ прочность пропитанной древесины снижается. Высокая растворимость препарата в воде (10 % при $t = +20^\circ\text{C}$ ). Рекомендуемая концентрация раствора для пропитки древесины – 5 % |
| Хромсодержащий препарат:<br>( $K_2Cr_2O_7$ :<br>$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ :<br>$NaF = 2,25:1,75:1$ ) | ХМФ     | ВР-ТВ | Наличие фторсодержащего компонента, повышает токсичность препаратов по отношению к домовым грибам. По другим характеристикам аналогичен препарату ХМ II   |
| Антипирены  |         |       |   |
| Антипиренный препарат<br>( $(NH_4)_2SO_4$ :<br>$(NH_4)_2PO_4 = 1:1$ )                           | СД – II | ВР-ЛВ | Кристаллические соли белого цвета, хорошо растворимые в воде. Препарат СД – II эффективен против возгорания, но слабо снижает гниение древесины и способствует коррозии металлов. Двухзамещенный фосфат аммония в меньшей степени предохраняет древесину от возгорания, но весьма эффективно защищает ее от тления. Кроме того, он замедляет коррозию металлов. Рекомендуемая концентрация раствора 15 %  |
| Биоогнезащитный препарат<br>( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ :<br>$H_3BO_3 = 1,5:1$ )                | ББ      | ВР-ЛВ | Хорошо растворим в воде (до 24 % при температуре $20^\circ\text{C}$ ). Раствор без цвета и запаха, хорошо проникает в древесину. Пропитанная древесина удовлетворительно склеивается и отделяется. Препарат легко вымывается из древесины. Рекомендуется применение 15...20 % растворов. Практически безопасен, в том числе и для пищевой тары  |

\* Хромосодержащие препараты, относятся к группе невымываемых или трудновымываемых антисептиков; состоят из 2...3 компонентов. При введении растворов препаратов в древесину эти компоненты химически взаимодействуют между собой и с древесным веществом с образованием водонерастворимых веществ, сохраняющих токсичность.

В заводских условиях пропитку древесины проводят способами «горяче-холодных ванн» или «вакуум – давление – вакуум». При текущем ремонте деревянных изделий поверхностную обработку выполняют кистями или краскопультом в 2...3 слоя. Более глубокая пропитка получается при последовательном погружении изделий сначала в горячую

( $t = 90...95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а затем в холодную ( $t = 20...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ванну с антисептиком: в горячей антисептике из пор древесины удаляется часть заземленного воздуха, а при погружении в холодную ванну в порах образуется вакуум, и антисептик пропитывает древесину на большую глубину. Наиболее глубокая пропитка достигается в автоклавах под давлением: сначала в автоклаве создается вакуум для удаления воздуха из древесины, а затем автоклав наполняют горячим антисептиком с давлением до  $0,6...1,5\text{ МПа}$ . Получается почти сплошная пропитка древесины. Режимы проведения автоклавной пропитки приведены на рис. 50.

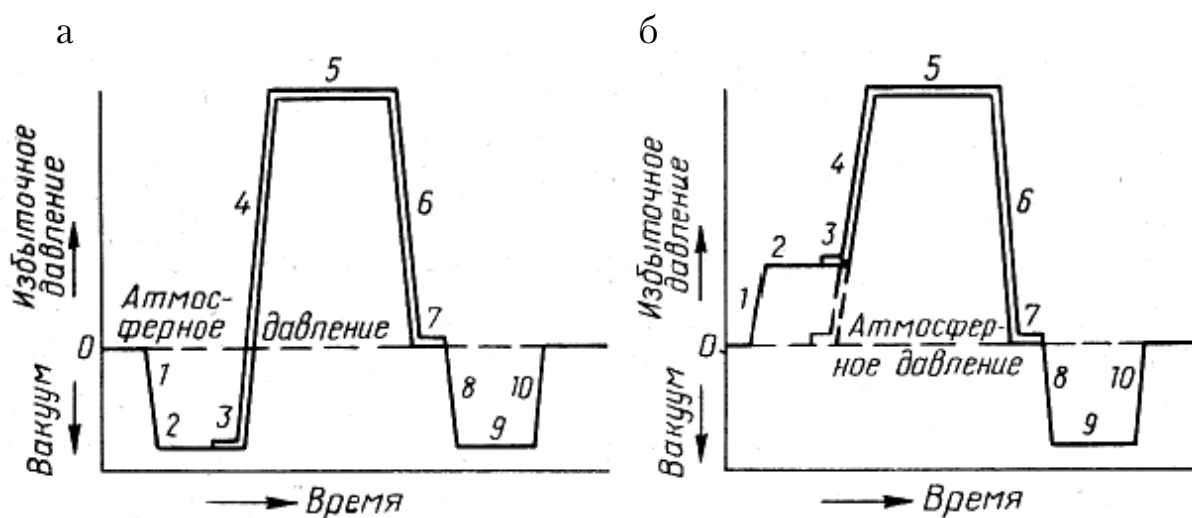


Рис. 50. График автоклавной пропитки по способу:  
а – полного поглощения (ВДВ); б – ограниченного поглощения (ДДВ) [10]

### Контрольные вопросы

1. Что выступает в качестве сушильного агента при камерной и атмосферной сушке?
2. Недостатки атмосферной сушки. Технологические приемы для улучшения качества атмосферной сушки.
3. Основные типы сушильных устройств для проведения камерной сушки.
4. Назовите основные этапы камерной сушки.
5. Какие вещества используются для антисептической обработки древесины?
6. Опишите механизм процесса поглощения пропитывающего вещества при использовании метода «горяче-холодных ванн».
7. Наличие какого химического элемента в составе пропитывающего вещества обеспечивает невымываемость антисептика?
8. Опишите назначение и принцип работы камеры-газогенератора в составе теплогенерирующей установки.

## 6. ВАЖНЕЙШИЕ ВИДЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Современные деревоперерабатывающие и лесохимические предприятия производят несколько десятков тысяч видов продукции из древесного сырья, что существенно усложняет процесс их групповой классификации. В данном разделе рассматриваются группы материалов и изделий, которые входят в сферу непосредственных профессиональных интересов инженера-технолога в области лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств:

- круглые лесоматериалы, получаемые путем раскряжевки (деле́ния) хлыста (ствола дерева) на сортименты определенной длины: пиловочник, кряж, чурак, ванчес, рудничная стойка, балансы и др.;
- пиленые лесоматериалы – пилопродукция, получаемая путем раскряя пиловочника с помощью пил на сортименты определенного сечения и длины (доски, бруски, брусья, пиленые заготовки и пиленые детали);
- модифицированная древесина, обработанная синтетическими смолами, прессованная, термообработанная;
- луценые и строганые лесоматериалы, получаемые путем луцення чураков или строгания ванчерсов;
- композиционные древесные материалы, изготавливаемые путем склеивания цельной древесины (лесоматериалов): клееный брус (как из пиломатериалов, так и из шпона (LVL)), клееный щит, фанера, фанерная плита, древесно-слоистый пластик, столярная плита; или путем склеивания древесных частиц (измельченной древесины): древесно-стружечные плиты, древесно-волокнистые плиты (мягкие, средней плотности, твердые), древесные плиты с ориентированными частицами (OSB), цементно-стружечные плиты и другие;
- продукция, получаемая в процессе утилизации древесных отходов (технологическая и топливная щепка, топливные гранулы и брикеты).

В результате механической обработки получают многочисленную группу целевых материалов, а также побочной продукции, области применения которых указаны в табл. 15, 16.

Т а б л и ц а 15

Продукция первичной механической переработки древесины  
и области ее применения [5]

| Вид сырья            | Вид продукции   |  |                         |  |
|----------------------|---|--|-------------------------|--|
|                      | Основная  |  | Побочная                |  |
|                      | Наименование  | Применение   | Наименование            | Применение                             |
| Пиловочник           | Пиломатериалы (доски, бруски, брусья, шпалы, пиленые заготовки) | Производство столярно-строительных изделий, погонажа, мебели; домостроение | Щепа                    | Производство целлюлозы, древесных плит |
| Кряж, чурак, ванчерс | Шпон:<br>– лущеный<br>– строганый                               | Производство фанеры, облицовка   | Древесные частицы, щепа | Производство древесных плит            |
| Балансы              | Щепа  | Производство целлюлозы   | –                       | –                                      |

Т а б л и ц а 16

Продукция вторичной механической переработки

| Вид сырья      | Продукция  |                                       |
|----------------|--|---------------------------------------|
|                | Наименование   | Применение                            |
| Пиломатериалы  | Столярно-строительный погонаж  | Строительство                         |
|                | Клееный брус   | Производство оконных и дверных блоков |
|                | Клееные деревянные конструкции   | Строительство                         |
|                | Мофицированная древесина (уплотненная, антисептированная, термообработанная и др.) | Строительство, мебельное производство |
|                | Строительные элементы из древесины (стеновые панели, арки, фермы и т.п.)           | Строительство                         |
|                | Паркет, паркетная доска, столярный щит   | Строительство                         |
|                | Мебельные заготовки  | Производство мебели                   |
| Шпон лущеный   | Фанера, включая специальные виды   | Строительство, мебельное производство |
|                | ЛВЛ-брус   | Строительные конструкции, мебель      |
| Шпон строганый | Облицовочный слой для отделки заготовок  | Мебель, столярно-строительные изделия |
| Щепа           | Древесные частицы для плитных материалов   | Производство ДСтП, ДВП, МДФ           |

В настоящее время ежегодное общемировое производство составляет: пиломатериалов – около 400 млн м<sup>3</sup>; фанеры – 70 млн м<sup>3</sup>; древесно-стружечных плит – 65 млн м<sup>3</sup>; OSB – 30 млн м<sup>3</sup>, MDF – 25 млн м<sup>3</sup> [4]. Исходным сырьем для их производства являются круглые лесоматериалы в виде очищенных от сучьев стволов дерева, которые делят на фрагменты разной длины (бревна, кряжи, чураки). По толщине круглые лесоматериалы подразделяют на крупные (диаметр более 26 см), средние (от 14 до 24 см) и мелкие (от 6 до 13 см).

## 6.1. Пиломатериалы

Согласно существующим стандартам, к пиломатериалам относят продукцию из древесины хвойных и лиственных пород установленных размеров и качества, имеющую, как минимум, две плоскопараллельные плоскости [22]. Пиломатериалы получают в результате раскряжевки кругляка и последующего продольного или поперечного деления полученных частей на ленточнопильных, круглопильных, фрезерно-брусующих станках или лесопильных рамах. В зависимости от размеров и формы поперечного сечения различают следующие виды пиломатериалов (рис. 51):

- доски (ширина в два и более раз превышает толщину);
- бруски (толщина до 100 мм, ширина меньше двойной толщины);
- брусья (ширина и толщина более 100 мм).

Брусья могут быть двух-, трех- или четырехкантными, по числу пропиленных сторон. Максимальная ширина досок и брусьев 250 мм, у брусков – 200 мм. Пиломатериалы лиственных пород делят на три сорта. Для производства деталей готовых изделий применяют заготовки (доски или брусья), прирезанные применительно к заданным размерам и с припусками на механическую обработку и усушку. Их используют для клееных конструкций, а также для изготовления плинтусов, галтелей, карнизов, наличников и др.

Хвойные пиломатериалы производят толщиной от 16 до 250 мм (всего 16 типоразмеров), а лиственные – от 90 до 100 мм (всего 12 типоразмеров). Ширина хвойных лесоматериалов колеблется от 75 до 275 мм, а лиственных – от 60 до 200 мм. Доски тоньше 32 мм называют тонкими или тесом. Типовая длина досок находится в диапазоне от 1 до 6,5 м.



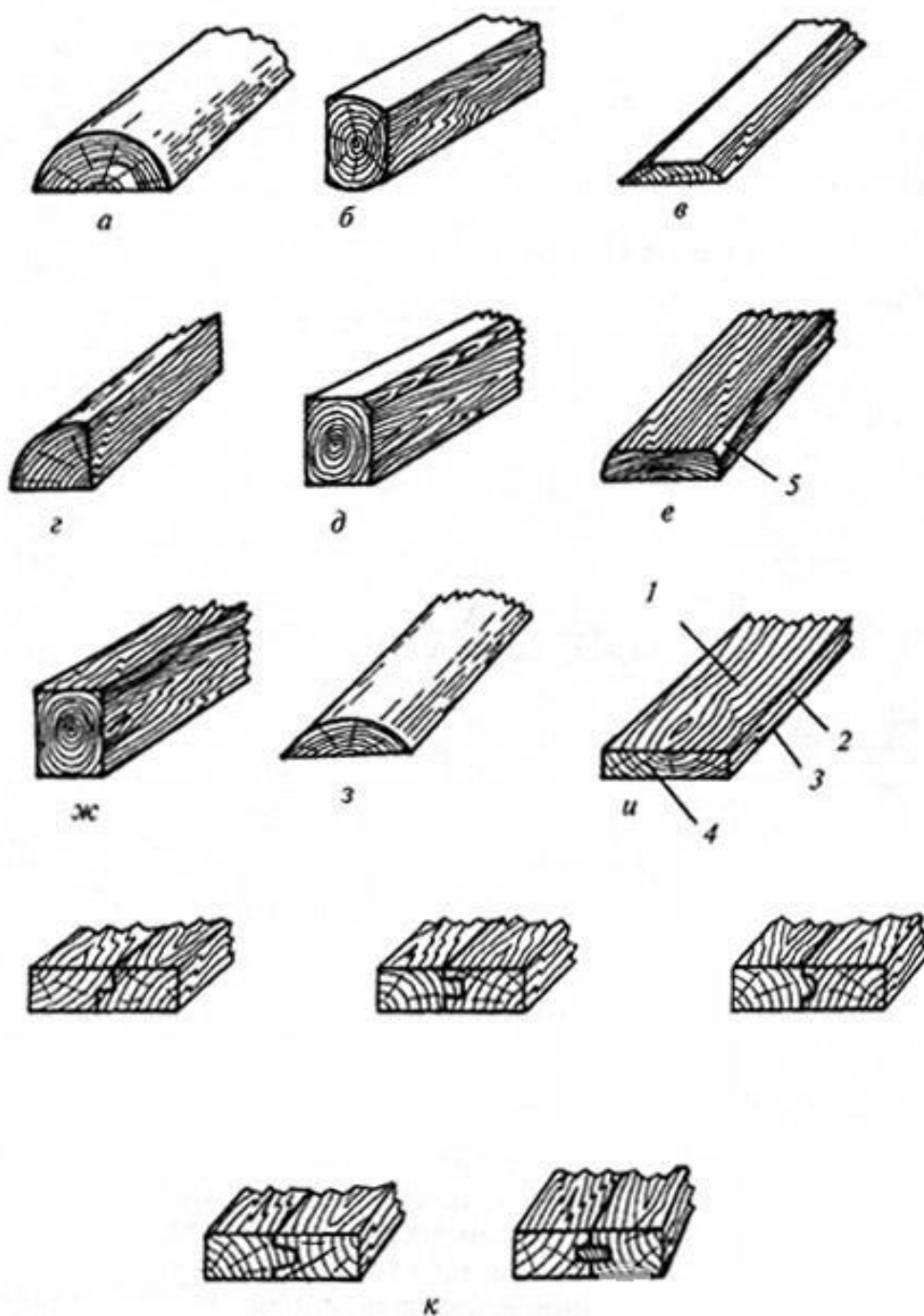


Рис. 51. Основные виды пиломатериалов:  
 а – пластина; б – двухкантный брус; в – необрезная доска; г – четвертина;  
 д – четырехкантный брус; е – полуобрезная доска с обзолом;  
 ж – чистообрезной брус; з – горбыль; и – обрезная доска;  
 к – строганные шпунтованные доски; 1, 2 – обзол; 3 – пласть, 4 – ребро

Существенной качественной характеристикой пиломатериала является его ориентация в бревне при выпиливании (рис. 52). По этому признаку различают пиломатериалы радиальной, тангенциальной и смешанной распиловки.

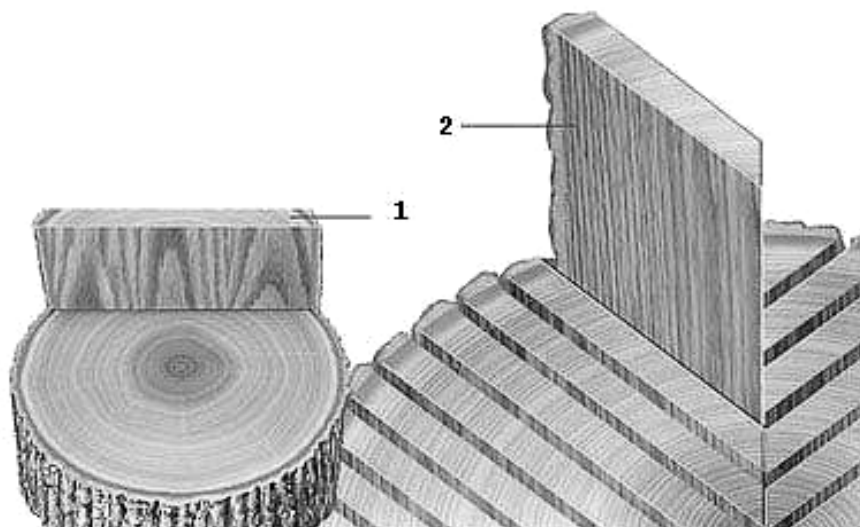


Рис. 52. Поперечный разрез бревна:  
1 – тангенциальный разрез; 2 – радиальный разрез

Пиломатериал радиальной распиловки получают в процессе индивидуальной распиловки круглых лесоматериалов или брусьев, когда направление пропилов преимущественно совпадает с радиусами годовичных слоев древесины (рис. 53). Получаемый пиломатериал характеризуется минимальной склонностью к влажностным деформациям и высокой формоустойчивостью в процессе эксплуатации.

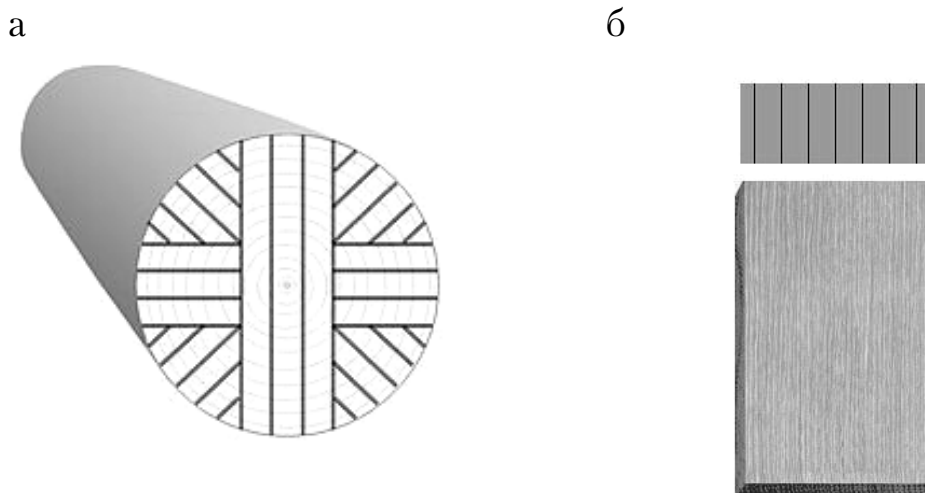


Рис. 53. Радиальный распил бревна:  
а – схема раскроя; б – текстура поверхности пиломатериалов

Пиломатериал тангенциальной распиловки формируют ориентированной распиловкой круглых лесоматериалов с преимущественным направлением пропилов по касательной к годовичным слоям древесины (рис. 54).

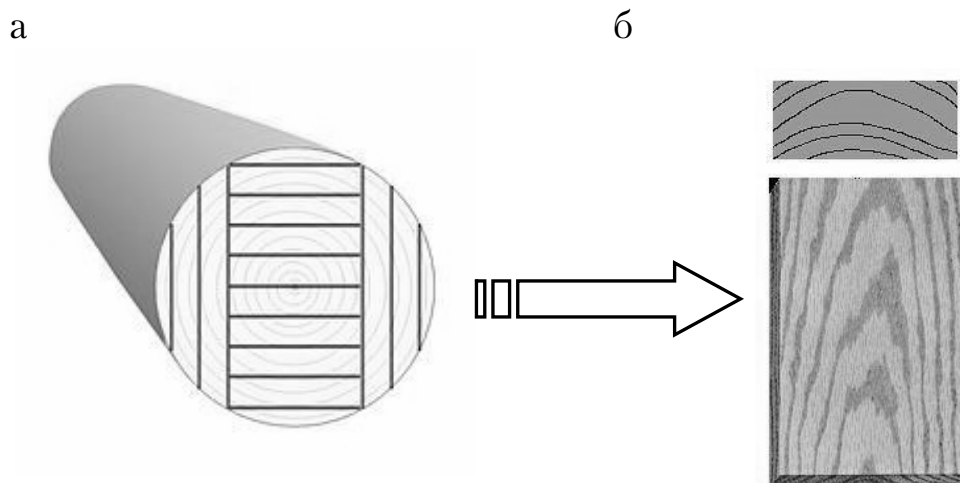


Рис. 54. Тангенциальный распил бревна:  
а – схема раскроя; б – текстура поверхности пиломатериалов

К основным сортообразующим порокам и дефектам пиломатериалов относят сучки, трещины, ненормальные окраски и гнили, а также дефекты механической и тепловой обработки, включая сушку. Доски и брусья хвойных пород делят на пять сортов – отборный, 1-й, 2-й, 3-й и 4-й. В столярном производстве используют только 1-й и 2-й сорта.

## 6.2. Плитные древесные материалы

Древесные материалы по своему строению более технологичны и устойчивы к влажностным деформациям, чем натуральная древесина; поэтому они находят все более широкое применение, вытесняя во многих случаях изделия из массивной древесины.

Древесные материалы – это проклеенные и спрессованные многослойные плиты или фасонные детали, состоящие из древесных опилок (или волокон) и клеящего вещества. В зависимости от строения древесные материалы можно разделить на следующие виды: слоистые древесные материалы, комбинированные (композиционные), древесно-стружечные и древесно-волокнистые древесные материалы.

Слоистые древесные материалы состоят, как минимум, из трех слоев, которые проклеены между собой и спрессованы в плиту или фасонную деталь. К слоистым материалам относятся клееная фанера, клееная древесина (с параллельным направлением волокон), фасонные детали из слоистой древесины, столярные плиты, а также многослойная массивная древесина.

**6.2.1. Фанерная плита.** Фанера – это композиционный древесно-полимерный материал, получаемый путем склеивания крест-накрест относительно друг друга трех и более слоев шпона. Такой порядок формирования структуры обеспечивает совместную работу отдельных слоев и выравнивание показателей свойств фанеры в различных направлениях (рис. 55).

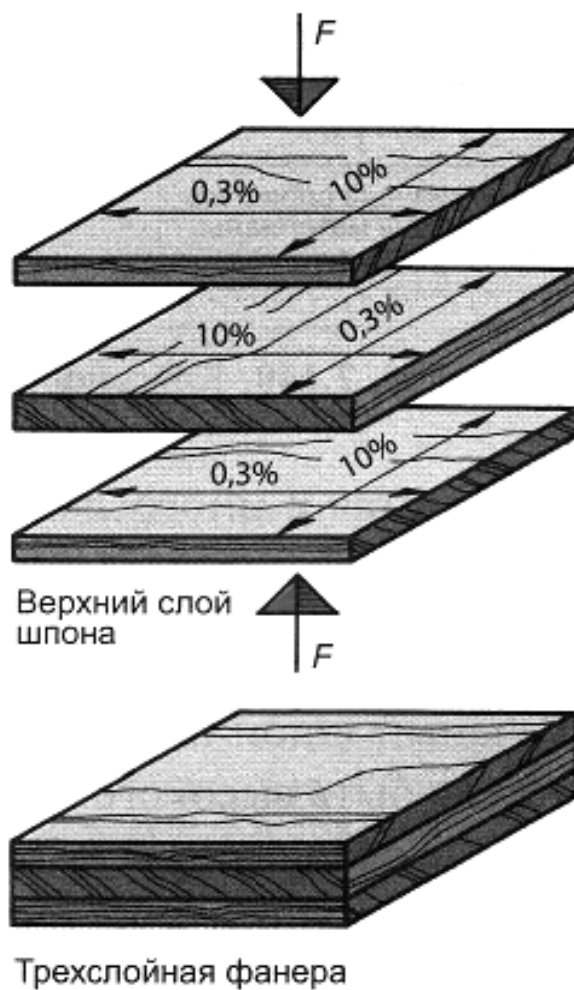


Рис. 55. Схема формирования фанерного листа [12]

В зависимости от условий эксплуатации и функционального назначения производят фанеру специального и общего назначения, а также повышенной водостойкости на фенолоформальдегидных клеях (ФСФ), водостойкую на карбамидоформальдегидных клеях (ФК). Фанеру изготавливают из шпона лиственных (береза, осина) или хвойных (ель, сосна, лиственница) пород. В маркировке фанеры указывают породу древесины ее наружных слоев.

Кроме породы древесины на свойства клееных материалов, получаемых из натурального шпона, существенное влияние оказывают вид

клея, способ его нанесения и параметры режима склеивания, а также способ и материалы для облагораживания поверхности. Примеры условного обозначения фанеры и области использования ее отдельных видов приведены в табл.17.

Т а б л и ц а 17

Условное обозначение и области применения фанеры

| Обозначение                | Наименование клея                      | Характеристика / область применения   |
|----------------------------|--|---|
| ФБА                        | Натуральный альбуминоказеиновый        | Экологически чистая с ограниченной влагостойкостью / строительный материал для внутренних работ   |
| ФСФ                        | Фенолформальдегидный                   | Низкая экологичность, но высокая твердость, прочность и водостойкость/ широко используется в строительстве и производстве тары                  |
| ФК                         | Карбамидный                            | Достаточно прочная, менее водостойкая в сравнении с ФСФ/внутренняя отделка помещений, мебельное и тарное производство                           |
| ФБ                         | Бакелитовый (лак)                      | Максимальная стойкость к воздействию агрессивной среды/ при повышенной влажности и под водой: строительная опалубка, транспортное строительство |
| БС<br>(авиационная фанера) | Бакелитовый<br>(С – спирторастворимый) | Высокая прочность, стойкость к агрессивным средам, гибкость, упругость, водонепроницаемость /авиационное, судо-, вагоно- и контейнеростроение   |

Толщина всех видов фанеры находится в диапазоне от 1,0 до 30,0 мм, а фанерных плит – от 8 до 78 мм.

**6.2.2. Слоистая древесина.** Принципиальное отличие слоистой древесины (LVL) от фанеры заключается в преимущественно параллельном направлении волокон отдельных слоев шпона. Для обеспечения прочности на изгиб в структуре материала присутствует до 15 % слоев с поперечным расположением волокон (рис. 56). Благодаря отчетливо выраженному направлению шпона слоистая древесина приобретает высокую прочность в направлении волокон, которая значительно превышает данный показатель массивной древесины. С уменьшением толщины единичного слоя прочность LVL увеличивается; поэто-

му при формировании плиты толщиной 1 см используют от 7 до 20 слоев шпона. Клееная древесина производится толщиной от 4 до 100 мм.

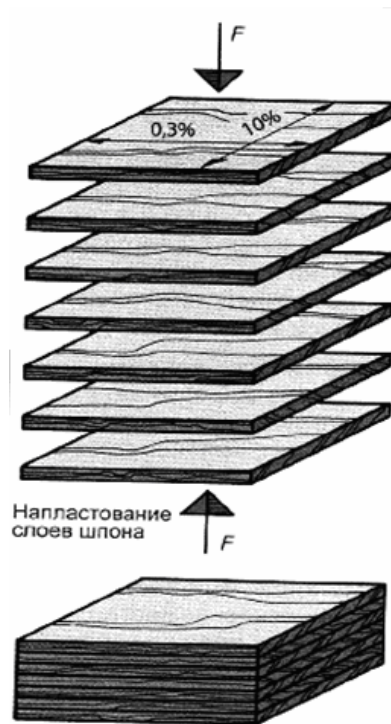


Рис. 56. Слоистая древесина [12]

Слоистая древесина применяется для изготовления конструкций и элементов, испытывающих большие нагрузки на изгиб и растяжение в продольном направлении – спортивные снаряды, лестницы, каркасы мебели и фасонные детали.

**6.2.3. Древесно-слоистый пластик** на синтетическом связующем – это уплотненный слоистый древесный материал с заранее заданными прочностными характеристиками. Для его изготовления используют лущеный шпон лесного бука толщиной 0,8 мм. Высушенные слои шпона пропитывают в ваннах или вакуумных резервуарах 50 %-м раствором фенолформальдегидной смолы. Проклеенные листы подсушивают, набирают в пакеты и прессуют на гидравлических прессах при давлении 2000...3000 Н/см<sup>2</sup> и температуре 135...155 °С.

Древесно-слоистые пластики производятся в виде плит толщиной 4...100 мм, которые характеризуются высокой твердостью и прочностью. Изделия из пластика устойчивы к воздействию воды, масел, щелочей и слабых кислот. Их можно фрезеровать, строгать, пилить и сверлить, нарезать резьбу и шлифовать. Из древесно-слоистого пласти-

ка изготавливают продукцию чашеобразной формы (сидения, подносы, шаблоны) [12].

Строгая классификация древесных плит из измельченной древесины отсутствует, но можно выделить следующие наиболее востребованные виды:

- древесно-стружечные плиты (ДСтП);
- древесно-волокнистые плиты (ДВП):
  - мягкие (ДВПм);
  - средней плотности (ДВПсп или MDF (medium density fiberboard));
  - твердые (ДВПт);
- древесно-стружечные плиты с ориентированными крупномерными частицами (ОСП или OSB (oriented strand board)).

Древесно-стружечные материалы производят из древесных опилок и клеев на основе синтетической смолы, которые отверждаются под воздействием тепла и давления. Различают древесно-стружечные плиты плоского и экструзионного прессования, а также формованные изделия.

**6.2.4. Древесно-стружечные плиты** производят из опилок сосны, ели, пихты, тополя и ольхи, а также из березы и бука. Опилки получают из здоровых, тонких и окоренных стволов, а также веток или древесных отходов. Размер опилок зависит от того, в какой слой они пойдут: для наружного используют мелкие фракции, для внутреннего слоя – более крупные. Опилки высушивают до 3...4 % влажности, многократно сортируют с помощью воздушной сепарации или просеивания и загружают в промежуточный бункер. Количество опилок для наружного или внутреннего слоя зависит от желаемой толщины плиты и дозируется с помощью весовых дозаторов. На пути к формовочной машине опилки методом обкатки и распыления смешиваются с синтетической смолой (мочевинформальдегидной, меламиновой, фенолформальдегидной) или полиэфирными клеящими веществами (изоцианатами). На транспортере формовочной машины опилки компактируют, при этом опилки среднего слоя наносятся методом набрасывания, а опилки наружных слоев – методом воздушной сепарации. Получаемая лента предварительно уплотняется в валковом прессе, отрезается по длине и подается на многоэтажный пресс. Во время прессования клей затвердевает при давлении  $300 \text{ Н/м}^2$  и температуре  $170...190 \text{ }^\circ\text{C}$ . Отпрессованные плиты охлаждают, выдерживают в течение недели для кондиционирования, а затем шлифуют. Принципиальная схема технологического процесса изготовления ДСтП плоского прессования показана на рис. 57.

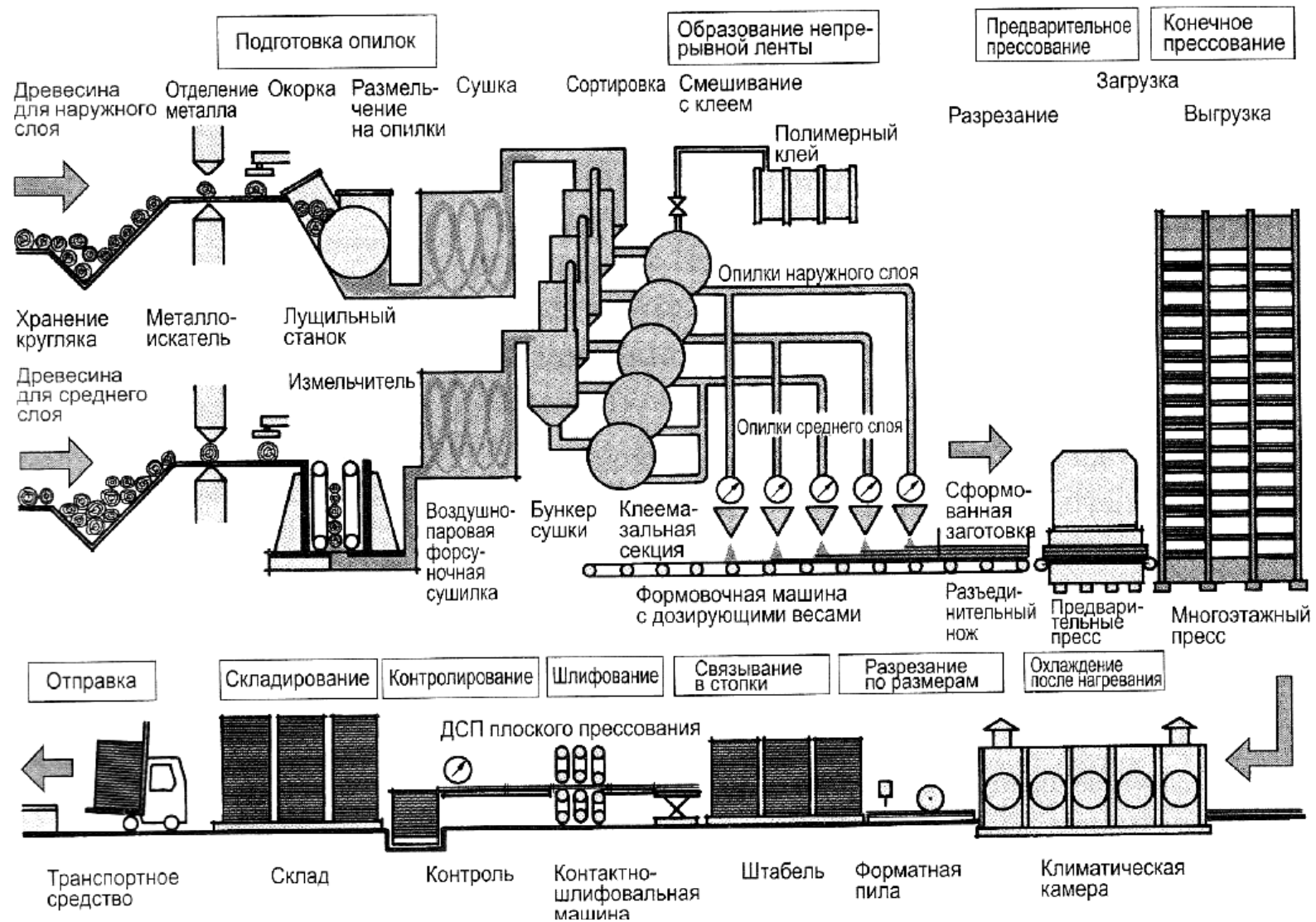


Рис. 57. Схема производства ДСтП плоского прессования [12]



ДСтП для изготовления мебели и внутренних работ имеют плотность около  $650 \text{ кг/м}^3$ . Наружные слои таких плит достаточно тонкие и плотные, а средние – рыхлые и грубозернистые. ДСтП плоского прессования достаточно устойчивы к изменению формы и размеров и подходят для применения в несущих конструкциях.

Общее количество клеящего вещества в ДСтП не превышает 10 %. Однако использование для склеивания древесных частиц синтетических смол, содержащих фенол (формальдегид или изоцианат), приводит к выделению опасных веществ при эксплуатации ДСтП. Класс токсичности плит назначается в диапазоне от E0 до E2 и зависит от величины эмиссии формальдегида. Для внутренней отделки и изготовления мебели допускается применять ДСтП с классом эмиссии не выше E1. Отделка поверхности плит лаком, шпоном или пластиком позволяет снизить показатель эмиссии материала с класса E2 до E1.

Различают ДСтП средней и повышенной водостойкости. В нашей стране плиты повышенной водостойкости изготавливают с применением фенолоформальдегидных смол. В зависимости от величины средней плотности различают следующие виды плит:

- мягкие ( $100...400 \text{ кг/м}^3$ );
- полутвердые ( $401...800 \text{ кг/м}^3$ );
- твердые ( $801...950 \text{ кг/м}^3$ );
- сверхтвердые (более  $951 \text{ кг/м}^3$ ).

Древесно-стружечные плиты с покрытием из синтетических материалов (ламинированные ДСтП) состоят из уплотненной многослойной стружечной плиты и декоративного слоя, пропитанного синтетической смолой. Декоративный слой имеет от трех до шести слоев крафт-бумаги, пропитанной фенолформальдегидной смолой (рис. 58). Эти слои соединяются между собой и с поверхностью древесно-стружечной плиты при температуре  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $300 \text{ Н/см}^2$ .

Ламинированные плиты имеют плотность около  $700 \text{ кг/м}^3$ . Поверхность плит твердая и плотная, устойчива к износу, воздействию кипящей воды и большинства бытовых кислот и щелочей. Поэтому их используют в производстве кухонной и лабораторной мебели, а также торгового оборудования.

Древесно-стружечные плиты экструзионного прессования – это плиты, в которых опилки, благодаря экструзионному способу прессования, располагаются перпендикулярно плоскости плиты. Существуют сплошные и многопустотные разновидности плит (рис. 59) [12].

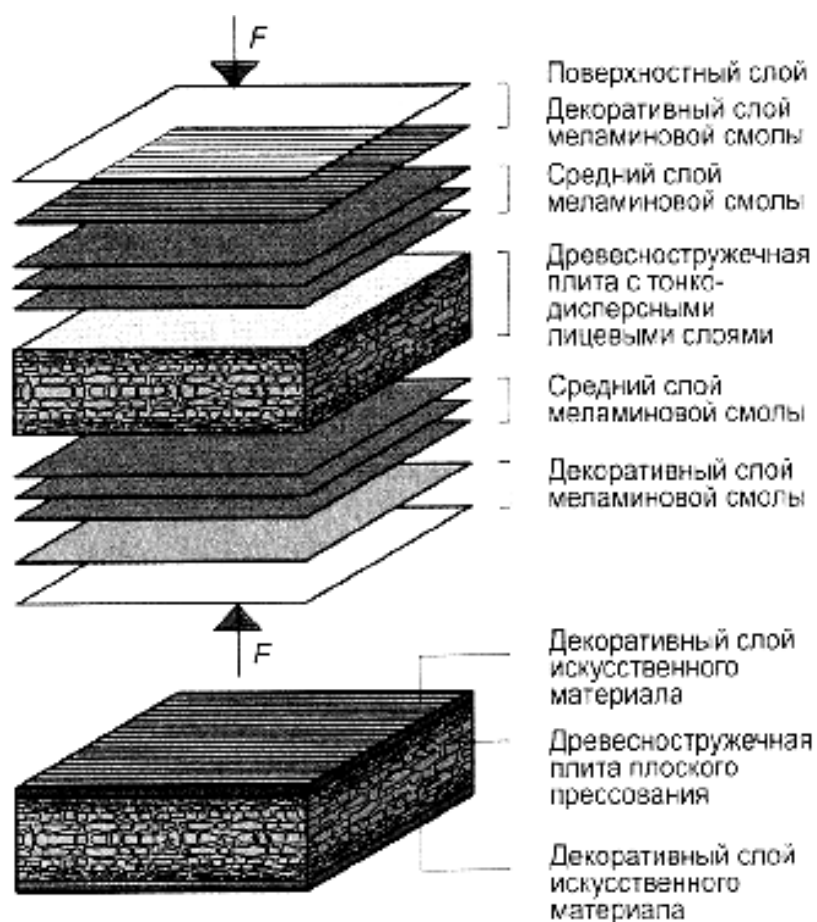


Рис. 58. Состав слоев ламинированной ДСтП [12]

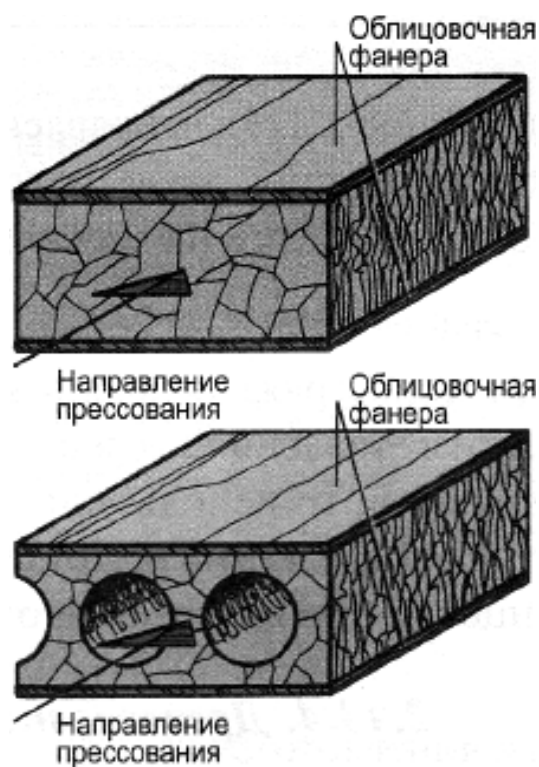


Рис. 59. ДСтП экструзионного прессования

При методе экструзионного прессования перемешанные с полимерным клеем стружки подаются через качающуюся распределительную головку. Поршни экструзионного пресса непрерывно нагнетают стружки перпендикулярно плоскости плиты в нагреваемый канал матрицы пресса, в котором формовочная масса уплотняется и склеивается.

Выходящая из матрицы пресса непрерывная лента шириной 1250 или 1850 мм нарезается по длине. Важное преимущество экструзионной технологии заключается в расширении сырьевой базы для производства древесных плит за счет многотоннажных отходов лесозаготовительного и деревоперерабатывающего производств (горбыль, рейки от обреза, лушина, остатки рулонов шпона и опилки).

**6.2.5. Древесно-стружечные плиты с ориентированными крупномерными частицами (OSB).** Их изготавливают из древесных частиц толщиной 0,5...0,9 мм, шириной 6...40 мм и длиной до 180. Применение специального способа рассеивания частиц позволяет проводить их полойную ориентацию: в наружных слоях стружки лежат преимущественно в продольном направлении плиты, а в средних – в поперечном направлении. В зависимости от состава (содержания синтетической смолы и парафина) существуют следующие типы плит по назначению:

OSB/1 – ограждающие панели общего назначения, используемые для изготовления встроенной мебели, эксплуатируемой в сухих условиях (в маркировке содержат одну синюю полосу);

OSB/2 – несущие панели, эксплуатируемые в сухих условиях (в маркировке содержат две синие полосы);

OSB/3 – несущие панели, эксплуатируемые во влажных условиях (в маркировке содержат одну белую полосу);

OSB/4 – несущие панели, эксплуатируемые в тяжелом режиме во влажных условиях (в маркировке содержат две белые полосы).

Выпускают плиты форматами 1220×2440, 1220×3660 и 915×1830 мм с толщиной 6 ...38 мм.

В строительстве широко применяют особый вид древесно-стружечных плит: в них для склеивания стружки используется цементное вяжущее. Это так называемые «цементно-стружечные плиты» (ЦСП). Они на 60...65 % состоят из древесины, 20...25 % цемента, 10 % связанной воды и 1,5 % добавок. С целью уменьшения вредного воздействия древесного вещества на процесс твердения вяжущего поверхность опилок перед совмещением с цементным раствором минерализуют неорганическими веществами ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaF}$ ).

Схема производства заключается в следующем. Круглые лесоматериалы выдерживают в течение 3...4 месяцев на складе, затем очищают от коры, дробят на стружки и фракционируют. Древесная смесь транс-

портируется в смеситель, где она совмещается с портландцементом, минеральными веществами и водой. Полученная масса с помощью устройства формирования стружечного ковра наносится на металлические листы в три слоя: два наружных мелкодисперсных для обеспечения гладкой поверхности и один внутренний крупнодисперсный, определяющий прочность плит. Для ускорения процесса отверждения штабеля плит перемещаются в камеру вызревания, а затем они кондиционируются на складе в течение 10 дней для выравнивания влажности и набора окончательной прочности.

Древесно-стружечные плиты на основе цемента в зависимости от состава и толщины могут быть классифицированы в следующие классы: В1 (трудно воспламеняющийся) или А2 (негорючий). Они устойчивы к погодным воздействиям, гниению и термитам. Их поверхность можно фанеровать, оклеивать кафельной плиткой, отделывать штукатуркой на основе синтетической смолы или красить.

**6.2.6. Древесно-волоконистые плиты.** Древесно-волоконистые материалы производятся из древесных или других целлюлозосодержащих волокон. Свою прочность они получают благодаря процессу переплетения волокон, проводимому с добавлением специально подготовленного клея. Их свойства регулируются с учетом назначения с помощью давления и температуры прессования, добавления специальных веществ или обработкой поверхности. Волокнистые плиты классифицируют по величине средней плотности на пористые (изоляционные, мягкие), средней плотности (MDF) и твердые (HDF) виды.

В соответствии с европейским стандартом, устанавливающим требования к мягким ДВП, различают пять марок этого плитного материала: SB – общего назначения, SB.H – общего назначения влагостойкие, SB.E – общего назначения атмосферостойкие, SB.LS – конструкционные, SB.HLS – конструкционные влагостойкие. Сведения о требованиях к физико-механическим свойствам мягких ДВП представлены в табл. 18 [23].

Т а б л и ц а 18

Показатели прочности и формоустойчивости мягких  
древесно-волоконистых плит

| Марка<br>плиты | Толщина плиты, мм    |         |          |                           |         |          |
|----------------|----------------------|---------|----------|---------------------------|---------|----------|
|                | Набухание за 24 ч, % |         |          | Прочность при изгибе, МПа |         |          |
|                | менее 10             | 10...19 | более 19 | менее 10                  | 10...19 | более 19 |
| SB             | 10                   | 10      | 10       | 0,9                       | 0,8     | 0,8      |
| SB.H           | 7                    | 7       | 7        | 1,1                       | 1,0     | 0,8      |
| SB.E           | 6                    | 6       | 6        | 1,2                       | 1,1     | 0,9      |
| SB.LS          | 8                    | 8       | 8        | 1,2                       | 1,1     | 0,9      |
| SB.HLS         | 6                    | 6       | 6        | 1,3                       | 1,2     | 1,0      |

В России мягкие ДВП выпускает Княжпогостский завод ДВП [23]. На рынке представлены импортные изоляционные ДВП от компании Glunz (Германия), мягкие древесно-волокнистые плиты «Софтборд» от компании Woodway Group, а также изоляционные экологические плиты Vital из древесных волокон с использованием вискозы, которые изготавливает финская компания Vital Finland Oy.

Мягкие и твердые ДВП получают «мокрым» способом. Исходное сырье – крупные кусковые отходы деревообработки, неделовые лесоматериалы – в рубительных машинах превращается в технологическую щепу длиной 20...60 мм. Далее щепа моется и сортируется для удаления посторонних включений, затем поступает в установку горячего размола. Там сырье прогревается паром с температурой до 180 °С, при которой наступает плавление лигнина, и прочность древесины, особенно поперек волокон, значительно снижается. Затем прогретая щепа подается в дефибратор, где древесина размалывается на волокна и пучки волокон. Для получения качественных плит часто требуется и вторая стадия измельчения в рафинаторах, где происходит дополнительное истирание древесины и разрушение пучков на отдельные волокна. В результате получается волокнистая масса с частицами, длина которых примерно в 100 раз больше толщины. Такое соотношение размеров порождает основное свойство волокнистой массы – способность к переплетению волокон, «свойлачиванию», что позволяет в производстве волокнистых плит обходиться без использования связующих.

Далее волокнистая масса поступает в бассейн, в котором смешивается с водой (в пропорции примерно 1:100) и различными добавками. Из бассейна смесь поступает на отливную машину, где волокнистая масса обезвоживается за счет свободной фильтрации через сетку. При фильтрации взвешенные частицы сближаются и переплетаются, возникают силы сцепления волокон друг с другом. После фильтрации концентрация массы увеличивается до 8...10 %. Воду из массы продолжают удалять с помощью вакуумных отсосов и механического отжима, что приводит к повышению концентрации до 30...35 % (то есть до влажности 65...70 %).

После формирования волокнистого «ковра» и его резки на плиты нужного размера заготовки отправляются по разным адресам, ведь технологии изготовления твердых и мягких плит существенно различаются. Твердые плиты (толщиной 3,2 мм) получают в горячем многоэтажном прессе, где проводятся отжим влаги из «ковра», сушка древесных волокон и собственно прессование на сетчатых поддонах.

Мягкие плиты не требуют прессования. Сырые заготовки сразу подаются в проходную сушилку. Используются трехзонные многоэтажные роликовые сушилки непрерывного действия, работающие по принципу противотока с рециркуляцией теплоносителя. Длина роликовых сушилок может колебаться от 30 до 90 м. Продолжительность сушки при температуре теплоносителя 130...160 °С составляет 3 ч. В конце процесса сушки предусмотрена операция охлаждения. Конечная влажность продукции составляет 8...12 %. В результате получаются легкие плиты, обладающие прочностью, достаточной для выполнения всех дальнейших операций [23].

Производство ДВП достаточно энергоемко: на одну тонну плит затрачивается 550...650 кВт·ч электроэнергии, 4...4,5 т пара и около 110 кг условного топлива. Энергоемкость процессов объясняется большими затратами электроэнергии на размол древесины, тепловую обработку сырья и сушку волокнистого «ковра».

Изготовленные из натуральной древесины изоляционные ДВП сочетают эффективные тепло-, термо- и звукоизоляционные свойства с высокими параметрами экологической безопасности, удобны и просты в монтаже, практичны в эксплуатации и имеют широкую сферу применения. Они могут быть использованы:

- для наружной обшивки стен (плиты, которые между собой соединяются системой «паз – гребень», выступают в качестве основы для последующей отделки «дышащими» штукатурками или сайдингом, при этом плиты представляют собой прекрасную ветрозащиту);
- в качестве дополнительной теплоизоляции и инсталляционного уровня для обшивки внутренней стороны стен;
- для устройства кровли, где важны такие свойства изоляционных ДВП, как прочность, влагостойкость, высокая теплоустойчивость, способность аккумулировать тепло, малый вес.

Выпускаются и плиты для устройства «плавающих полов», когда на уложенный плитный материал настилают финишное покрытие разного рода, вплоть до керамической плитки.

Изоляционные плиты из ДВП изготавливают без использования формальдегида и других синтетических добавок; поэтому они абсолютно безопасны для человека и не наносят вред окружающей среде.

Одно из важных достоинств мягких ДВП – умение впитывать и отдавать влагу. У необработанной древесины в зависимости от климатических условий устанавливается сбалансированный уровень влажности (равновесная влажность): при температуре 23 °С и относительной влажности воздуха 50 % влагосодержание составляет 8...10 %.

Благодаря высоким показателям диффузии пара изоляционные плиты способны впитывать влагу до 20 % от своего объема и потом отдавать ее, не теряя при этом изоляционных свойств. При низкой влажности в помещении накопленная плитой влага возвращается в помещение. Таким образом обеспечивается благоприятный климат в помещении, а на плитах не бывает конденсата.

Вследствие высокой пористости эти плиты по показателю теплопроводности относятся к классу «А» – классу высокоэффективных теплоизоляционных материалов с сообщающимися открытыми порами, теплопроводность которых менее 0,06 Вт/(м·°С). Изоляционная плита из ДВП сдерживает и минимизирует шум внутри помещения и не пропускает в него шум снаружи, эффективно решает вопросы воздушной и ударной звукоизоляции (табл. 19) [23].

Т а б л и ц а 19

Показатели эксплуатационных свойств мягких ДВП

| Наименование показателя              | Толщина, мм |               |         |         |
|--------------------------------------|-------------|---------------|---------|---------|
|                                      | 5,5         | 12            | 16      | 20      |
| Длина× ширина, мм                    | 590×790     | 1200×2700     |         |         |
| Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> | 330         | 180...240     |         |         |
| Теплопроводность, Вт/(м·°С)          | 0,046       | 0,038...0,044 |         |         |
| Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)       | 0,1         | 0,17          | 0,19    |         |
| Индекс изоляции воздушного шума, дБ  | 21          | 23...25       | 25...27 | 27...29 |

*Древесно-волоконистые плиты средней плотности (MDF).* MDF (англ. Medium Density Fibreboard) – древесно-плитный материал, изготавливаемый методом сухого прессования мелкодисперсной стружки при высоком давлении и температуре. В качестве связующего используются карбамидные смолы, модифицированные меламином. Это обеспечивает очень низкую эмиссию формальдегида, сравнимую с эмиссией натуральной древесины (класс эмиссии формальдегида – Е1).

Для производства MDF применяют древесину хвойных пород, которую окоривают, раскряжевывают, а затем измельчают с помощью рубительной машины. Полученные частицы с размерами 20×20×5 мм обрабатывают в автоклаве (при температуре 140...160°С и давлении 7...8 атм) и промалывают в мельнице тонкого помола для получения древесного волокна. Влажное волокно насыщается точно дозированным количеством клея и высушивается в огневой сушилке длиной 80 м и диаметром 1,2 м до влажности 8...10 %. После промежуточного хра-

нения в бункере волокна попадают в насыпное устройство, из которого на формирующей ленте из них получают слой требуемой толщины.

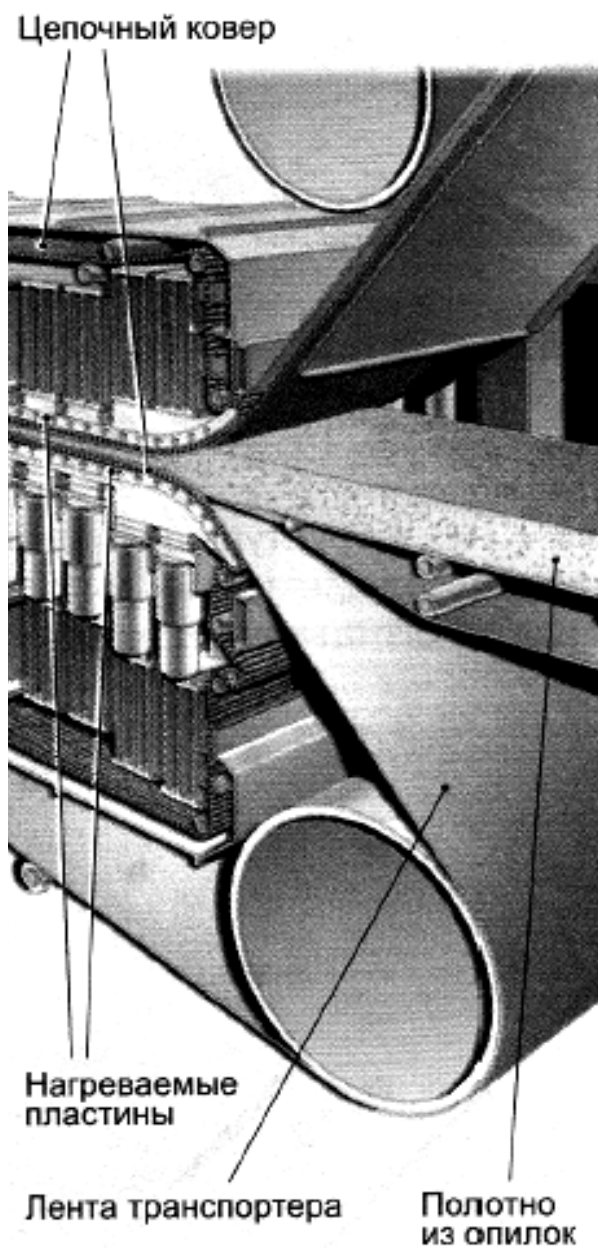


Рис. 60. Производство MDF-плит на рулонном прессе [12]

MDF позволяют выполнять на их поверхности торцовое фрезерование, формируя различное объемное изображение, что повышает архитектурно-художественную ценность изделия и его потребительские свойства.

На предварительном прессе волокнистый слой частично уплотняется и подается на постоянно движущиеся металлические ленты рулонного пресса. В рулонном прессе примерно 20-метровой длины материал пресуется при температуре 230 °С до конечного размера плиты с допуском по толщине 0,2 мм и полностью отвердевает (рис. 60). После охлаждения, нарезки в размер и хранения на складе плиты калибруются и шлифуются в трехступенчатой шлифовальной установке.

MDF-плиты имеют среднюю плотность от 600 до 900 кг/м<sup>3</sup>. Благодаря очень тонкому и однородному строению они характеризуются комплексом более высоких потребительских качеств в сравнении с традиционными ДСтП: уменьшенной эмиссией формальдегида; увеличенной в 1,5...1,8 раза прочностью.

MDF-плиты вытесняют традиционные ДСтП в производстве фасадных элементов, т.к.



## Контрольные вопросы

1. Приведите примеры и области применения изделий, получаемых в результате первичной механической переработки древесины.
2. Основные виды и типоразмеры пиломатериалов из хвойных пород.
3. В чем причина улучшения качества пиломатериалов радиальной распиловки?
4. Перечислите основные группы древесно-плитных материалов.
5. В чем принципиальное различие между фанерой и плитами из слоистой древесины?
6. Условное обозначение и области применения различных видов фанеры.
7. Принципиальная схема производства древесно-стружечных плит.
8. Основные свойства и области использования мягких древесно-волокнистых плит.
9. С какой целью в состав цементно-стружечных плит вводят добавки-минерализаторы ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaF}$ )?

## 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

### 7.1. Специфика технологических процессов в области лесопильно-деревообрабатывающих производств

Деревообрабатывающие производства включают различные технологические процессы – механическую и гидротермическую обработку древесины, ее склеивание, прессование и др. Ряд процессов сопровождается сложными физико-химическими превращениями обрабатываемого сырья.

Характерными признаками лесопильно-деревообрабатывающих предприятий, определяющих их групповую принадлежность, являются использование в качестве сырья круглых лесо- и пиломатериалов, а также преобладание операций механической обработки древесного сырья в составе главных технологических процессов. Предприятия рассматриваемой группы различаются по направлениям производственной деятельности на следующие виды [17]:

- лесопильное производство;
- мебельное производство;
- изготовление комплектов деревянного домостроения;
- выпуск строительных деталей и конструкций;
- получение древесных композиционных материалов и древесных плит;
- производство деревянной тары.

В зависимости от степени специализации и глубины переработки сырья лесопильно-деревообрабатывающие предприятия могут формировать следующие типы производственных единиц [17]:

1. Специализированные лесопильные предприятия – лесозаводы. Они располагаются в пунктах концентрации пиловочного сырья и кооперируются со специализированными деревообрабатывающими предприятиями, поставляя им свою продукцию (пиломатериалы и заготовки), или с целлюлозно-бумажными и лесохимическими предприятиями, поставляя им технологическую щепу.

2. Специализированные деревообрабатывающие предприятия – заводы по производству столярно-строительных изделий, мебельные фабрики, фабрики спортивного инвентаря.

3. Комбинированные предприятия (комбинаты). В них предусмотрено сочетание различных производств для оптимизации затрат на сырье, транспорт, трудовые ресурсы, энергию и др. В состав комбината, как правило, входят лесопильное производство, производство столяр-

но-строительных изделий и тары, а также производство технологической щепы из отходов. Такие комбинаты называют «лесопильно-деревообрабатывающий комбинат» (ЛДК) или «деревообрабатывающий комбинат» (ДОК).

4. Комплексные лесопромышленные предприятия. Помимо лесопильно-деревоперерабатывающих в состав комплексного предприятия входят также лесохимические цехи, занятые переработкой отходов и низкокачественной древесины.

Под производственным процессом понимают совокупность основных технологических и вспомогательных операций, выполняемых в определенной последовательности с целью получения из исходного сырья готового изделия.

Основные операции выполняются для придания древесному полуфабрикату новых потребительских качеств – размеров, формы, показателей свойств.

В состав вспомогательных входят операции производственного процесса, не оказывающие непосредственного воздействия на предмет труда (транспортные, погрузочно-разгрузочные, контролирующие и др.). В силу специфики работы лесопильно-деревоперерабатывающих производств число вспомогательных операций значительно превышает количество основных.

Ритмичность движения объектов обработки в производственном процессе по рабочим местам образует производственный поток, который может быть непрерывным или прерывистым [17].

В непрерывном потоке объекты обработки поштучно и без задержек передаются от одной технологической операции к другой. Проектирование такого производственного потока производится с обязательным согласованием основных операций по времени, исходя из условия, что затраты на их индивидуальное выполнение равны или кратны ритму потока.

Ритм потока – это период времени, в течение которого готовый продукт труда сходит с поточной линии. Величину ритма потока ( $R$ ) рассчитывают по зависимости

$$R = \frac{T \cdot k}{Q}, \quad (27)$$

где  $T$  – продолжительность рабочей смены;

$k$  – коэффициент использования рабочего времени;

$Q$  – плановый объем выпуска продукции, шт/смена.

С целью обеспечения непрерывной работы поточной линии в случае выхода из строя какой-либо производственной единицы на производственном участке организуют незначительные межоперационные

запасы, размещаемые обычно между технологическими операциями. В прерывистых потоках объекты обработки перемещаются между технологическими операциями отдельными партиями, что обуславливает цикличный характер основных процессов и целесообразность создания крупных межоперационных запасов. Непрерывное движение обрабатываемых предметов в производственных процессах эффективно при выпуске больших объемов товарной продукции с родственным технологическим процессом. При изготовлении продукции широкой номенклатуры при любом объеме производства эффективна организация производства с прерывистым характером производственного потока.

## 7.2. Классификация и принципы выбора оборудования для производства пиломатериалов

Структура современных лесопильных заводов характеризуется разнообразием типов и конструктивных особенностей технологического оборудования [3].

Главным оборудованием лесопильных предприятий являются бревнопильные станки, классификация которых показана на рис. 61. Бревнопильное оборудование, служащее для продольного раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы, располагается в составе бревнопильного потока, под которым понимается один или несколько бревнопильных станков (рядов), объединенных в единую производственную цепь, для последовательного раскроя бревен на пиломатериалы.

*Лесопильные рамы* были и остаются наиболее распространенным видом бревнопильного оборудования на территории нашей страны. Этому способствует сочетание следующих благоприятных факторов: доступность, возможность самостоятельного обслуживания, незначительные эксплуатационные издержки, возможность раскроя бревен больших диаметров.

Лесопильной рамой (пилорамой) называют станок для продольной распиловки древесины, в котором пиление выполняют полосовыми (рамными) пилами, натянутыми в пильной рамке, при ее поступательно-возвратном движении и продольной подаче распиливаемого лесоматериала. По расположению и направлению движения пил различают горизонтальные и вертикальные лесопильные рамы. Вертикальные лесопильные рамы относятся к оборудованию проходного типа и могут иметь в поставе до 20 пил. Горизонтальные рамы – оборудование позиционного типа, имеющее в поставе от одной до трех пил [17].

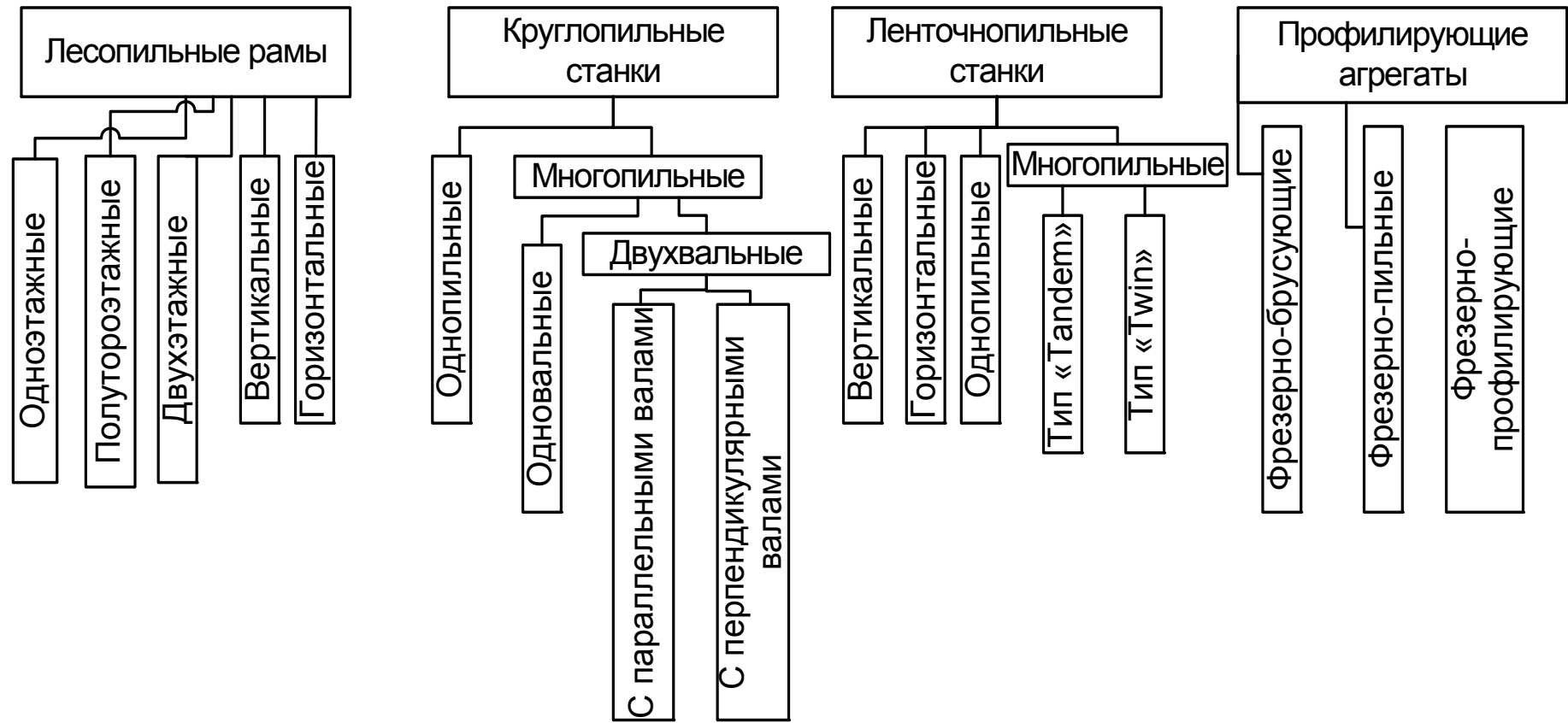


Рис. 61. Основные виды бревнопильного оборудования [5]

Лесопильные рамы первого типа характеризуются горизонтальным расположением пильного полотна в пильной рамке, которая совершает возвратно-поступательное движение в этом же направлении. Горизонтальные пилорамы не получили широкого распространения в промышленности: для индивидуального раскроя тонкомерных кряжей ценных пород на брусья, которые идут на производство строганого шпона используют однопильные пилорамы марки РГ-130-1 [3].

Вертикальные лесопильные рамы являются оборудованием проходного типа и могут иметь в поставе до 20 вертикальных пил (постав), позволяющих производить групповую распиловку древесного сырья.

Помимо основных классификационных характеристик лесопильные рамы подразделяют по следующим дополнительным признакам [3, 17]:

- по назначению (общего или специального назначения);
- по уровню производительности (высокопроизводительные, средней производительности и низкой производительности);
- по величине просвета (узко-, средне- и широкопросветные);
- по виду распиливаемого материала (для распиловки бревен или для развала брусьев);
- по числу шатунов (одно- и двухшатунные);
- по виду подачи (с непрерывной подачей или с периодической подачей);
- по уклону пильной рамки (без изменения уклона или с возможностью изменения уклона);
- по характеру движения пильной рамки (прямолинейное или по замкнутым криволинейным траекториям);
- по наличию регулировки пил по ширине поставки (без регулировки или с регулировкой);
- по уровню механизации и автоматизации (механизированные, автоматизированные или автоматические).

К техническим характеристикам пилорам относят:

- просвет пильной рамки – внутреннее расстояние между ее вертикальными стойками, определяющее наибольший диаметр распиливаемого бревна. Узкопросветные имеют ширину просвета до 500 мм, среднепросветные – до 800 мм и широкопросветные – до 1100 мм;
- высоту хода пильной рамки – расстояние, проходимое пильной рамкой сверху вниз за полный оборот коренного вала. Одноэтажные рамы строят с высотой хода от 220 до 410 мм, двухэтажные – до 700 мм;

- скорость вращения вала – число двойных ходов пильной рамки (от 210 до 450 в минуту). Рамы с меньшим просветом имеют более легкую пильную рамку и соответственно бóльшую частоту вращения.

Около 90 % всех используемых на территории России лесопильных рам имеют одноэтажную конструкцию (рис. 62). Рациональная область их применения – лесосеки, строительные площадки, небольшие лесопильные цехи в составе нижних складов.

Мощные двухэтажные пилорамы целесообразно использовать на крупных лесопильных заводах с годовым объемом лесопереработки 100...120 тыс. м<sup>3</sup> [3]. Все рамы этой конструкции являются одношатунными и имеют непрерывную подачу с движением пильных рамок по прямолинейным траекториям. Технические характеристики наиболее распространенных лесопильных рам приведены в табл. 20 и 21.

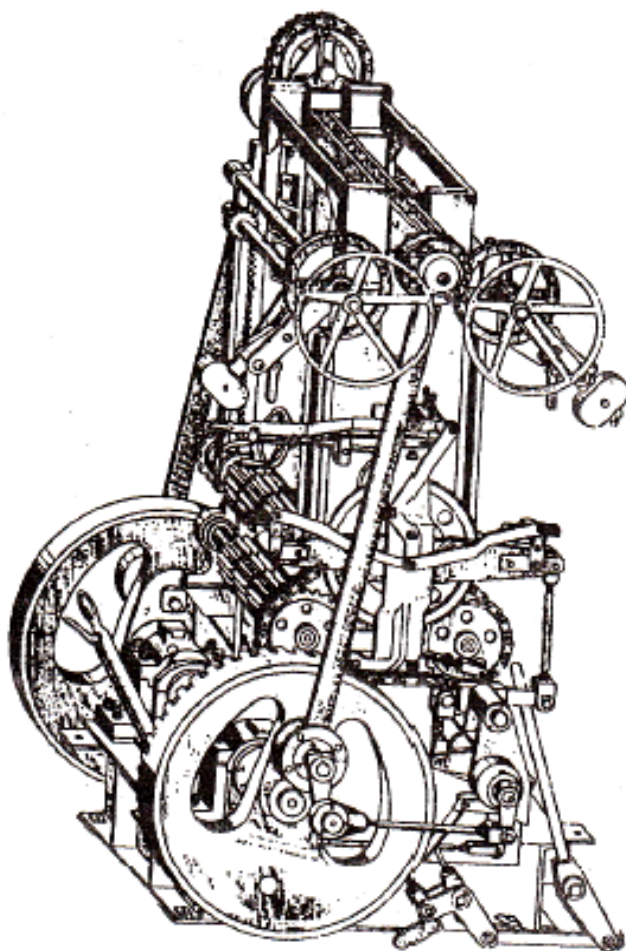


Рис. 62. Одноэтажная двухшатунная лесопильная рама Р63-4

Таблица 20

Технические характеристики одноэтажных лесопильных рам

| Наименование показателя                    | Марка пилорамы |         |         |         |
|--|----------------|---------|---------|---------|
|  | Р63-4Б         | Р80-2   | РТ-36   | РК-2    |
| Просвет пильной рамки, мм                  | 630            | 800     | 360     | 630     |
| Ход пильной рамки, мм                      | 400            | 500     | 210     | 300     |
| Длина распиливаемых бревен, м              | 3...7,5        | 3...7,5 | 0,8...4 | 1...7,5 |
| Минимальная толщина выпиливаемых досок, мм | 16             | 16      | 6       | 16      |
| Величина подачи на зуб, мм/об              | 3...22         | 5...40  | 4...15  | 5...25  |
| Максимальное число пил в поставе, шт       | 12             | 14      | 16      | 12      |
| Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>   | 285            | 250     | 650     | 310     |
| Мощность, кВт                              | 47             | 75      | 25      | 42      |

Т а б л и ц а 21

## Технические характеристики двухэтажных лесопильных рам

| Наименование показателя                  | 2P50-1  | 2P50-2  | 2P75-1 | 2P75-2 | РД110-2М |
|--|---------|---------|--------|--------|----------|
| Просвет рамки, мм                        | 500     | 500     | 750    | 750    | 1100     |
| Ход пильной рамки, мм                    | 700     | 700     | 600    | 600    | 600      |
| Максимальный диаметр бревна, мм          | 280     | 280     | 520    | 520    | 1000     |
| Величина подачи на зуб, мм               | 10...75 | 10...75 | 9...65 | 9...65 | 4...22   |
| Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup> | 360     | 360     | 325    | 325    | 235      |
| Мощность, кВт                            | 138     | 133     | 128    | 120    | 140      |
| Масса, тонн                              | 16,2    | 15,3    | 18,0   | 16,7   | 23,2     |

Последовательность технологических операций при использовании пиломатериалов в качестве головного оборудования может иметь следующие варианты [5]:

1. Распиловка бревен вразвал с последующей обрезкой необрезных досок на обрезных станках. В этом случае возможно использование только симметричных поставов. В противном случае возрастает эксцентричная нагрузка на пильные рамки, что значительно ухудшает качество поверхности и точность формы пиломатериалов. При распиловке бревен вразвал необходимо оснащение лесопильного цеха высокопроизводительным участком обрезки (на лесопильных рамах в среднем распиливается 3 бревна в минуту, что вызывает необходимость обрезки до 24 и более досок за это же время).

2. Распиловка бревен на лесопильных рамах первого и второго ряда с применением обрезных станков для снятия обзола у боковых досок. При использовании этого варианта организации потока и применении лесопильных рам одного и того же типа обеспечивается высокая степень синхронизации лесопильного оборудования и значительно снижаются межцикловые потери времени на простои бревнопильного оборудования. Основной недостаток этой технологической схемы – высокое энергопотребление (от 170 кВт·ч).

3. Выпиловка на лесопильной раме на первом проходе двухкантного бруса, с его последующей распиловкой на круглопильных станках второго ряда и обрезкой необрезных досок. В этом случае в качестве оборудования второго ряда используются многопильные круглопильные станки, что повышает качество поверхности, точность размеров и формы пиломатериалов, а при условии использования относительно тонких пил способно увеличить объемный выход пиломатериалов.



Для увеличения производительности лесопильного цеха часто применяют схему с параллельной установкой нескольких пилорам в начале каждого потока. Однако это решение приводит к существенному росту капитальных затрат на строительство, и прежде всего на возведение фундаментов: для устройства одного фундамента требуется до 120 м<sup>3</sup> специального бетона с демпфирующими элементами.

При использовании в качестве головного оборудования лесопильных рам замена постава пил при переходе на следующий диаметр бревен занимает порядка 30...40 минут (за исключением пилорам с автоматической регулировкой пил по ширине постава). Поэтому при выполнении сменного задания рациональным является накопление объема бревен одного диаметра, что обеспечивает безостановочную работу цеха в течение 3...3,5 часа.

К общим недостаткам лесопильных рам следует отнести низкое качество поверхности, невысокую точность формы и размеров, высокую энергоемкость, отсутствие возможности изготовления обрезных пиломатериалов за один проход.

В то же время проектирование новых лесопильных заводов, имеющих в качестве головного оборудования лесопильные рамы, распространено мало: в условиях конкурентной борьбы предприятиям следует снижать затраты электроэнергии, увеличивать полезный выход пиломатериалов, повышать качество поверхности, точность размеров и формы выпиленных пиломатериалов, что вызывает необходимость их оснащения более современными типами бревнопильного оборудования.

*Ленточнопильные станки.* В ленточнопильных станках в качестве режущего инструмента используется бесконечная пильная лента (рис 38). Ленточнопильные станки применяют для выполнения технологических операций, связанных с распиловкой бревен на пиломатериалы (бревнопильная модификация), для деления крупных пиломатериалов на более мелкие (делительная модификация), для криволинейного выпиливания небольших сортиментов (столярная модификация).

Среди станков этого типа выделяют низкопроизводительные, имеющие узкую пильную ленту, и промышленные, оснащенные широкой лентой, обеспечивающей высокую производительность.

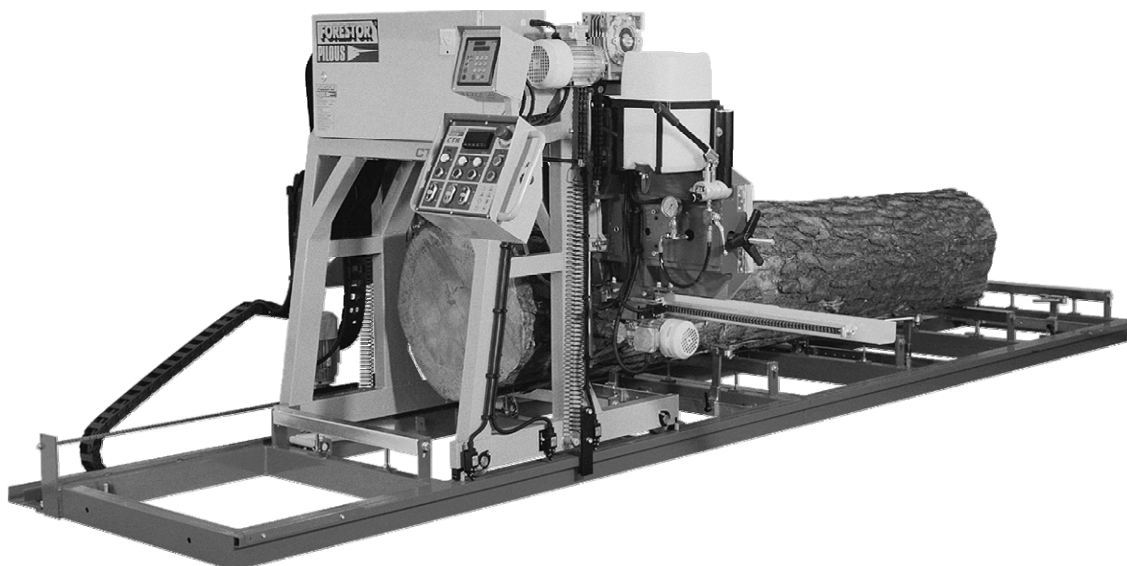


Рис. 63. Общий вид бревнопильного ленточнопильного станка

Ленточный станок с узкой лентой шириной от 20 до 60 мм имеет производительность до 5 м<sup>3</sup> древесины в смену. Такое оборудование целесообразно использовать на небольших предприятиях для переработки чистой и незамороженной древесины. Ленточнопильные станки, оснащенные широкой лентой (100...300 мм), способны распиливать бревна метровой толщины, а также древесину любой твердости, в том числе мерзлую и грязную. Их отличает повышенная производительность, достигающая 15 м<sup>3</sup>/смена.

Основными достоинствами ленточнопильных станков являются:

- относительно малая ширина пропила: толщина пильного полотна не превышает 0,001 диаметра шкива и находится в пределах 1,6...4 мм, что позволяет увеличить объемный выход пилопродукции;
- возможность раскря крупных бревен с диаметром до 2 м, что практически не достижимо на оборудовании другого типа;
- проведение индивидуального раскря без предварительной подсортировки бревен;
- невысокая мощность главного привода (50...150 кВт), что выгодно отличает ленточнопильные станки от круглопильных станков и лесопильных рам.

Схема работы ленточнопильного станка представлена на рис. 64. Ленточнопильные станки, используемые на лесопильных предприятиях малой производственной мощности, относятся к позиционному типу и разделяются на две группы:

I – делительные станки с шириной ленты от 60 до 150 мм и диаметром шкивов от 800 до 1300 мм;

II – однопильные бревнопильные станки с шириной ленты от 125 до 300 мм и диаметром шкивов от 1000 до 2400 мм.

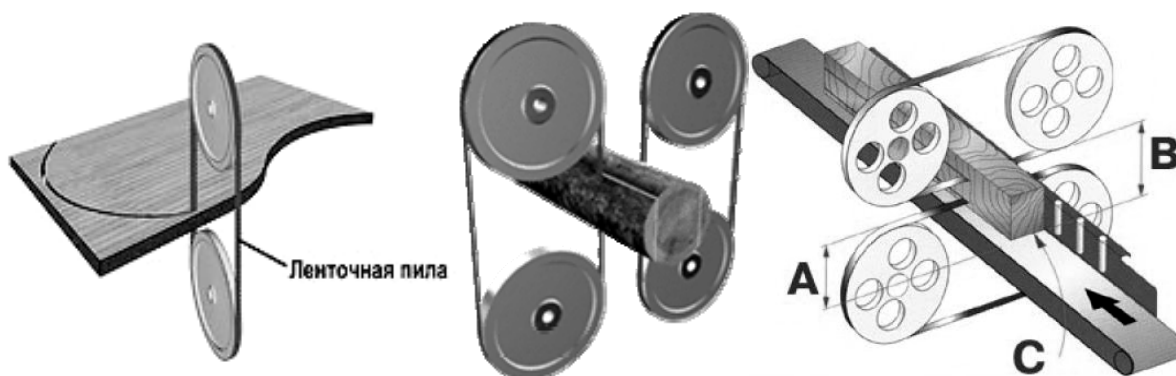


Рис. 64. Схема работы ленточнопильного станка:  
а – однопильного вертикального; б – двухпильного вертикального;  
в – двухпильного горизонтального

Промышленные ленточнопильные станки можно классифицировать по следующим признакам:

- по количеству пил (одно-, двух- и многопильные);
- по расположению пильных механизмов (с последовательным и параллельно-симметричным расположением пил);
- по максимальному диаметру распиливаемого бревна;
- по ширине пильной ленты (узко- и широколенточный).

Первые технологические процессы на базе спаренных вертикальных ленточнопильных станков, позволяющих использовать преимущества ленточнопильной распиловки на сквозной проход, были выполнены шведской фирмой «Чер». Этой фирмой впервые были применены рентгеновская и телевизионная установки для текущей оценки качества бревен, поступающих на распиловку [3].

Потоки, имеющие в качестве головного бревнопильного оборудования однопильные ленточнопильные станки, целесообразно использовать на предприятиях средней и малой производственной мощности. Примерная производительность такого потока составляет 40...60 тыс. м<sup>3</sup> пиловочного сырья в год.

Двухпильные ленточнопильные станки применяются в качестве бревнопильного оборудования первого ряда. Их часто дополняют фрезерно-брусующим модулем. Такая модернизация станка позволяет получать технологическую щепу, объемный выход пиломатериалов возрастает на 5 % за счет увеличения длины боковых досок (рис. 65).

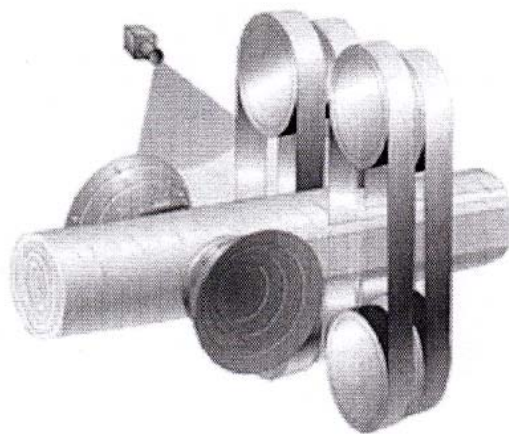


Рис. 65. Схема использования ленточнопильного станка с фрезерно-брусующим модулем

Многопильные ленточнопильные агрегатные станки могут иметь от 2 до 8 пил и предназначены для продольного раскроя бревен с целью получения двухкантного бруса или распиловки бруса на несколько досок за один проход.

По конструктивному исполнению многопильные ленточнопильные станки могут оснащаться вертикальными, горизонтальными или смешанными типами пил, которые, в свою очередь, располагаются симметрично (тип *Twin*) или последовательно (тип *Tandem*) относительно друг друга (рис. 66).

При распиловке бревен по типу *Tandem* пилой первого пильного блока отпиливается горбыльная часть бревна, а второй пильный блок отпиливает несколько боковых досок.

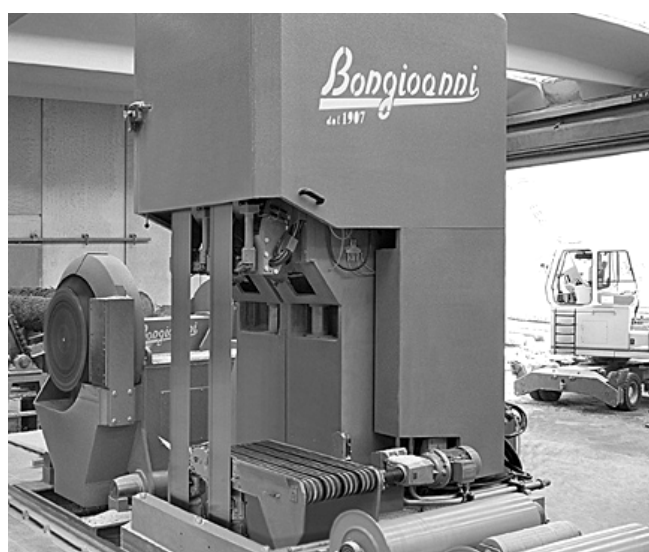


Рис. 66. Ленточнопильные станки типа «Tandem» (пр-ва компании Bongianni, Италия)

*Круглопильные станки* – деревообрабатывающее оборудование, предназначенное для продольной и поперечной распиловки древесины, режущим инструментом в котором является круглая пила. В лесопильном производстве круглопильные станки используются для продольного раскроя древесины на предприятиях различной производственной мощности: на малых – в качестве основного оборудования; на средних и крупных – в качестве станков первого и второго ряда. В отличие от ленточнопильных станков и лесопильных рам круглопильное оборудование имеет увеличенную ширину пропила, составляющую в среднем от 3 до 6 мм, что негативно сказывается на полезном выходе пиломатериалов.

Различают следующие конструктивные модификации круглопильных станков:

- позиционные и позиционно-проходные;
- одно- и многопильные;
- одно- и двухвальные.

На малых лесопильных предприятиях применяются станки позиционного и позиционно-проходного типов, при которых либо бревно, либо пильные модули имеют жесткое крепление. Распиловка производится за счет перемещения пильных модулей вдоль бревна (оборудование позиционного типа) или за счет перемещения бревна вдоль пильных модулей (оборудование позиционно-проходного типа).

Станки позиционно-проходного типа комплектуются подающими столами, на которых закрепляются бревна для их индивидуального раскроя без предварительной подсортировки (рис. 67). До 90-х годов прошлого столетия в отечественной практике широко применялись шпалорезные круглопильные станки позиционно-проходного типа моделей ЦДТ6-2, ЦДТ6-3 и ЦДТ-7(с дополнительной верхней пилой) для выпилки шпал. Вместо подающих столов станки оснащались подающими тележками со стойками-зажимами для бревен и механизмами измерения поперечного перемещения бревен на тележке. Станки с одной круглой пилой применялись для выпилки шпал из бревен среднего диаметра (не более 70 см), а станки, оснащенные дополнительной верхней пилой, использовали при переработке крупных бревен с максимальным диаметром 110 см. Скорость рабочего хода тележки до 80...90 м/мин, а общая установленная мощность электродвигателя 80...120 кВт [17].

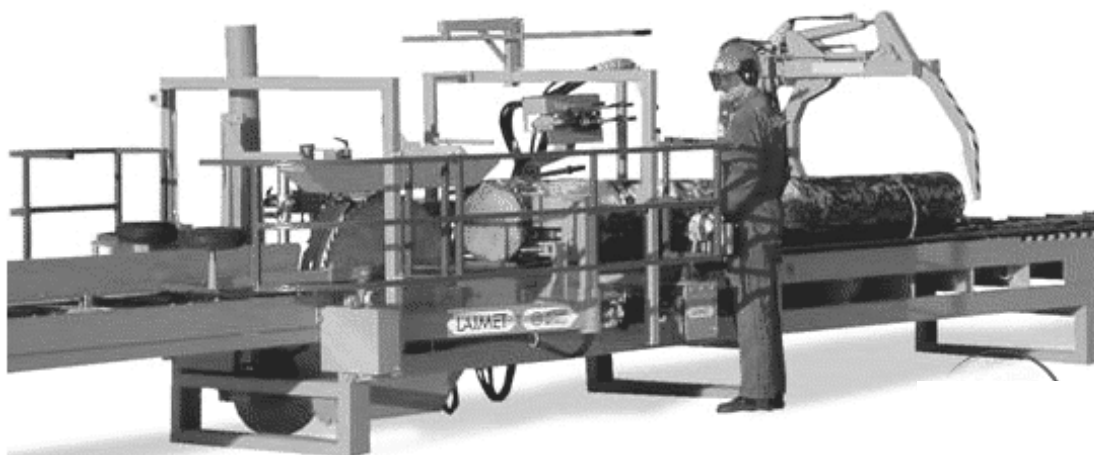


Рис. 67. Круглопильный станок позиционно-проходного типа

Бревнопильные станки позиционно-проходного типа имеют несколько бóльшую производительность по сравнению со станками позиционного типа за счет большей скорости подачи и возврата бревна. Вместе с тем величина скорости подачи не является фактором, определяющим производительность данного оборудования, так как время вспомогательных операций (закрепление бревна, перевод пил, обратный ход пильных механизмов) значительно превышает время самой распиловки.

Станки позиционного типа являются более компактными (габаритные размеры в два раза меньше), что позволяет использовать их в условиях дефицита производственных площадей.

При применении станков позиционного и позиционно-проходного типов в качестве головного оборудования можно добиться значительного повышения их производительности путем установки на втором проходе многопильных круглопильных станков, раскраивающих двух- или четырехкантный брус, получаемый на головном станке.

К достоинствам станков позиционного типа можно отнести возможность производства пиломатериалов смешанного и специального распилов (радиального или тангенциального).

Недостатками оборудования индивидуального раскроя являются сравнительно небольшая производительность вследствие значительного времени, затрачиваемого на операции, не связанные непосредственно с пилением.

Двухвальные станки выпускаются с параллельным или взаимно перпендикулярным расположением пильных валов. В первом случае валы располагаются в одной плоскости со сдвигом относительно друг друга. При этом обеспечивается получение единого разреза в одной

плоскости. В большинстве случаев пилы на подобных станках имеют диаметр 500...650 мм, однако возможно использование пил большего диаметра (до одного метра).

При взаимно перпендикулярном расположении пил можно получать обрезные доски за один проход (способ «углового пиления» (рис. 68)). Использование станков со взаимно перпендикулярными валами повышает выход наиболее востребованных радиальных пиломатериалов на 15...20 % при некотором снижении производительности за счет усложнения схемы раскроя.



Рис. 68. Принцип распиловки способом углового пиления

Выбор одно- или двухвального оборудования зависит от характеристик бревен, поступающих в распиловку. Одновальные круглопильные многопильные станки имеют высоту пропила не более 380 мм при диаметре пильного диска 900 мм. Наиболее распространенными являются круглопильные станки с высотой пропила 280...300 мм, предназначенные для распиловки бревен малых и средних диаметров, а также для раскроя бруса на втором проходе.

Для бревен и брусьев с диаметром более 34 см применяют двухвальные многопильные круглопильные станки проходного типа, позволяющие производить распиловку толстомерного сырья с суммарной высотой пропила 400...520 мм. В этом случае пильный механизм состоит из нижнего и верхнего валов с расположенными на них в одной вертикальной плоскости нижними и верхними пилами (рис. 69). Использование двухвальной технологии позволяет уменьшить ширину пропила с 6 до 5 мм за счет использования более тонких пил.

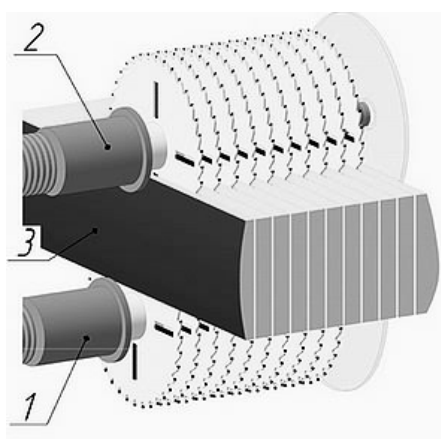


Рис. 69. Двухвальный пильный блок:  
1 – нижний пильный блок;  
2 – верхний пильный блок;  
3 – заготовка

Основными достоинствами круглопильных станков являются высокая точность формы и размеров получаемых пиломатериалов, максимальная скорость подачи среди всех видов бревнопильного оборудования и продолжительный ресурс работы инструмента, что в значительной степени компенсирует недостаток, связанный с увеличенной шириной пропила.

В современных условиях многопильные круглопильные станки получили широкое распространение в составе фрезерно-брусующих, фрезернопильных и фрезерно-профилирующих линий. Под профилированием понимается обработка боковых поверхностей бревен специальными фрезами с целью получения технологической щепы, которая выполняется одновременно с распиловкой бревен на пиломатериалы. При распиловке тонкомерного сырья в качестве головного оборудования первого ряда целесообразно использовать фрезерно-брусующее оборудование для получения двух- или четырехкантного бруса без формирования пиломатериалов [5].

При использовании в качестве головного оборудования фрезернопильных агрегатов одновременно с фрезерованием горбыльной зоны выпиливается требуемое количество боковых необрезных пиломатериалов (рис. 70).

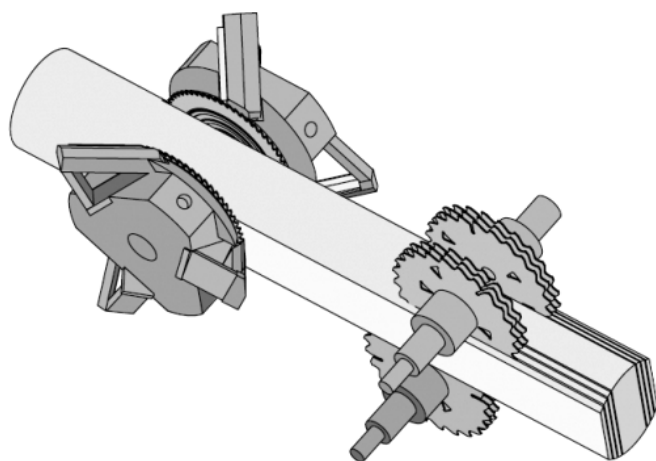


Рис. 70. Схема работы фрезерно-пильного оборудования

При производстве пиломатериалов обрезка кромок может осуществляться не только фрезами, но и с помощью подрезных круглых пил.

Применение в качестве головного оборудования фрезерно-профилирующих агрегатов позволяет одновременно выполнять все основные технологические операции по формированию пиломатериалов:

- переработку горбыльной части на технологическую щепу;
- фрезерование кромок пиломатериалов;



– распиловку бревен и брусьев на обрезные пиломатериалы требуемого сечения без последующей дополнительной обработки. Принцип работы фрезерно-профилирующего агрегата показан на рис.71.

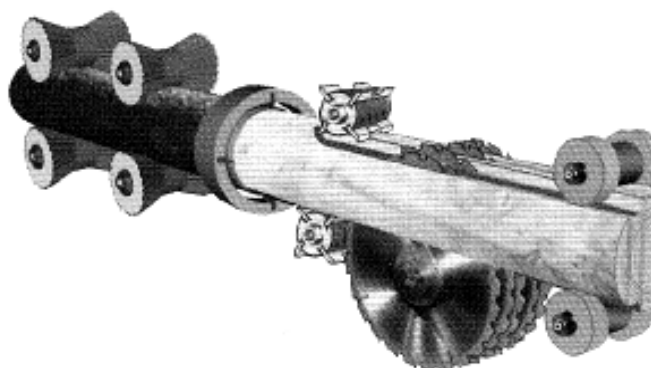


Рис. 71. Схема работы фрезерно-профилирующего агрегата

Такие обрабатывающие комплексы самостоятельно формируют основу технологического процесса по переработке пиловочных бревен с диаметром до 42 см и скоростями подачи до 150...180 м/мин.

Большая производительность, высокая точность формы и размеров получаемых пиломатериалов – все это увеличивает потенциал использования круглопильных станков в составе фрезернопильных и фрезерно-профилирующих линий, применяемых для распиловки бревен и брусьев.

*Реброво-горбыльные станки* широко применяют в качестве оборудования второго ряда лесопильного потока для обработки необрезной доски и получения максимального выхода качественного пиломатериала – досочек и реек.

Выработку необрезных пиломатериалов рационально проводить при переработке сильносбежистых бревен с целью уменьшения нагрузки на головное и вспомогательное оборудование лесопильного цеха за счет установки на нем меньшего количества пил для выпилки пиломатериалов из сбеговой зоны. Схема работы реброво-горбыльного станка представлена на рис. 72.

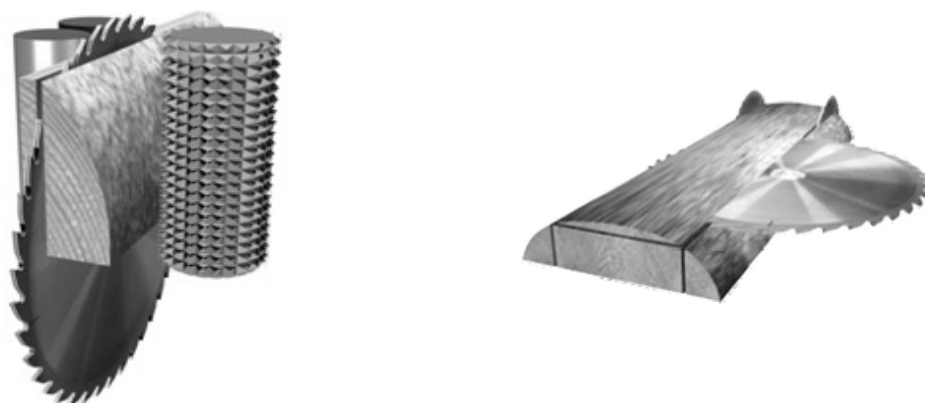


Рис. 72. Схема работы реброво-горбыльного станка:  
а – вертикального, б – горизонтального

Обрезные станки служат для формирования требуемой ширины у необрезных пиломатериалов, выпиленных из сбеговой зоны бревна. Обрезные станки выпускаются в одно- и многопильном вариантах. Схема работы обрезных станков представлена на рис. 73.

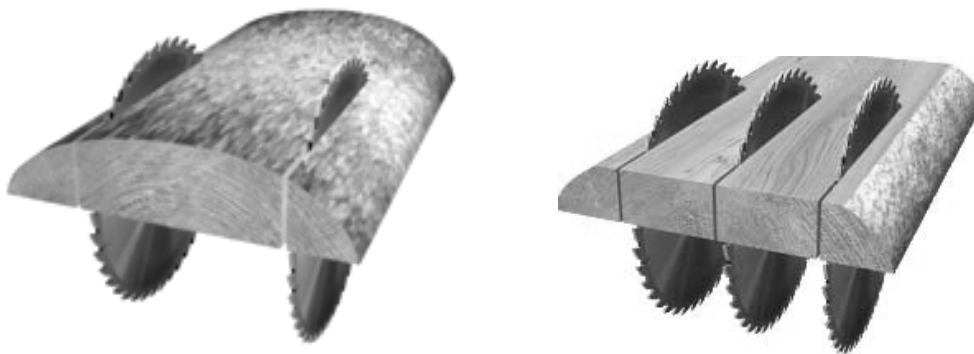


Рис. 73. Принципиальная схема работы обрезного станка

К недостаткам обрезных станков можно отнести невысокий коэффициент использования машинного времени – он колеблется от 0,4 до 0,5, что связано с необходимостью измерения каждой единицы пиломатериала и потерей времени на настройку станка.



Рис. 74. Схема торцовки пиломатериалов

*Торцовочные станки.* Назначение станков для торцовки досок – поперечный раскрой для формирования требуемой длины пиломатериалов. По конструктивным признакам различают одно-, и многопильные, а также позиционные и проходные торцовочные станки и устройства. Принципиальная схема торцовки пиломатериалов представлена на рис.74.

Различают предварительную торцовку, выполняемую в лесопильном цехе для отпиливания горбыльных и обзолных частей досок, и окончательную торцовку, производимую после сушки пиломатериалов. В крупных лесопильных цехах установки позиционного типа применяются как для предварительной, так и для окончательной торцовки пиломатериалов, а на малых предприятиях – при выполнении в основном окончательной торцовки. Высокопроизводительное оборудование проходного типа в виде триммеров устанавливается в бревнопильном потоке после обрезки пиломатериалов [17].

*Обработывающее оборудование деревянного домостроения.* Исторически сложилось так, что на протяжении многих веков на территории

нашей страны и в большинстве северных районов Европы и Америки дерево являлось основным строительным материалом. Это обусловлено доступностью сырьевой базы, а также технологичностью и высокими потребительскими качествами деревянных зданий.

Центры многих городов современной Европы застроены фахверковыми домами на деревянной основе, возраст которых превышает несколько сотен лет. Ячейки каркаса фахверковых домов заполнялись глиной, смешанной с камышом, ветками, соломой. Богатые горожане заполняли межкаркасное пространство резными деревянными панелями (рис. 75).



Рис. 75. Фахверковые дома, построенные в 17 веке

В настоящее время деревянное домостроение является динамично развивающейся областью жилищного строительства в большинстве экономически развитых стран (США, Канада, Финляндия, Германия, Франция, Япония, Южная Корея и др.). В европейских странах это направление строительства активно поддерживается государством, что обусловлено общемировой тенденцией к использованию экологически безопасных технологий и материалов. В Японии деревянное домостроение практически полностью охватывает рынок односемейных домов (около 1,4 млн строений). За рубежом сформировалось несколько основных направлений в области строительства домов с использованием древесины – это каркасное домостроение, мобильные и модульные дома, дома из заводских элементов и сборных заготовок [4].

В нашей стране производство деревянных строительных конструкций и домов находится на стадии начального формирования. Несмотря на схожесть климатических условий, использование дерева при строительстве жилья на территории России в 20 раз меньше, чем в Финлян-

дии или Швеции. Так, в 2005 году в Российской Федерации объем строительства домов с использованием древесины в качестве конструкционного материала составил 8,2% в объеме введенного жилья, или 20,5% от объемов малоэтажного строительства, что в десять раз меньше, чем в США и Канаде [4].

Каркасное домостроение является самым доступным и распространенным в мире и составляет основную часть современного деревянного домостроения. В США ежегодно возводят порядка 500 тыс. одно- или двухэтажных деревянных домов, из них 470 тыс. – это дома каркасного типа. Несущая способность деревянных конструкций позволяет сооружать здания с деревянным каркасом высотой до 5 этажей (рис. 76).



Рис. 76. Многоэтажный дом с деревянным каркасом

Сегодня в России наблюдается определенный рост объемов строительства в сегменте деревянного домостроения. Ускоренно развиваются технологии, основанные на использовании массивной древесины (дома из бревен ручной рубки, из пиленого, оцилиндрованного цельного или клееного профилированного бруса), а также каркасно-панельных и каркасно-щитовых элементов.

*Оборудование для производства комплектов домов из оцилиндрованного бревна.* Дома из оцилиндрованного бревна характеризуются рядом положительных качеств:

- возможность обработки бревен различной влажности;

- простая технология изготовления деталей, в которой отсутствуют дорогостоящие операции (распиловка, сушка, склеивание);
- минимальные потребности в производственных площадях;
- невысокие требования к квалификации производственного персонала;
- возможность быстрой механизации технологического процесса для увеличения выпуска продукции.

Одним из основных недостатков домов этого типа является их значительная усадка в начальный период эксплуатации, последствия которой частично компенсируют, производя соответствующую технологическую обработку (наличие компенсационных зазоров, повышенные размеры швов) и соблюдая определенные правила строительства.

В качестве головного оборудования для оснащения поточной линии по производству деталей деревянных домов производительностью до 450 м/смену целесообразно использовать оцилиндровочные станки проходного или позиционного типа.

Универсальные оцилиндровочные комплексы проходного типа «КТ-240У», «КТ-280У» применяют в составе крупных домостроительных производств для массового изготовления высококачественных деталей деревянных домов – цилиндра, цилиндра с ложом для бревна и компенсационным пазом, массивного профилированного бруса, блок-хауса, шпунтованной и обрезной досок (рис. 77). Оцилиндровочный узел станка снабжен комплектом из шести ножей (трех чистовых и трех черновых), что обеспечивает высокое качество поверхности обрабатываемых бревен с диаметром до 280 мм. На домостроительных комбинатах эти машины работают в комплексе со станками для резки поперечной чашки и чистовой торцовки.

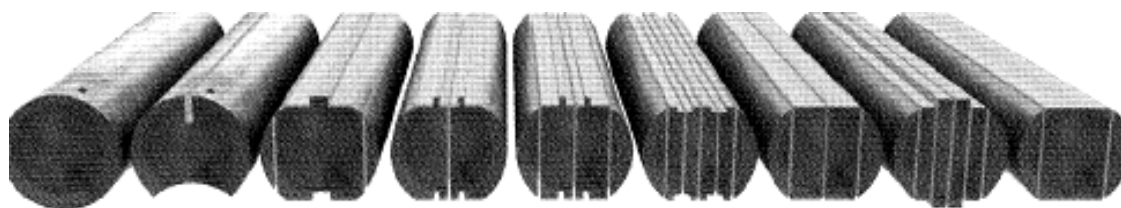


Рис. 77. Варианты профиля обработки

*Комплекс для изготовления* деталей из оцилиндрованного бревна базируется на комбинированном станке «*Roundec-Combi-Jumbo 600*», который производит выборку поперечного паза «чашка» с четырех сторон, двойное сверление отверстий, чистовую торцовку бревен с двух сторон, а также выборку пазов под окна и двери. Станок состоит из

обрабатывающего центра и подающего рольганга с измерительным упором (рис. 78). Обрабатывающий центр снабжен двумя пилами для торцовки бревен с твердосплавными напайками, а также фрезерной головкой с гидроприводом для обработки пазов с целью последующей установки окон и дверей, что увеличивает прочность строительных конструкций и придает им архитектурную выразительность. Станок имеет дополнительные функции по выборке двух чашечных пазов одновременно и сверлению отверстий сдвоенным сверлом. Станок укомплектован двумя увеличенными 6-метровыми рольгангами и двумя 3-метровыми рольгангами.



Рис. 78. Оцилиндровочный станок проходного типа  
(*Roundec-Combi-Jumbo 600*)

Оцилиндровочные станки позиционного типа предназначены для изготовления элементов сруба механизированным путём. В эту группу входят станки «Зодиак-8000М», «ОС-350», «*Raundec Jumbo*» (рис. 79).

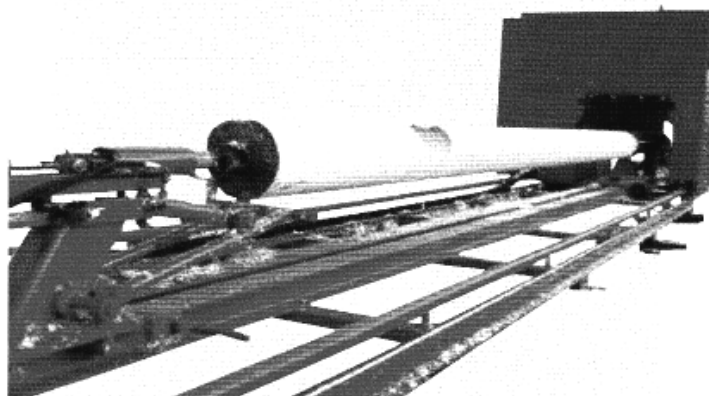


Рис. 79. Оцилиндровочный станок позиционного типа

Станки позиционного типа обеспечивают многовариантную обработку бревна (рис. 80).

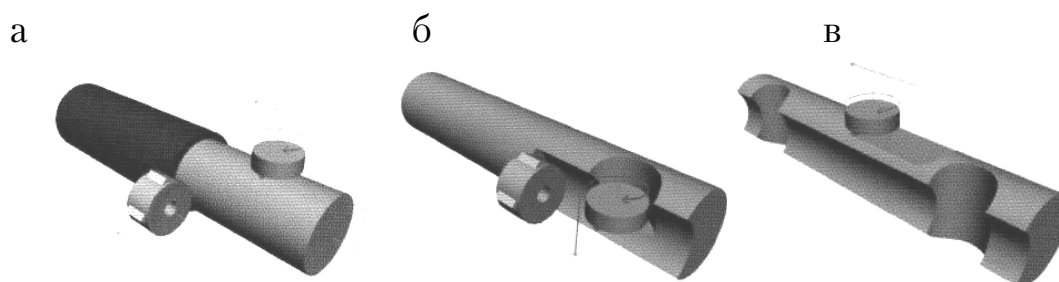


Рис. 80. Способы формирования поверхности обрабатываемого бревна:  
а – цилиндрование; б – выборка монтажного паза;  
в – выборка венцовых чашек

Цилиндрование производится точением специальной фрезой, имеющей поступательное движение вдоль оси заготовки и вращающейся в центрах передней (приводной) и задней бабок. Выборка монтажного паза осуществляется радиусной фрезой на неподвижной жестко-фиксированной заготовке. Выборка венцовых чашек реализуется врезанием фрезы, строго соответствующей диаметру и форме обрабатываемой заготовки.

Кроме оцилиндровочного станка в состав линии входят оборудование для выборки чашки и сверления отверстий, а также оборудование для торцовки бревен и выборки пазов для окон и дверей (рис. 81).

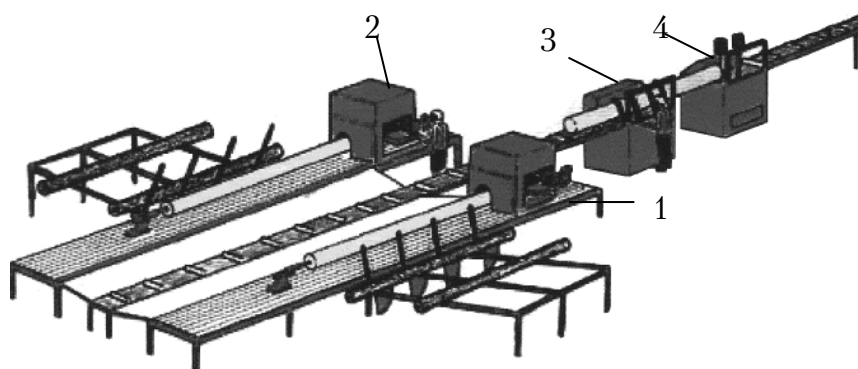


Рис. 81. Технологическая линия по производству деталей домов из оцилиндрованного бревна:  
1 – механический подъемник бревна; 2 – оцилиндровочный станок;  
3 – чашкорезный станок; 4 – торцовочный санок

Схема проведения основных технологических операций с целью придания изделию требуемой формы и размеров при его прохождении по рабочим местам технологической линии приведена на рис. 82.

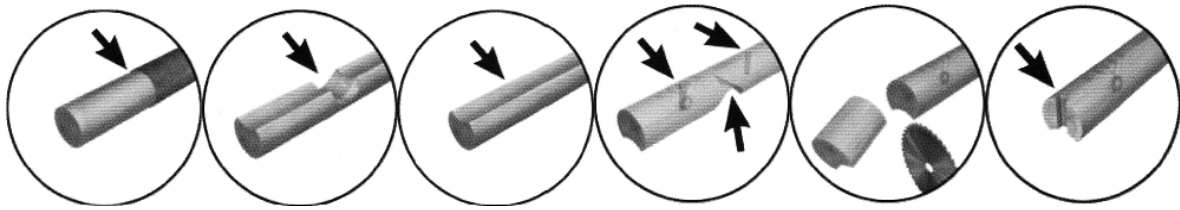


Рис. 82. Порядок процесса обработки бревен на поточной линии

*Оборудование для производства деталей домов из профилированного бруса.* Дома из клееного бруса имеют существенные преимущества перед домами из оцилиндрованного бревна: значительное уменьшение величины усадки (2...3 %); гарантийная формоустойчивость; стабильные теплофизические свойства; возможность автоматизации производственного процесса; высокое качество обработанных поверхностей. Для организации технологического процесса требуются наличие отапливаемых производственных помещений, а также высокая квалификация производственного персонала.

Станок «Beaver 633» является типовым станком, применяемым в технологической линии для производства деталей домов из профилированного бруса. Он относится к оборудованию позиционно-проходного типа и предназначен для выработки бруса с максимальным сечением 250×330 мм. Профилирование материала выполняется горизонтальными или вертикальными шпинделями. Суммарная мощность станка 82,5 кВт. Схема обработки полуфабриката и профиль получаемого бруса приведены на рис. 83.

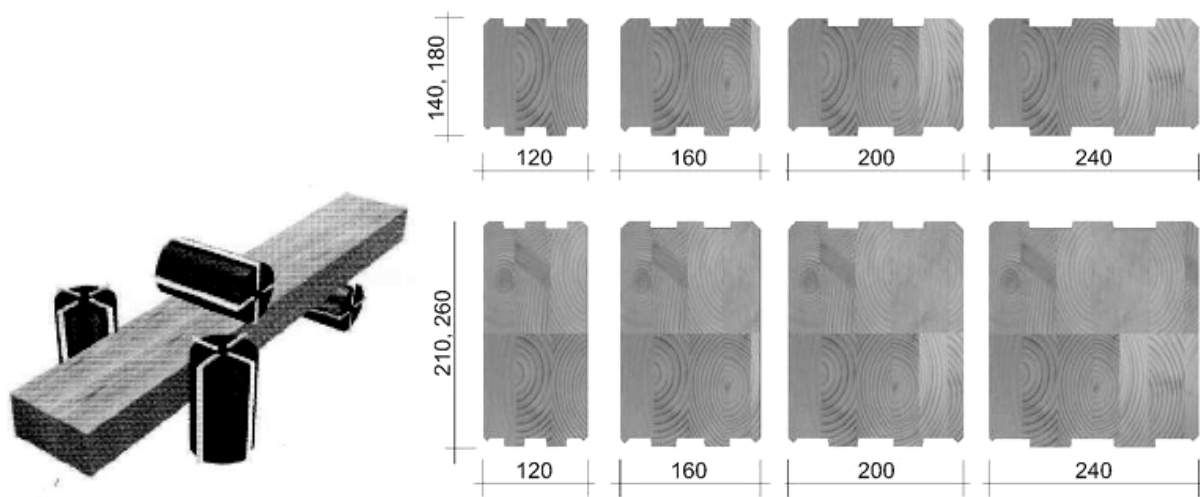


Рис. 83. Схема обработки и виды профилированного бруса

*Оборудование для производства деревянных стеновых панелей.* Каркасные дома с ограждающими конструкциями из стеновых панелей за-



водского изготовления составляют самую массовую часть в сегменте жилых малоэтажных зданий, возводимых из древесных материалов. Этому способствуют ценовая доступность, малый вес сооружения, высокая скорость строительства, хорошие теплофизические и потребительские показатели.

В качестве примера рассмотрим технологическую линию по сборке стеновых панелей «Randek BauTech System 1000D», предназначенную для формирования комплектов каркасно-панельных домов. Для изготовления стеновых панелей используется обрезной пиломатериал рядового качества (ГОСТ 8486–86). Линию обслуживают 8..10 человек, которые выполняют следующие основные технологические операции:

1. Укладку заготовленных в нужный размер заготовок на монтажный стол, где происходит формирование каркаса.
2. Сборку каркаса и его перемещение в автоматическом или ручном режиме на стол облицовки поверхности с одной стороны.
3. Перемещение панели на кантовующий стол для последующего формирования противоположной поверхности.
4. Окончательную сборку панели с укладкой утеплителя (минеральная вата или пенополистирол) на столе с передвижным мостом с устройством заколачивания гвоздей.

Общий вид технологической линии по производству стеновых панелей для строительства каркасных деревянных домов показан на рис. 84.

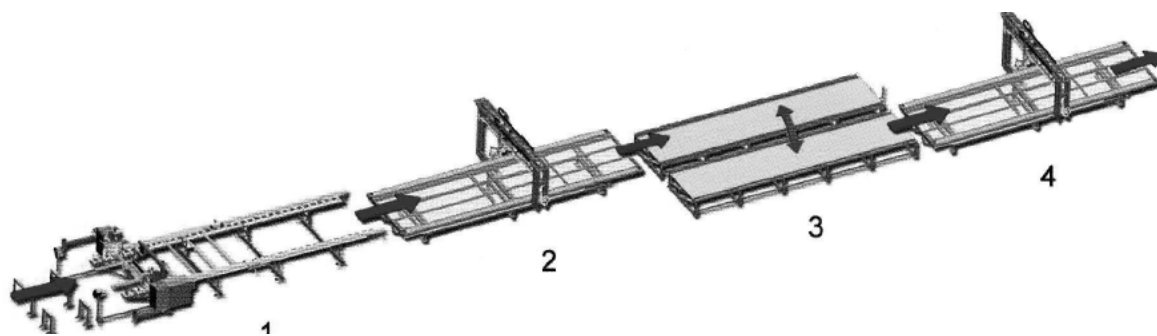


Рис. 84. Схема линии по выпуску стеновых панелей:  
1 – центр изготовления каркасов; 2 – стол для сборки каркасов;  
3 – стол для кантования панели;  
4 – стол для финишной сборки каркасов

## Контрольные вопросы

1. Классификация лесопильного оборудования для продольной распиловки бревен. Критерии выбора лесопильных рам.
2. Какие технологические параметры лесопильных рам необходимо учитывать в технологических расчетах?
3. Какие типы ленточнопильных станков могут быть использованы для распиловки мерзлых бревен?
4. Какие операции включает процесс производства технологической щепы?
5. Какое оборудование входит в комплект технологической линии по производству деталей домов из оцилиндрованного бревна?
6. Виды производственного потока. Какие параметры влияют на величину ритма потока?
7. Типы производственных единиц лесопильно-деревообрабатывающих предприятий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предприятия лесопромышленного комплекса (ЛПК) формируют одну из ведущих отраслей отечественной экономики. О важном значении лесной отрасли свидетельствует доля, занимаемая продукцией ЛПК в общем объеме промышленного производства и экспорта: более 3 % основных фондов промышленности и около 5 % от внешнеторгового оборота страны [1]. В состав ЛПК входят лесозаготовительные, деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные предприятия, от ритмичной работы которых зависит ресурсное обеспечение многих секторов экономики – строительства, производства мебели, спортивного инвентаря и музыкальных инструментов, судостроения и др.

Трудно представить себе отрасль промышленности, в которой не применяется древесина или изделия из нее. Это обуславливает высокую потребность отечественной экономики в инженерах-технологах деревообрабатывающих производств, способных обеспечить надлежащее функционирование и развитие технологий производства лесоматериалов, деревянных строительных изделий, конструкций и домов, мебели, фанеры, бумаги и огромного числа других древесных материалов (общее количество выпускаемых из древесины изделий и материалов превышает 20 тысяч наименований!).

В рамках дисциплины «Введение в профессию» студент изучает проблематику и перспективы в области развития деревообрабатывающих производств. Цель дисциплины заключается в формировании осознанного интереса студентов к будущей профессии, в развитии задач и перспектив лесоперерабатывающего комплекса страны, а также в создании предпосылок для успешного освоения общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с учебным планом.

В ходе изучения дисциплины обучающиеся знакомятся со спецификой выбранной профессии, наличием мест трудоустройства применительно к региональным условиям. Знания, полученные при прохождении курса, направлены на выработку навыков, позволяющих студенту проводить обоснованный анализ состояния лесопромышленного комплекса и отдельных направлений его развития в различных регионах страны, а также выявлять пути его совершенствования с учетом комплексной переработки древесины.

В результате изучения дисциплины студент должен знать: состояние лесопромышленного комплекса России и перспективы его развития; особенности химического и физического состава древесины, способствующие её использованию в различных отраслях промышленности; основные виды лесопродукции и ее характеристики; современные способы переработки древесины; состояние отечественной производственной базы для выпуска продукции переработки древесины; важнейшие региональные предприятия отрасли; номенклатуру основного оборудования для обработки древесины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Промышленность России [Текст]. – М.: Госкомстат России, 2002. – 102 с.
2. Официальный сайт ПГУАС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://www.pguas.ru/>]
3. Калитиевский, Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент [Текст] / Р.Е. Калитиевский. – СПб.: ПрофиКС, 2008. – 496 с.
4. Стратегия развития лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности на период до 2010 года. – М.: Минпромнауки, 2001. – 150 с.
5. Чубинский, А.Н. Основы проектирования предприятий. Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств [Текст] / А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, Т.А.Шагалова. – СПб.: СПГЛТА, 2010. – 169 с.
6. Официальный сайт правительства Пензенской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.penza.ru>. – Лесной план Пензенской области [Текст] / НИО «Волжский институт леса». – Саратов, 2011. – 466 с.
7. Азаров, В.И. Химия древесины и синтетических полимеров [Текст] / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская.– СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
8. Рыбьев, И.А. Общий курс строительных материалов [Текст] / И.А. Рыбьев, Т.И. Арефьева, С.Н. Баскаков. – М.:Высш. шк., 1987. – 584 с.
9. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>
10. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование [Текст]: учеб. для вузов /П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
11. Береговой, В.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины [Текст]: практикум /В.А. Береговой, Г.Ф. Ларина.– Пенза: ПГУАС, 2011. – 92 с.
12. Нуч, В. Деревообработка [Текст]: справочник / В. Нуч. – М.: Техносфера, 2007. – 848 с.
13. Ли, Г. Справочное руководство по эпоксидным смолам [Текст] / Г. Ли, К. Невилл. – М., 1973. – 450 с.
14. Зимон, А.Д. Что такое адгезия [Текст]/А.Д. Зимон. – М: Наука, 1983. – 176 с.

15. Хрулев, В.М. Производство конструкций из дерева и пластмасс / В.М. Хрулев. – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с.
16. Мэттьюз, Ф. Композитные материалы. Механика и технология / Ф.Мэттьюз, Р. Ролингс. – М.: Техносфера, 2004. – 408 с.
17. Рыкунин, С.Н. Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств [Текст]: учеб. пособие / С.Н. Рыкунин, Ю.П. Тюкина, В.С. Шалаев. – М.: МГУЛ, 2007. – 225 с.
18. Редькин, Л.К. Технология и оборудование лесозаготовок [Текст] / Л.К.Редькин, В.Д. Никишов. – М.: МГУЛ, 2010. – 178 с.
19. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудования лесозаготовительного производства [Текст] / Ю.А. Ширнин, А.Н. Чемоданов, А.Ю. Ширнин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 95 с.
20. ГОСТ 3808.1–80. Пиломатериалы хвойных пород. Атмосферная сушка и хранение [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2000. – 9 с.
21. ГОСТ 7319–80. Пиломатериалы лиственных пород. Атмосферная сушка и хранение [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2000. – 19 с.
22. ГОСТ 18288–87. Производство лесопильное. Термины и определения [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2005. – 10 с.
23. Волынский, В.М. Это удивительно полезные ДВП [Текст] / В.М. Волынский // Леспром. Информ. – 2011. – № 2, – С.132–134.

## ГЛОССАРИЙ

ВТО (влаготеплообработка) – промежуточный этап режима сушки, в котором производится умеренное увлажнение древесины с целью снятия внутренних напряжений и сохранения целостности.

ДВП (древесно-волокнистые плиты) – материал, получаемый горячим прессованием массы, состоящей из целлюлозных волокон, воды, синтетических полимеров и специальных добавок.

ДСтП (древесно-стружечные плиты) – материал, получаемый горячим прессованием массы, состоящей из древесных стружек, воды, синтетических полимеров и специальных добавок.

ЛВЛ (LVL) – брус из клееного шпона, изготовленный склеиванием нескольких слоев лущеного шпона хвойных пород толщиной 3 мм, причем волокна древесины смежных слоев располагаются параллельно.

ЛК РФ (Лесной кодекс Российской Федерации) – кодифицированный нормативно-правовой акт, являющийся основным источником, регулирующим отношения в сфере лесопользования в России.

ЛПК (лесопромышленный комплекс) – совокупность отраслей российской промышленности, связанных с заготовкой и переработкой древесины.

МДФ (MDF) – древесно-стружечная плита средней плотности (с англ. Medium Density Fibreboard), изготавливаемая методом сухого прессования мелкодисперсной древесной стружки при высоком давлении и температуре.

ОСП (OSB) – многослойный (3...4 слоя) композиционный материал, состоящий из древесной стружки, склеенной смолами с добавлением синтетического воска и борной кислоты. Стружка в слоях плиты имеет преимущественную ориентацию: в наружных – продольную, во внутренних – поперечную.

ХДФ (HDF) – древесно-волокнистая плита высокой плотности (с англ. High Density Fiberboard). Современный прочный и высокоплотный древесно-композитный материал (800...1050 кг/м<sup>3</sup>), получаемый путем высокотемпературного прессования измельченных древесных волокон деревьев хвойных пород. Широко применяется в мебельной промышленности и производстве строительных материалов для устройства полов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ.....   | 3   |
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 5   |
| 1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ<br>ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЛПК.....   | 8   |
| 1.1. Лесные ресурсы и древесные материалы.....   | 8   |
| 1.2. Экономические предпосылки для развития отечественного<br>ЛПК.....                                 | 13  |
| 1.3. Лесные ресурсы и лесопромышленный комплекс<br>Пензенской области.....                             | 15  |
| 2. Особенности древесного сырья.....   | 25  |
| 2.1. Микроструктура и химический состав.....   | 25  |
| 2.2. Основные свойства древесины.....  | 33  |
| 3. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ<br>ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ.....   | 42  |
| 3.1. Классификация полимеров.....  | 42  |
| 3.2. Клеи для соединения древесных материалов.....   | 47  |
| 3.3. Механизм формирования клеевого соединения.....  | 57  |
| 4. ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ.....  | 61  |
| 4.1. Основные термины и понятия.....   | 61  |
| 4.2. Элементы проектирования лесосечных работ.....   | 65  |
| 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ<br>ДРЕВЕСИНЫ.....   | 78  |
| 5.1. Атмосферная сушка пиломатериалов.....   | 78  |
| 5.2. Камерная сушка.....   | 83  |
| 5.3. Защита древесины от загнивания и поражения насекомыми ..  | 91  |
| 6. ВАЖНЕЙШИЕ ВИДЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ<br>ИЗ ДРЕВЕСИНЫ.....  | 94  |
| 6.1. Пиломатериалы.....  | 96  |
| 6.2. Плитные древесные материалы.....  | 99  |
| 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ<br>ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА.....                                      | 114 |
| 7.1. Специфика технологических процессов в области<br>лесопильно-деревообрабатывающих производств..... | 114 |
| 7.2. Классификация и принципы выбора оборудования для<br>производства пиломатериалов.....              | 116 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 139 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....  | 140 |
| ГЛОССАРИЙ.....   | 142 |

Учебное издание

Береговой Виталий Александрович  
Кислицына Светлана Николаевна  
Болтышев Сергей Алексеевич

ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
И ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ  
ВВЕДЕНИЕ В ПРОФЕССИЮ

Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова  
Верстка Т.А. Лильп

---

Подписано в печать 19.02.14. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 8,37. Уч.-изд.л. 9,0. Тираж 80 экз.  
Заказ №52.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.

