

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

В.А. Береговой

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
И ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ  
ПРОИЗВОДСТВ**

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

Пенза 2015

УДК 674.5/8  
ББК 37.132  
Б48

Рецензенты: доктор технических наук,  
профессор А.Н. Бормотов (ПГТУ);  
доктор химических наук, профессор  
В.Н. Вернигорова (ПГУАС)

**Береговой В.А.**

Б48 Проектирование лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств: учеб. пособие / В.А. Береговой. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 192 с.

Приведены учебно-методические и информационно-справочные материалы по курсу «Проектирование лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств». Систематизирована информация о современных методах проектирования технологических процессов в области лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств. Изложены методика и порядок проведения технико-экономического обоснования строительства предприятия, включая выбор места строительства. Дана методика многокритериального выбора и расчета технологического оборудования. Рассмотрены примеры технологических расчетов. Представлены материалы для курсового проектирования, а также вопросы для самоконтроля.

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

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015  
© Береговой В.А., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Проектирование лесозаготовительных и лесоперерабатывающих производств» направлена на подготовку бакалавров в области проектирования и строительства отраслевых технологических предприятий.

Изучение дисциплины способствует овладению следующими основными профессиональными компетенциями (ПК): способностью использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и изделий из древесины и древесных материалов (ПК-1); способностью применять современные информационные технологии, управлять информацией с использованием программ деловой сферы деятельности (ПК-2); готовностью обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4); способностью анализировать технологический процесс как объект управления (ПК-6); способностью определять стоимостную оценку основных производственных ресурсов (ПК-7); готовностью систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятия и формированию ресурсов предприятия (ПК-9); готовностью к кооперации с коллегами и работе в коллективе, к организации работы малых коллективов исполнителей (ПК-10); готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-12); способностью разрабатывать проекты изделий с учетом физико-механических, технологических, эстетических, экономических параметров (ПК-14).

В результате изучения курса студент должен знать:

- основные методики проектирования промышленных зданий;
- правила проведения инженерных изысканий при строительстве;
- основы проведения строительно-монтажных работ капитального строительства;
- основы составления проектно-сметной документации;
- технологическое проектирование;
- проектирование инфраструктуры предприятий.

## ВВЕДЕНИЕ

Современная тенденция развития науки и техники в деревоперерабатывающей промышленности заключается в активном внедрении автоматизированных технологических линий, основанных на масштабном использовании компьютеризированного обрабатывающего оборудования. Это предъявляет повышенные требования к знаниям обучающихся в областях, связанных с вариативным проектированием технологических потоков, включая системы САПР, а также к компетенциям в вопросах строительства производственных зданий, инженерных коммуникаций, экологии и экономики производства.

Специалисты должны освоить современные технологии обработки древесины и уметь грамотно решать вопросы проектирования лесопильно-деревоперерабатывающих производств.

Данный учебный курс обобщает и углубляет теоретические и практические знания, полученные обучающимися при изучении предшествующих специальных дисциплин, подготавливает их к завершающему этапу учебного процесса – выпускной квалификационной работе.

Особое внимание уделено комплексной переработке древесины и рациональному использованию отходов лесопильно-деревообрабатывающего производства, обеспечивающему повышение качества продукции, экономической эффективности производства и решение экологических проблем.

Кроме методических вопросов проектирования основных деревоперерабатывающих производств в учебном пособии приведены нормативные и руководящие материалы, объемно-планировочные решения, конструктивные схемы и элементы производственных зданий, рассмотрены порядок составления и утверждения проектно-сметной документации, а также требования к водоснабжению и водоотведению, вентиляции, освещению, противопожарным мероприятиям и охране окружающей среды.

При подготовке пособия использованы материалы и рекомендации специализированных проектных организаций, а также материалы технической информации, периодических изданий и учебно-методической литературы.

В пособии приведены справочные данные и графические материалы, необходимые для проектирования.

# 1. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

## 1.1. Основные понятия и определения

В зависимости от уровня проектирования и сложности решаемых технических задач различают новое строительство, расширение, реконструкцию или техническое перевооружение предприятия.

Вид проекта указывается в его наименовании, в котором не допускается объединение понятий, например расширение и техническое перевооружение [1].

При *новом строительстве* осуществляется возведение комплекса объектов основного и обслуживающего назначения, которые после ввода в эксплуатацию будут находиться на самостоятельном балансе. Новое строительство, как правило, реализуется на свободных площадях с целью создания производственных мощностей. К новому строительству относится также строительство на новой площадке предприятий такой же или большей мощности взамен ликвидируемого предприятия, дальнейшая эксплуатация которого по тем или иным причинам признана нецелесообразной.

*Расширение действующих предприятий* производится с целью увеличения производственных мощностей и заключается в строительстве дополнительных производств на ранее созданном предприятии, включая возведение новых или расширение существующих цехов на имеющейся или примыкающей к предприятию территории. К этому виду проектирования относят также строительство филиалов, которые после ввода в эксплуатацию не будут находиться на самостоятельном балансе.

Расширение предприятия позволяет достичь увеличения объема и номенклатуры выпускаемой продукции в более сжатые сроки и при меньших затратах по сравнению с новым строительством.

К *реконструкции* относится переустройство существующих промышленных объектов, продиктованное необходимостью усовершенствования технологии и повышения технико-экономических и экологических показателей производства и проводимое без увеличения численности работающих.

При реконструкции может осуществляться частичное расширение отдельных зданий в тех случаях, когда новое оборудование не может быть размещено на существующих площадях. Реконструкция позволяет частично улучшить основные технико-экономические показатели предприятия с меньшими затратами и в более сжатые сроки, чем при строительстве новых или расширении действующих предприятий.

*Техническое перевооружение* действующих предприятий – комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня всего предприятия или отдельных производств. Техническое перевооружение, как правило предусматривает установку на существующих производственных площадях дополнительного оборудования и машин, внедрение автоматизированных

систем управления и контроля, модернизацию и техническое переустройство природоохранных объектов, отопительных и вентиляционных систем, присоединение предприятий, цехов и участков к централизованным источникам тепло- и электроснабжения. При этом допускаются частичная перестройка (усиление несущих конструкций, замена перекрытий, изменение внутренней планировки зданий и др.); расширение существующих производственных зданий и сооружений, обусловленное габаритами размещаемого нового оборудования; расширение существующих или строительство новых объектов подсобного и обслуживающего назначения (складское хозяйство, компрессорные, котельные, кислородные станции и др.), если это необходимо в связи с техническим перевооружением предприятия.

## 1.2. Основные участники капитального строительства и типы проектов

В соответствии с возложенными функциями основными участниками капитального строительства являются заказчик, застройщик, проектировщик, а также подрядные и субподрядные организации.

Заказчик – юридическое или физическое лицо, принявшее на себя функции организатора строительства объекта, начиная от разработки технико-экономического обоснования (ТЭО) и заканчивая сдачей объекта в эксплуатацию или выходом объекта строительства на проектную мощность. Основной задачей заказчика является сооружение объекта и ввод его в эксплуатацию в наиболее короткие сроки [2, 3].

Застройщик – юридическое или физическое лицо, обладающее правами на земельный участок под застройку. При строительстве промышленных объектов часто происходит совмещение функций заказчика и застройщика. В этом случае заказчик-застройщик выполняет следующие основные функции: участвует в разработке планов строительства, формирует исходные данные для выработки проектно-сметной документации, заключает договоры на выполнение проектно-исследовательских, конструкторских и научно-исследовательских работ, обеспечивает финансирование строительства и поставку необходимого оборудования, осуществляет контроль за строительством, предъявляет приемочной комиссии законченные и подготовленные к эксплуатации объекты.

Подрядчик (генеральный подрядчик) – строительно-монтажная организация, осуществляющая по договору подряда или контракту строительство промышленного объекта. Генеральный подрядчик несет ответственность перед заказчиком за строительство объекта согласно условиям договора и в соответствии с проектом.

Генеральный подрядчик по согласованию с заказчиком может привлекать на условиях субподряда к выполнению отдельных видов работ

субподрядные строительные и монтажные специализированные организации. Ответственность за качество и сроки выполненных работ субподрядными организациями перед заказчиком несет генеральный подрядчик. Главной целевой задачей подрядчика является рентабельность работ.

Проектировщик – это проектная, проектно-изыскательская или научно-исследовательская организация, осуществляющая по договору с заказчиком разработку проектно-сметной документации, включая проведение инженерных изысканий для строительства, научно-исследовательские работы по разработке новых строительных и технологических решений, а также опытных образцов оборудования для нового вида продукции.

Генеральный проектировщик отвечает за качество проекта, технико-экономические показатели, правильность выполнения подрядной организацией строительства. Для контроля проектных решений в процессе строительства генеральная проектная организация осуществляет авторский надзор.

При проектировании предприятий необходимо комплексно решать технические, экономические и организационные задачи [1].

*К основным экономическим задачам* проектирования относятся обоснование месторасположения проектируемого объекта, сырьевой базы, производственной программы, рынков сбыта продукции, выбор источников снабжения необходимыми ресурсами, оценка экономических показателей.

*Основными техническими задачами* являются: разработка технологии изготовления продукции; определение типа и потребного количества технологического оборудования; расчет удельного расхода сырья и энергии; проектирование инженерных систем; установление оптимальных размеров, форм и типов зданий; разработка схемы генерального плана предприятия; разработка мероприятий по охране окружающей среды, технике безопасности и защите от пожара.

*Организационные задачи* включают в себя организацию строительства предприятия, структуры управления, рациональной организации труда и рабочих мест.

Весь комплекс задач решается только в процессе проектирования нового предприятия, а в проектах, связанных с расширением, реконструкцией или техническим перевооружением, ряд задач исключается.

Процесс проектирования осуществляется на основе общих принципов проектирования, важнейшими из которых являются последовательность, комплексность, вариантность и нормативность [4].

*Принцип последовательности* предусматривает осуществление процесса проектирования путем его разделения по масштабным уровням: от вопросов отраслевого планирования, составления задания на проектирование и последующей детализации проекта до стадии рабочей документации.

*Принцип комплексности* предполагает системность проектных решений и подходов к решению задач, когда в проекте осуществляется взаимная

увязка всех частей проекта – технологической, архитектурно-строительной, санитарно-технической, энергетической, транспортной и др.

*Принцип вариантности* заключается в разработке нескольких вариантов решения на каждом этапе выполнения проекта. Оптимальный из них выявляется путем всесторонней оценки по комплексу главных критериев, наиболее полно отвечающих заявленным требованиям.

*Принцип нормативности* состоит в использовании утвержденных норм проектирования, что минимизирует риски принятия необоснованных решений.

Проект может быть типовым или индивидуальным. Использование типовых проектов обеспечивает значительное сокращение сроков и снижение стоимости проектных работ. Типовые проекты базируются на современных конкурентоспособных технологиях и многократно апробированных технических решениях.

Выбор типового проекта начинается с просмотра существующего перечня. В процессе привязки типового проекта к конкретным условиям проектируемого предприятия в него вносят определенные изменения (замена оборудования, строительных конструкций и др.) [1].

Индивидуальные проекты разрабатываются только при отсутствии типовых, удовлетворяющих заявленным требованиям (например, выпуск принципиально новой продукции, использование новой технологической линии и т.д.). Однако в них, наряду с оригинальными решениями, используется множество решений, заимствованных из типовых аналогов.

### 1.3. Проектные организации и основные стадии проектирования

Проектные работы выполняются государственными или частными специализированными организациями, имеющими соответствующие лицензии. При участии в проектировании нескольких организаций назначается генеральный проектировщик – как правило, это организация-разработчик технологической части. На протяжении многих лет основными головными отраслевыми институтами являлись: ОАО «Гипродрев» (проектирование лесопильных, деревообрабатывающих и лесоперевалочных предприятий), ОАО «Гипродревпром» (проектирование мебельных, фанерных и плитных предприятий), ООО «Гипролеспром» (проектирование предприятий по производству ДСтП, стандартных деревянных домов), ГУП НИПКИдревплит (Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт древесных плит), УралНИИПдрев (Уральский научно-исследовательский институт переработки древесины), ЗАО ЦНИИФ (ЗАО «Центральный научно-исследовательский институт фанеры»), ОАО Научдревпром-ЦНИИМОД (ОАО «Центральный научно-исследовательский институт механической обработки древесины»), ГУП «Сенеж» (Государственное научно-производственное предприятие «Сенежская лаборатория защиты



древесины»), ГУП ЦНИЛХИ (Центральный научно-исследовательский и проектный институт лесохимической промышленности) и др.

Проектирование производится в соответствии с требованиями СНиП, а требования и рекомендации к содержанию обоснований для инвестиций в строительство указаны в строительных правилах [2, 3].

В инвестиционном цикле проектная подготовка строительства состоит из трех важнейших этапов.

Первый этап – определение цели инвестирования, назначения и мощности объекта строительства, номенклатуры продукции, места размещения объекта с учетом принципиальных требований и условий заказчика (инвестора). На этом же этапе анализируются имеющиеся данные об источниках финансирования, условиях и средствах достижения поставленной цели, проводится принципиальная оценка целесообразности инвестирования и сопутствующих рисков. С учетом принятых решений заказчик представляет ходатайство (декларацию) о намерениях и ожидает получения положительного решения местного органа исполнительной власти.

Второй этап связан с детальным обоснованием инвестиций в строительство, разработкой бизнес-плана (при необходимости) и получением предварительного согласования места размещения объекта (акта выбора участка).

На заключительном этапе с учетом решений, указанных в задании на проектирование, выполняются проектно-изыскательские работы и разрабатывается проектно-сметная документация. Проектирование выполняется в одну (рабочий проект) или в две стадии (проект и рабочая документация).

Основные стадии, этапы и результаты процесса проектирования промышленного объекта приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Стадии и этапы проектирования

Стадия	Этап	Результирующие документы
1. Предпроектная	1. Разработка декларации о намерениях	Декларация (ходатайство) о намерениях
	2. Обоснование инвестиций (разработка ТЭО)	Обоснование инвестиций в строительство объекта, акт выбора участка
2. Непосредственное проектирование объекта	1. Разработка проектно-сметной документации:	
	– в одну стадию	Рабочий проект
	– в две стадии	Проект и рабочая документация
	2. Согласование и утверждение проектной документации	Заключение экспертизы, решение об изъятии земельного участка под строительство
3. Авторский надзор	1. Надзор за производством строительно-монтажных работ	Акты приемки заказчиком объекта от подрядчика, решение приемочной комиссии, разрешение на эксплуатацию
	2. Участие в приемке законченных объектов	

## 1.4. Выбор места и инженерные изыскания на площадке под строительство

Основными документами для разработки ТЭО являются федеральные, региональные и отраслевые программы опережающего развития отдельных территорий страны, включающие схемы размещения производительных сил и специализацию промышленных узлов. При выборе месторасположения прорабатывается 2...3 альтернативных варианта, оптимальный из которых находят с учетом следующих факторов [1, 4]:

- 1) близость к промышленному району с необходимыми ресурсами и инфраструктурой;
- 2) расстояние до основных рынков сбыта и возможность производственной кооперации;
- 3) влияние на социальную, экономическую и экологическую ситуацию в регионе.

При оценке пригодности площадки под строительство анализируют:

1. Геометрические параметры: должны обеспечивать правильное размещение зданий по ходу производственного процесса, а также возможность расширения.
2. Рельеф площадки: минимальный объем земляных работ при планировке и естественный уклон поверхности для отвода сточных вод.
3. Естественное основание: способность выдерживать вес строительных конструкций и динамические нагрузки, возникающие при работе деревообрабатывающего оборудования.
4. Вероятность воздействия неблагоприятных природных факторов (паводковые воды, оползень, землетрясение и т.п.).
5. Месторасположение относительно селитебной застройки: площадка должна находиться с подветренной стороны.

В соответствии с действующими нормами проектные работы включают инженерные изыскания [5]. К основным видам инженерных изысканий относят инженерно-геодезические, инженерно-геологические и инженерно-гидрометеорологические.

Инженерно-геодезические изыскания проводят для получения топографо-геодезических материалов и данных, необходимых для разработки генерального плана объекта, а также для детализации проектных решений. При инженерно-геодезических изысканиях, выполняемых на уровне рабочих проектов непосредственно на площадках, осуществляют построение опорных геодезических сетей и топографическую съемку, выявляют опасные геологические процессы. На основании данных топографической съемки составляется план площадки в масштабе 1:500...1:2000, на котором наносят горизонтали с высотами сечения рельефа через 0,5...1 м [5]. На основе анализа полученных данных составляют ситуационные планы (карты-схемы) в масштабах 1:25000 и 1:5000, на которых наносят все

географические объекты, границы площадки, предполагаемые направления трасс и точки примыкания внешних коммуникаций, а также границы участков сельскохозяйственных угодий (рис. 1).

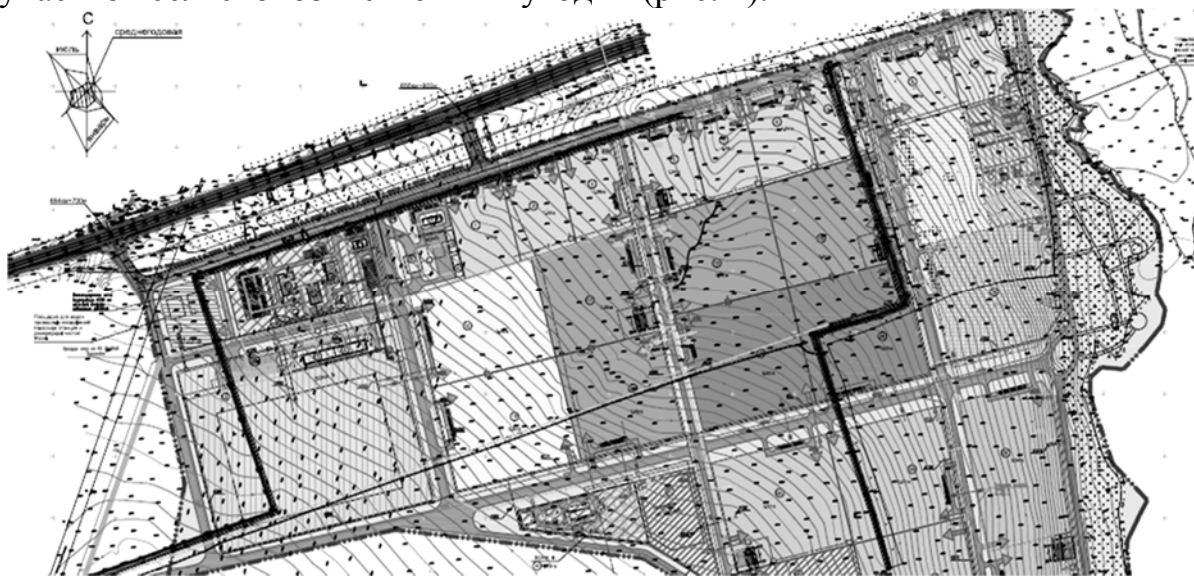


Рис. 1. Карта-схема планировки территории под промышленный объект

Ситуационный план является исходным документом для установления уклона площадки и взаимного расположения зданий проектируемого предприятия.

*Инженерно-геологические* изыскания на стадии рабочего проекта должны обеспечивать получение материалов, необходимых для обоснования разработки проекта предприятия, инженерных коммуникаций, включая компоновочные решения зданий, составления схем производства земляных работ и сооружений инженерной защиты.

В этих целях выполняют комплексное изучение инженерно-геологических условий выбранной площадки строительства и выделяют характерные геологические элементы, для которых определяют характеристики прочностных и деформационных свойств грунтов, а также устанавливают количественные параметры гидрогеологических процессов и степени агрессивности подземных вод к строительным материалам.

*Инженерно-гидрометеорологические* изыскания проводят в комплексе с инженерно-геологическими для прогнозирования подтопления территории, выявления потенциальных источников природного водоснабжения, глубины промерзания и др. Они формируются путем сбора и анализа многолетних данных по высоте поднятия и скорости течения воды, границам затопления, ледовым условиям, химическому составу воды, температурам наружного воздуха, величинам осадков, интенсивности солнечной радиации и глубине промерзания грунтов.

Обязательным элементом графической части является роза ветров – векторная диаграмма в форме многоугольника, в котором длины лучей,

выходящих из центра, пропорциональны повторяемости ветров разных направлений [6].

В табл. 2 приведены данные по повторяемости ветров для областного центра и городов Пензенской области.

Т а б л и ц а 2

Повторяемость направлений ветра

Населенный пункт	в январе, %								в июле, %							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Земетчино	9	6	5	24	17	19	11	9	16	11	9	11	5	13	15	20
Кузнецк	6	3	21	14	19	19	15	3	9	8	14	8	9	12	21	19
Пенза	9	3	3	20	29	14	6	16	18	6	7	12	10	10	11	26

Графическая интерпретация приведенных данных показана на рис. 2.

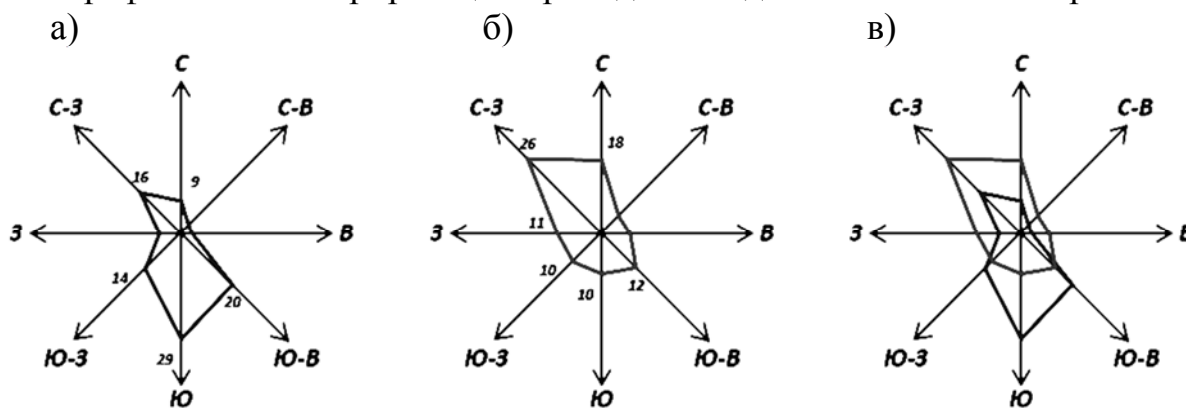


Рис.2. Диаграмма повторяемости направлений ветра (г. Пенза):  
а – январь; б – июль; в – совмещенная

### 1.5. Состав проектной документации

Градостроительный кодекс Российской Федерации устанавливает правила проведения работ по строительству и реконструкции предприятий с момента выполнения инженерных изысканий до выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию [7]. Проектная документация на объекте капитального строительства производственного назначения включает 12 разделов. Наименование и краткое содержание основных разделов приведены в табл. 3 [2, 8].

При разработке технологической части проекта лесозаготовительного или деревоперерабатывающего предприятия руководствуются отраслевыми нормами технологического проектирования (ОНТП) и государственными стандартами, соответствующими его профилю [8...23]. Для проектирования лесопильных предприятий используют ОНТП 07-86, для лесопереvalочных – ОНТП 04-85, а для лесозаготовительных и деревообрабатывающих цехов –

ОНТП 02-85 и ОНТП 02-86. С целью технического перевооружения лесопильных предприятий ЦНИИМОДом была разработана система машин и оборудования для лесопильных предприятий [24].

Т а б л и ц а 3

Основные разделы и содержание рабочего проекта

Раздел	Содержание
Пояснительная записка	Проектная мощность, характеристика продукции, потребность в ресурсах, показатели по генплану и инженерным сетям, сведения об использовании интеллектуальной собственности, укрупненные технико-экономические показатели
Технологические решения	Описание технологии производства, показатели трудоемкости изготовления продукции, топливно-энергетический и материальный баланс основных техпроцессов
Управление и создание условий труда	Анализ организационно-функциональной структуры управления предприятием, число и оснащенность рабочих мест, условия труда
Архитектурно-строительные решения	Инженерные условия площадки строительства, конструктивные и объемно-планировочные решения, мероприятия по технике безопасности
Инженерное оборудование	Решения по водоснабжению, теплоснабжению, газо- и электроснабжению, отоплению, вентиляции и т.д.
Организация строительства	Решения по технологии строительно-монтажных работ. Проект сноса существующих объектов
Охрана окружающей среды	Мероприятия по снижению выбросов при строительстве и эксплуатации объекта
Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны	Мероприятия по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
Сметная документация	Сводные расчеты стоимости строительства, сводка затрат, локальные сметы
Эффективность инвестиций	Оценка эффективности капиталовложений

### 1.6. Системы автоматизированного проектирования. Программное обеспечение САПР

Относительно недавно проектирование велось медленно и сопровождалось большими затратами труда, основанного на применении малопроизводительных технических средств. Низкое информационное обеспечение традиционного проектирования и высокая трудоемкость процесса создавали предпосылки для субъективной оценки проектных решений, основанной на опыте и интуиции конкретного проектировщика.

Производственная деятельность современных проектных организаций базируется на повсеместном использовании компьютерных технологий, позволяющих автоматизировать и ускорить работу, а также использовать

многовариантный подход в решении инженерных задач, что существенно повышает степень обоснованности принимаемых решений.

Специальные компьютерные программы в сочетании с техническими средствами для их реализации формируют системы автоматизированного проектирования (САПР).

САПР (англ. CAD, Computer Aided Design) – программный продукт, предназначенный для проектирования объектов производства и строительства, а также оформления конструкторской и технологической документации.

Компоненты многофункциональных систем САПР группируют в три основных блока CAD, CAM, CAE. Модули блока CAD предназначены для выполнения графических работ, модули CAM (Computer Aided Manufacturing) – для решения задач технологической подготовки производства, модули CAE (Computer Aided Engineering) – для инженерных расчетов, анализа и проверки проектных решений.

Одним из наиболее известных продуктов данного профиля является AutoCAD – САПР-платформа, на основе которой разработано множество современных приложений (Autodesk Architectural Desktop, Autodesk Building Systems и др.). За 30 лет, прошедших с момента разработки, AutoCAD морально устарел и применяется при разработке относительно несложных проектов.

В основе современных программ для проектирования лежит технология информационного моделирования зданий (BIM). BIM (Building Information Model) – это комплексный подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, предполагающий сбор и системный анализ в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации.

Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется как единое целое: изменение одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение всех связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика.

Важным результатом работы в САПР является оформление чертежей в соответствии с действующими стандартами и нормами системы проектной документации для строительства (СПДС). Для облегчения этого процесса используют программу auto.СПДС, база которой содержит более 3000 стандартных строительных элементов.

Ниже приведены характеристики современных САПР:

✓ ArchiCAD – одна из лучших систем архитектурно-строительного проектирования, обладающая инструментарием технологии BIM;

✓ Vocad-3D – мощная пространственная САД-система проектирования стальных и деревянных конструкций;

✓ Dietrichs – немецкий САПР/САМ для деревянных построек;

✓ CADdy – система среднего уровня, предназначенная для решения комплекса задач от стадии проектирования до стадии производства. В настоящее время CADdy включает более 80 модулей (архитектура, строительство, геодезия, машиностроение и др.);

✓ CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) – одна из распространенных САПР высокого уровня. Это комплексная система автоматизированного проектирования (CAD), технологической подготовки производства (CAM) и инженерного анализа (CAE), включающая в себя возможности 3D-моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой и графической информации. Система позволяет эффективно решать все задачи технической подготовки производства – от внешнего (концептуального) проектирования до выпуска чертежей и спецификаций.

✓ DesignCAD 3D Max – доступная в использовании программа плоского и объемного моделирования. С помощью этого приложения можно проектировать механические детали, 3D-модели объектов, двигатели и др.

✓ КОМПАС – система автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной документации по стандартам серии ЕСКД и СПДС. Специализированным программным продуктом для создания рабочей документации (чертежи, схемы, расчетно-пояснительные записки) в сфере промышленного и гражданского строительства является КОМПАС-СПДС.

✓ SolidWorks – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. Она представляет собой инструментальную среду, предназначенную для автоматизации проектирования сложных изделий в машиностроении и в других областях промышленности.

✓ ANSYS – универсальная программная система конечно-элементного (КЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет. Применяется в области компьютерного инжиниринга и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций. Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяют избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование – изготовление – испытания».

✓ Лира – отечественный программный комплекс для количественной оценки прочности и устойчивости строительных конструкций и их автоматизированного конструирования.

✓ bCAD – САПР по проектированию мебели, торгового оборудования и дизайну интерьеров.

✓ КЗ – система пространственного моделирования, включающая следующие линейки продуктов:

- КЗ-Коттедж – комплекс компьютерных программ для проектирования деревянных домов из оцилиндрованного бревна и профилированного бруса;

- КЗ-Мебель – программный комплекс в сфере производства корпусной мебели. КЗ-Мебель позволяет автоматизировать процесс оформления заказов и подготовки производственных заданий;

- БАЗИС – комплексная автоматизация проектирования технологической подготовки производства и реализации корпусной мебели;

- NormaCS и Техэксперт – информационно-справочные системы, содержащие нормативно-техническую документацию, действующую на территории РФ.

Наличие большого числа приведенных выше приложений свидетельствует о том, что в области проектирования зданий и сооружений САПР развивается очень динамично.

Перспектива дальнейшего развития САПР заключается в более глубокой интеграции программ в смежных направлениях, т.е. взаимосвязи между чертежными и расчетными приложениями. Это позволит в рамках одного приложения объединить процессы технологического и строительного проектирования, а также расчет сметы на строительство, элементов конструкций и др.

## 1.7. Принятие проектных решений

С позиции системного анализа проектное решение – это информационная модель объекта проектирования, которая в зависимости от степени детализации может быть общей, частной или элементарной. Принятие конкретного решения – наиболее сложный и ответственный этап проектной деятельности. Для решения сложных взаимосвязанных задач проектировщик рассматривает весь комплекс факторов в определенной последовательности: сбор информации, изучение состояния вопроса; позиционирование объекта относительно существующих аналогов; выработка целей проектирования с обоснованием способов их достижения; анализ альтернативных вариантов и обоснование наиболее оптимального из них. При проектировании используются различные подходы: анализ, синтез, аналогия и ассоциация, эмпатия, интуиция, инверсия, эвристика, моделирование, натурные испытания [25].

Большинство из приведенных выше подходов позволяет выработать субъективное решение, в основе которого лежат умение и компетентность конкретного специалиста. Для повышения уровня объективности необходимы комплексное исследование и сравнительная оценка всего множества проектных решений. Такой подход может быть реализован только с применением методов математического моделирования и анализа.



Технологические задачи являются поликритериальными, что вызывает необходимость производить сравнительную оценку каждого решения по целому ряду критериев оптимизации (качественных, количественных, экономических, технических, социальных, экологических и др.). В свою очередь, критерии могут быть разбиты на более мелкие составляющие. Например, в качестве составляющих технологического решения по выбору оборудования часто рассматривается совокупность следующих подкритериев: энергопотребление, производительность, стоимость, габаритные размеры заготовок, качество обработки, дополнительные требования к установке (необходимость прямков, фундаментов, инженерных коммуникаций и др.).

Методологическую основу решения многокритериальных технических задач дает системный подход, предусматривающий декомпозицию системы на отдельные подсистемы, их анализ и математическое описание.

При проектировании объектов, оцениваемых как качественно, так и количественно, для сравнения вариантов решений может быть использован метод экспертных оценок, основанный на обработке результатов опроса групп специалистов о предпочтительности решения по каждому признаку в отдельности и о приоритете признаков, по которым оценивается проектируемая система. Это дает возможность при соответствующей математической обработке мнений экспертов количественно оценить проектное решение в целом. Экспертная оценка может быть качественной (хуже, лучше или равно) или количественной (в баллах) [26].

### 1.7.1. Метод экспертных оценок

Метод экспертных оценок применяется для обоснования перспективных видов продукции, выбора технологии, оборудования, основных и вспомогательных материалов. Принципиально важным является решение вопросов правильной подготовки анкеты и обоснованного выбора экспертов. Анализ экспертных оценок заключается в следующем.

1. Расчет значения среднего квадратичного отклонения по каждому ряду ответов:

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}}, \quad (1)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2)$$

где  $x_{ij}$  – оценка  $j$ -го эксперта по  $i$ -му вопросу;

$m$  – количество экспертов.

Степень согласованности мнений экспертов по каждому вопросу возрастает с уменьшением величины  $S_{ij}$ . Для сравнения устойчивости оценок используют значение коэффициента вариации

$$v_{ij} = \frac{S_{ij}}{x_{ij}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Очевидно, что с уменьшением значения коэффициента вариации, степень согласованности экспертного мнения повышается. Используя элементы теории вероятности, имеем следующий ряд обеспеченности результата в зависимости от размаха границ интервала:

- ✓ при  $\bar{x}_{ij} - S_{ij}$  обеспеченность результата составляет 68 %;
- ✓ при  $\bar{x}_{ij} - 2S_{ij}$  обеспеченность результата составляет 97 %;
- ✓ при  $\bar{x}_{ij} - 3S_{ij}$  обеспеченность результата составляет 99,7 %.

В деревообрабатывающих производствах диапазон варьирования технических показателей, выраженный через  $v_{ij}$ , составляет 0,05...0,16. Достаточная гарантированность достижения результата наблюдается при обеспеченности 95% ( $S_{ij}=1,64$ ). В этом случае

$$x_{ij}' = \bar{x}_{ij} - 1,64S = \bar{x}_{ij} \cdot (1 - 1,64 \cdot v_{ij}), \quad (4)$$

где  $x_{ij}'$  – гарантированное значение показателя.

2. Определение верхней  $a_{ij\max}$  и нижней  $a_{ij\min}$  границ доверительного интервала рассеяния оценок:

$$a_{ij\max(\min)} = \bar{x}_{ij} \pm t_{k,p} \frac{S_{ij}}{\sqrt{m}}, \quad (5)$$

где  $t_{k,p}$  – критерий Стьюдента, определяемый по справочным таблицам в зависимости от числа степеней свободы ряда наблюдений  $k$  ( $k=m-1$ ) и доверительной вероятности  $p$ .

3. Определение коэффициента согласия экспертов:

$$K_{\circ} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\circ ij} \cdot m_{ij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad (6)$$

$$K_{\circ ij} = 1 - \frac{S_{ij}}{x_{ij}}, \quad (7)$$

где  $n$  – количество вопросов в анкете;

$m_{ij}$  – число оценок по  $i$ -му вопросу в каждом ряду.

Пример результатов обработки экспертных оценок по определению производства разных видов фанеры приведен в табл. 4 [25].

Т а б л и ц а 4

Экспертные оценки эффективности разных видов фанеры

Вид фанеры	Статистические показатели						$K_{\Sigma}$
	$x_{ij}$	$\bar{S}_{ij}$	$v_{ij}$	$a_{ijmin}$	$a_{ijmax}$	$K_{\Sigma ij}$	
На фенолформальдегидных клеях	2,6	0,71	27,3	2,1	3,1	0,73	0,79
На карбамидных клеях	2,0	0,13	6,5	1,9	2,1	0,94	
Большеформатная	2,8	0,4	16,7	2,51	3,19	0,84	
Квадратная	1,9	0,71	37,3	1,4	2,4	0,73	
Березовая	2,8	0,4	14,3	2,51	3,19	0,86	
Хвойная	2,8	0,4	14,3	1,3	2,3	0,86	
Ламинированная	2,9	0,13	4,5	2,8	3,0	0,96	
Шлифованная	2,5	0,5	20	2,15	2,85	0,80	
Нешлифованная	1,3	0,45	34,6	0,98	1,62	0,65	

Анализ данных, приведенных в табл. 4, показывает, что мнение экспертов является согласованным, так как выполняется условие  $0,5 \leq K_{\Sigma} \leq 1$ .

1.7.2. Метод ранжирования приоритетов

При принятии решений широко используется метод ранжирования приоритетов, основанный на экспертной оценке объектов с их последующей математической обработкой.

Сущность метода расстановки приоритетов заключается в бинарном качественном сравнении конкурирующих объектов с дальнейшим переходом на количественные оценки и с использованием конкретных значений показателей свойств конкурентов, а при их отсутствии – экспертных оценок.

Рассмотрим в качестве примера следующий случай. В конкурсе участвуют  $n$  объектов, характеризующихся по  $m$  показателям. Каждый  $i$ -й объект по  $j$ -му показателю имеет количественную оценку  $X_{ij}$ . Алгоритм процесса принятия оптимального решения приведен ниже [26].

1. Для качественного сравнения  $i$ -х объектов по  $j$ -м показателям составляют матрицы бинарных отношений размерами  $n \times n$  (табл. 5), в ячейки которых заносят соответствующие математические символы.

Т а б л и ц а 5

Матрица бинарных отношений

1	2	3	4	...	$n$
1	=	>	<	...	>
2	>	=	>	...	>
...	...	...	...	...	...
$n$	<	<	>	...	=

Общее количество матриц равно количеству сравниваемых показателей  $m$ . Затем таким же образом сравнивают сами показатели по их приоритетности (весомости) в оценке объектов. Для этого строят матрицу размером  $m \times m$ .

2. Переход к количественным оценкам осуществляют на основе имеющейся информации или с помощью балльной экспертной оценки. Для этого определяют соотношение:

$$K_j = \frac{X_{ij \max}}{X_{ij \min}}, \quad (8)$$

где  $X_{ij \max}$ ,  $X_{ij \min}$  – максимальная и минимальная оценки  $i$ -го объекта по  $j$ -му показателю.

По величине  $K_j$  определяют коэффициент  $\omega_j$ , а затем члены  $a_{ij}$  матриц смежности  $A_j$ , заменяющих матрицы бинарных отношений. Коэффициент  $\omega_j$  равен:

$$\omega_j = \left( \frac{K - 1}{K + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right) \cdot \beta_v, \quad (9)$$

где  $\beta_v$  – поправочный коэффициент, равный единице при первой итерации.

Члены  $a_{ij}$  матрицы смежности находят, заменяя математические символы ( $<$ ,  $=$ ,  $>$ ) на соответствующие значения, определяемые по выражению

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 + \omega & \text{при } X_{ij} > X_{ej} \\ 1 & \text{при } X_{ij} = X_{ej} \\ 1 - \omega & \text{при } X_{ij} < X_{ej} \end{cases} \quad (10)$$

Рассмотрим использование метода ранжирования приоритетов на примере выбора станка для обработки заготовок шириной до 160 мм [25]. Характеристики рассматриваемых станков приведены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Технические характеристики и стоимость станков

Условный номер модели станка	Мощность, кВт	Скорость подачи, м/мин	Максимальная ширина заготовки, мм	Цена, тыс. руб.
Станок № 1	20	6...12	230	778
Станок № 2	16	6...12	180	563
Станок № 3	44	6...45	200	905
Станок № 4	38	6...30	160	1700

1. Составляем матрицы бинарных отношений для сравнения оборудования по четырем показателям: потребляемой мощности (табл. 7), скорости подачи (табл. 8), ширине обрабатываемой заготовки (табл. 9) и цене (табл. 10).

Поскольку обработку заготовок размером до 160 мм могут выполнять все анализируемые станки, ячейки в табл. 7 заполняем с учетом минимального энергопотребления, т.е. станок с меньшей потребляемой мощностью имеет более высокий показатель.

Т а б л и ц а 7

Матрица сравнения энергопотребления

Сравниваемый показатель	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
X <sub>1</sub>	=	<	>	>
X <sub>2</sub>	>	=	>	>
X <sub>3</sub>	<	<	=	<
X <sub>4</sub>	<	<	>	=

Осуществляем переход к количественным оценкам на основе данных, приведенных в табл. 7. Для этого по формулам (8) и (9) рассчитываем значения двух коэффициентов:

$$K_1 = \frac{44}{16} = 2,74;$$

$$\omega_1 = \left( \frac{2,74 - 1}{2,74 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{4}} \right) \cdot 1 = 0,58.$$

При сравнении станков по второму показателю исходят из критерия производительности, который увеличивается с возрастанием скорости подачи (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Матрица сравнения скорости подачи

Сравниваемый показатель	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
X <sub>1</sub>	=	=	<	<
X <sub>2</sub>	=	=	<	<
X <sub>3</sub>	>	>	=	>
X <sub>4</sub>	>	>	<	=

Значения коэффициентов  $K_2$  и  $\omega_2$ , рассчитанные по формулам (8) и (9) с учетом данных табл. 6, равны:

$$K_2 = \frac{45}{12} = 3,75;$$

$$\omega_2 = \left( \frac{3,75 - 1}{3,75 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{4}} \right) \cdot 1 = 0,69.$$

Используя исходные данные и стремясь к увеличению типоразмеров выпускаемых изделий, производим сравнение станков по ширине обрабатываемой заготовки (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Матрица сравнения ширины обрабатываемой заготовки

Сравниваемый показатель	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
X <sub>1</sub>	=	>	>	>
X <sub>2</sub>	<	=	<	>
X <sub>3</sub>	<	>	=	>
X <sub>4</sub>	<	<	<	=

Значения коэффициентов  $K_3$  и  $\omega_3$ , рассчитанные по формулам (8) и (9) с учетом данных табл. 6, составят:

$$K_3 = \frac{230}{160} = 1,44;$$

$$\omega_3 = \left( \frac{1,44 - 1}{1,44 + 1} + \sqrt{\frac{0,05}{4}} \right) \cdot 1 = 0,29.$$

Сравнивая оборудование по стоимости, заполняем ячейки в табл. 10 для последующего расчета коэффициентов  $K_4$  и  $\omega_4$ .

Т а б л и ц а 10

Матрица сравнения по стоимости

Сравниваемый показатель	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
X <sub>1</sub>	=	<	>	>
X <sub>2</sub>	>	=	>	>
X <sub>3</sub>	<	<	=	>
X <sub>4</sub>	<	<	<	=

Члены матрицы смежности определяем по выражению (10), используя значения  $\omega_1, \dots, \omega_4$ . В таблицы заносят результаты расчетов приоритетов отдельных показателей, определяемых по зависимостям:

$$P_i(L) = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (11)$$

$$P_{ij}(L) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{i=1}^n P_{ij}(L)}. \quad (12)$$

Т а б л и ц а 11

Матрица смежности оборудования по энергопотреблению

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	$P_i(L)$	$P_{ij}(L)$
X <sub>1</sub>	1,0	0,42	1,58	1,58	4,58	0,29
X <sub>2</sub>	1,58	1,0	1,58	1,58	5,74	0,36
X <sub>3</sub>	0,42	0,42	1,0	0,42	2,26	0,14
X <sub>4</sub>	0,42	0,42	1,58	1,0	3,42	0,21

В качестве примера рассмотрим расчет показателей  $P_i(L)$  и  $P_{ij}(L)$ , приведенных в первой строчке:

$$P_i(1) = \sum_{i=1}^n a_{ij} = 1 + 0,42 + 1,58 + 1,58 = 4,58,$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{i=1}^n P_{ij}(L)} = \frac{4,58}{4,58 + 5,74 + 2,26 + 3,42} = 0,29.$$

Аналогичным образом рассчитывают значения показателей и их приоритеты в ячейках табл. 12, 13 и 14.

Т а б л и ц а 12

Матрица смежности оборудования по скорости подачи

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$P_i(L)$	$P_{ij}(L)$
$X_1$	1,0	1,0	0,31	0,31	2,62	0,16
$X_2$	1,0	1,0	0,31	0,31	2,62	0,16
$X_3$	1,69	1,69	1,0	1,69	6,07	0,38
$X_4$	1,69	1,69	0,31	1,0	4,69	0,29

Т а б л и ц а 13

Матрица смежности оборудования по ширине заготовки

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$P_i(L)$	$P_{ij}(L)$
$X_1$	1,0	1,29	1,29	1,29	4,87	0,30
$X_2$	0,71	1,0	0,71	1,29	3,71	0,23
$X_3$	0,71	1,29	1,0	1,29	4,29	0,27
$X_4$	0,71	0,71	0,71	1,0	3,13	0,20

Т а б л и ц а 14

Матрица смежности оборудования по стоимости

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$P_i(L)$	$P_{ij}(L)$
$X_1$	1,0	0,38	1,62	1,62	4,62	0,29
$X_2$	1,62	1,0	1,62	1,62	5,86	0,37
$X_3$	0,38	0,38	1,0	1,62	3,38	0,21
$X_4$	0,38	0,38	0,38	1,0	2,14	0,13

Для определения комплексного приоритета сначала необходимо установить коэффициенты весомости каждого показателя: потребляемой мощности, скорости подачи, ширины обрабатываемой заготовки и стоимости. Числовые значения коэффициентов весомости определяют по методу экспертных оценок.

Рассмотрим проведение анализа результатов экспертной оценки показателей станков на примере данных табл. 15.

Таблица 15

## Экспертная оценка весомости показателя [25]

Показатель	Экспертные оценки									Среднее значение	$K_{эij}$	$K_{э}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Энергопотребление	1	3	2	3	2	2	2	1	1	1,89	0,59	0,63
Скорость подачи	4	4	4	2	1	3	3	4	3	3,11	0,66	
Ширина заготовки	2	2	1	1	3	1	1	2	2	1,67	0,57	
Стоимость	3	1	3	4	4	4	4	3	4	3,33	0,69	

В качестве количественного значения весомости показателя принимаем средние оценки экспертов. Для определения приоритетов отдельных показателей заполняем матрицу бинарных отношений (табл. 16).

Таблица 16

## Матрица сравнения приоритетов показателей

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
$Y_1$	=	<	>	<
$Y_2$	>	=	>	<
$Y_3$	<	<	=	<
$Y_4$	>	>	>	=

Обработывая табличные данные с использованием зависимостей (8) и (9), строим матрицу смежности (табл. 17).

Таблица 17

## Матрица смежности для сравнения оборудования по стоимости

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$P_i(L)$	$P_{ij}(L)$
$Y_1$	1,0	0,56	1,44	0,56	3,56	0,22
$Y_2$	1,44	1,0	1,44	0,56	4,44	0,28
$Y_3$	0,56	0,56	1,0	0,56	2,68	0,17
$Y_4$	1,44	1,44	1,44	1,0	5,32	0,33

Для расчета комплексного приоритета станка заполняем сводную матрицу (табл. 18), используя для этого данные табл. 11...14 и 17. Величину комплексной оценки станка определяем по формуле

$$P_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} \cdot P_j \quad (13)$$

Таблица 18

## Сводная матрица

Условный номер модели станка	Приоритет станка по единичным показателям				Приоритет показателя		Комплексный приоритет станка
	1	2	3	4	номер	значение	
Станок № 1	0,29	0,16	0,30	0,29	1	0,22	0,255
Станок № 2	0,36	0,16	0,23	0,37	2	0,28	0,285
Станок № 3	0,14	0,38	0,27	0,21	3	0,17	0,252
Станок № 4	0,21	0,29	0,20	0,13	4	0,33	0,20



В качестве примера рассмотрим расчет значения комплексного приоритета станка №1 по формуле (13):

$$P_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} \cdot P_j = 0,29 \cdot 0,22 + 0,16 \cdot 0,28 + 0,3 \cdot 0,17 + 0,29 \cdot 0,33 = 0,255.$$

Аналогичным образом вычисляются значения комплексных приоритетов других станков.

Из приведенных данных следует, что максимальным приоритетом обладает станок № 2, который должен быть рекомендован в качестве базового варианта при формировании проектируемой технологической линии.

### Контрольные вопросы

1. Виды капитального строительства.
2. Основные участники осуществления процесса строительства.
3. Основные задачи и общие принципы проектирования.
4. Типы проектов.
5. Этапы и стадии проектирования.
6. Состав и содержание инженерных изысканий на площадке.
7. Основные преимущества систем автоматизированного проектирования.
8. Какими руководящими материалами пользуются при разработке технологической части проекта?
9. Какие организации занимаются разработкой норм технологического проектирования?
10. Алгоритм принятия проектных решений. Метод расстановки приоритетов.

## 2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 2.1. Проектирование древесных материалов

#### 2.1.1. Критерии качества древесных материалов

Многообразие продукции, вырабатываемой из древесного сырья, затрудняет ее четкую классификацию на отдельные группы по каким-либо признакам. Композиционные материалы из измельченной древесины, получаемые в результате вторичной (механохимической) переработки леса, составляют наиболее многочисленную по составу и важную для отрасли группу (рис. 3).

С позиции системного анализа композиционные древесные материалы являются сложными многокомпонентными технологическими системами с преимущественно стохастическим характером формирования структурных элементов, связанных с помощью сил, возникающих в результате твердения вяжущего вещества. На начальном этапе формирования структуры сырьевая смесь представляет собой многофазовую систему, в которой древесные частицы распределены в растворе вяжущего.

Управление качеством древесного композита (ДК) осуществляется посредством рецептурно-технологических факторов, подбираемых с учетом назначения материала, а также современного уровня техники и технологии.

При проектировании составов используют методологический подход, основанный на полиструктурной теории композиционных материалов, а также теории искусственных строительных конгломератов с элементами системного проектирования [27, 28].

В методику проектирования ДК входят следующие элементы системно-технического проектирования:

- *идентификация* разрабатываемого объекта согласно существующей классификации материалов данного функционального назначения с целью формулировки требований к создаваемым материалам и определения уровня их конкурентоспособности по основным технико-экономическим показателям;

- *анализ* возможных научно-технических путей (генерация альтернатив) достижения поставленной цели;

- *выбор вариантов рецептурно-технологических решений* с последующей формулировкой гипотез о видах вяжущего вещества и основных компонентах сырьевой смеси;

- *определение значений основных критериев оптимизации и допустимых уступок*, исходя из необходимости выполнения условий конкурентоспособности ДК по главным показателям (прочность, водостойкость, плотность, стоимость и др.);

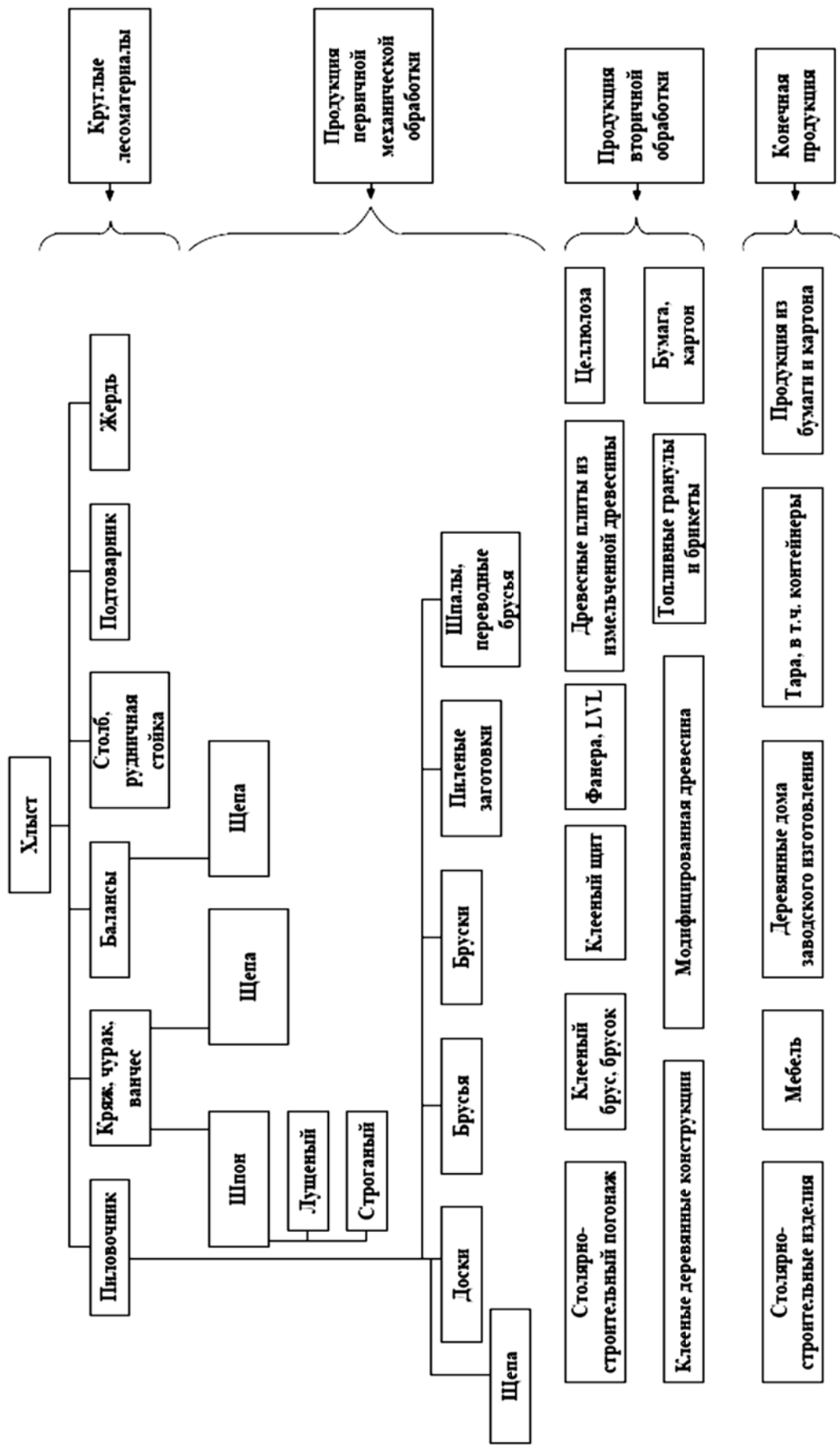


Рис. 3. Классификация древесной продукции [25]

- *предварительная компоновка основных подсистем ДК* для оценки перспектив реализации каждой и формулировка скорректированных предложений по составу и технологии. Проведение исследований для сбора информации о поведении отдельных компонентов подсистемы. Анализ полученных данных и выработка окончательных вариантов состава, структуры и технологии создаваемой системы;
- *оценка вариантов решений*, подготовленных на предыдущих этапах с позиции экономического и *временного* фактора; выбор наиболее предпочтительных вариантов;
- *формализация проектирования составов* путем алгоритмизации процесса выбора компонентов сырьевой смеси с учетом *основных критериев оптимизации*. Подготовка программного обеспечения.

При разработке составов и технологии изготовления ДК различного назначения целесообразно использовать полиструктурную теорию композиционных материалов, предусматривающую поэтапное проектирование композитов, начиная с уровня микроструктуры [27].

Схема разработки составов ДК, основанная на использовании указанных методологических подходов, приведена на рис. 4.

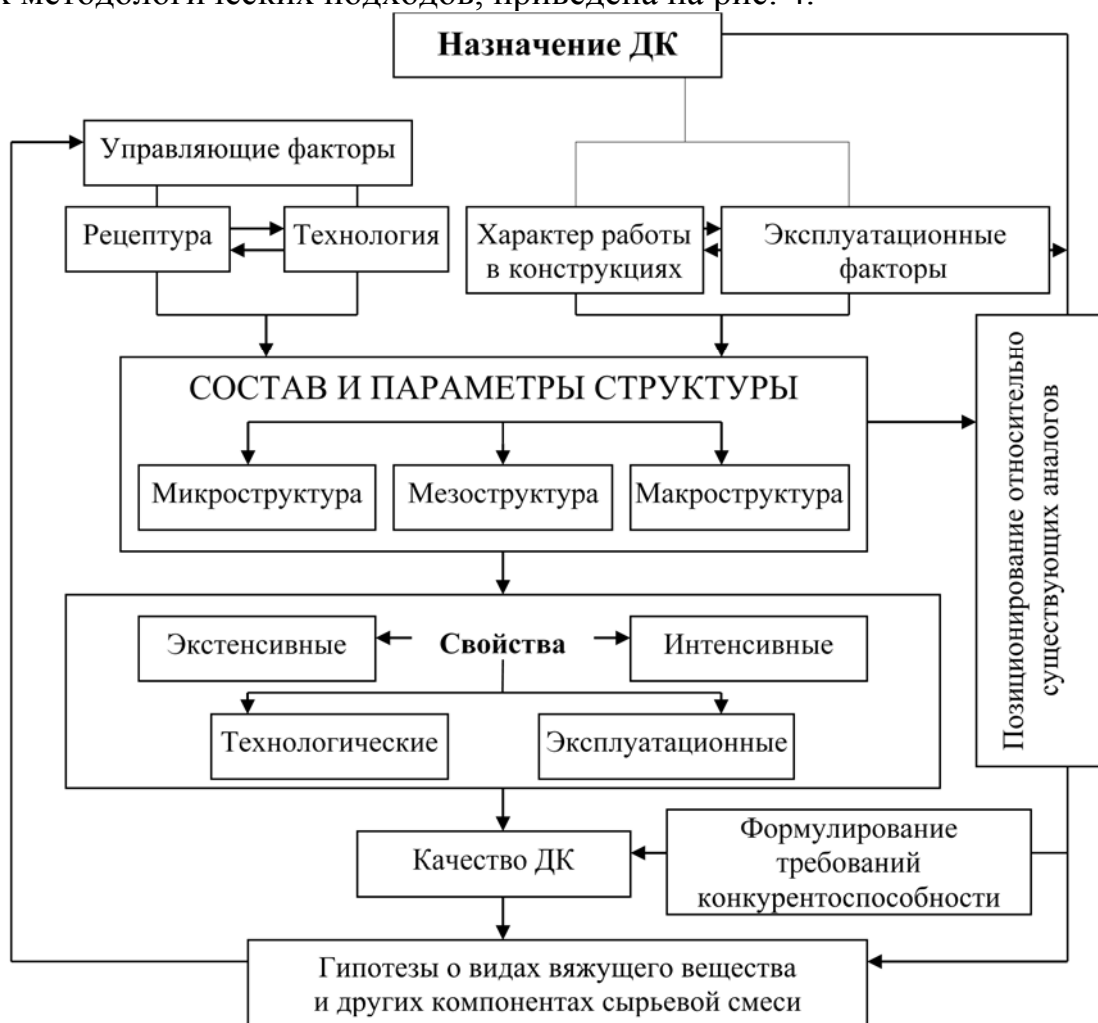


Рис. 4. Методология разработки составов древесных материалов: основные этапы

При проектировании ДК для каждого структурного уровня устанавливают показатели качества (рис. 5), на основании которых проводят их оптимизацию.

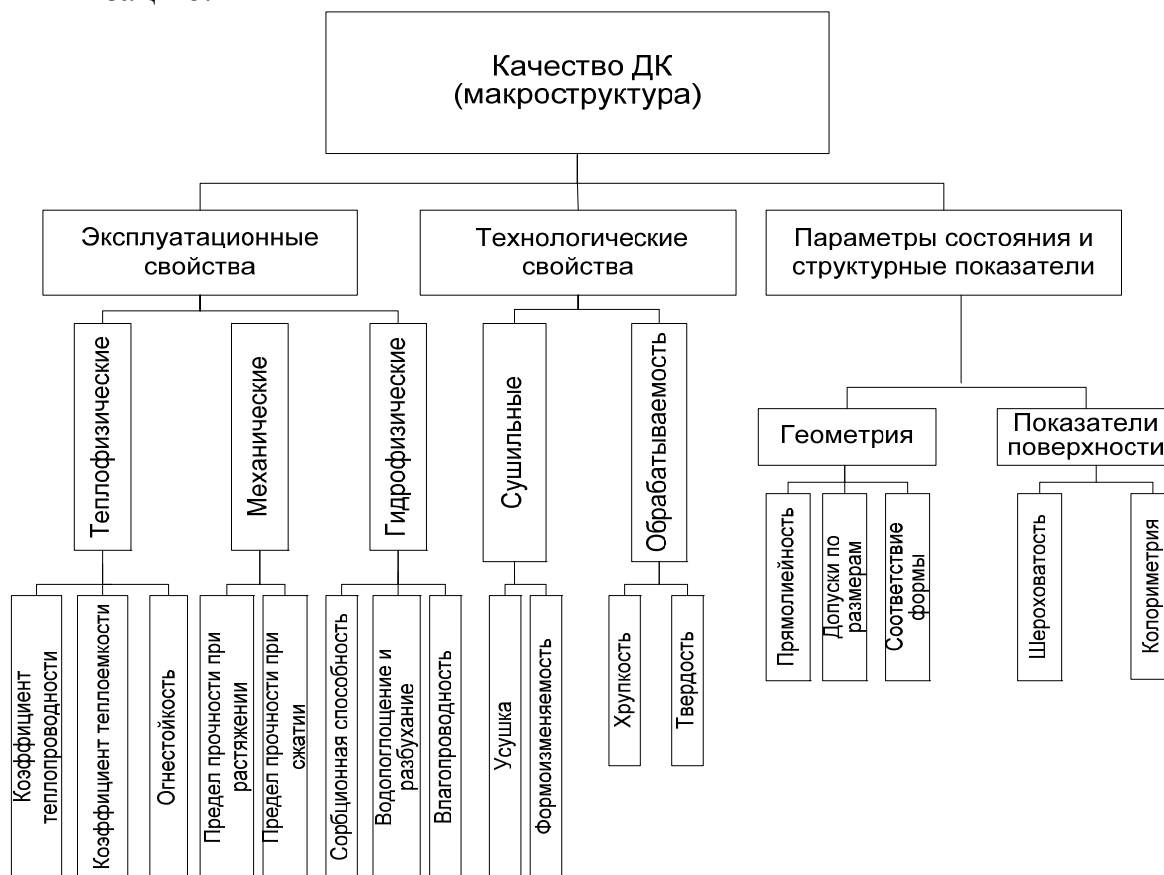


Рис. 5. Показатели качества макроструктуры ДК

Установление иерархии в группах управляющих рецептурных и технологических факторов, обеспечивающих получение ДК, осуществляют путем выделения основных технологических процессов и явлений, протекающих при структурообразовании материала. Это дает возможность произвести их декомпозицию до элементарных факторов с последующим ранжированием.

Определение коэффициентов весомости отдельных факторов можно провести методом экспертных оценок (см. разд. 2). При этом в качестве результатов опроса целесообразно рассматривать количество ссылок на интересующий показатель, приводимых в научно-технической литературе.

Для оценки эффективности взаимосвязи параметров микро- и макроструктуры целесообразно использовать прочностные показатели ДК.

С помощью методологического подхода, разработанного в теории искусственных строительных конгломератов [28] и предусматривающего доминирующее влияние свойств вяжущего вещества на качество получаемого на его основе материала, взаимосвязь параметров микро- и

макроструктуры и прочности ДК можно представить в виде графиков, приведенных на рис. 6.

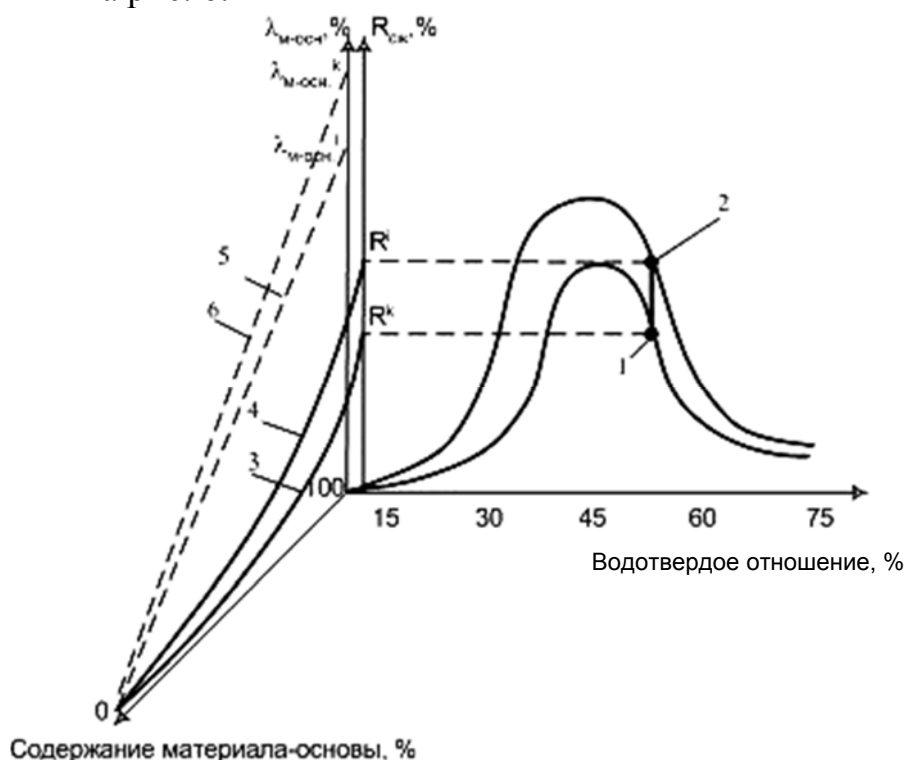


Рис. 6. Влияние управляющих рецептурно-технологических факторов на показатели прочности и влагостойкости ДК:  
 1, 2 – прочность материала-основы базового состава и нового (с добавкой модификатора); 3, 4 – прочность ДК на материал-основе базового состава и нового; 6, 5 – влагостойкость ДК на материал-основе базового состава и нового

Анализ графиков на рис. 6 позволяет сформулировать главный принцип, составляющий основу проектирования составов ДК. Он заключается в выработке управляющих рецептурно-технологических воздействий, обеспечивающих существенное повышение качества материала-основы (как правило, это прочность) при одновременном улучшении других приоритетных потребительских свойств древесного композита (например, влагостойкость).

### 2.1.2. Выбор приоритетов при проектировании составов

Для составов ДК обобщенный критерий оптимизации  $g_s$  выражается функцией от нескольких частных параметров  $g_i$ :

$$g_s = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \cdot g_i}{S_i}, \quad (14)$$

где  $S_i$  – коэффициент, обеспечивающий безразмерность критериального значения;

$\alpha_i$  – коэффициент весомости, учитывающий относительный вклад каждого критерия.

Процедура выбора оптимальной добавки сводится к максимизации обобщенного критерия:

$$x^* = \arg \max g_s(g_1(x) \dots g_n(x)), \text{ при } x \in X, \quad (15)$$

где  $x^*$  – наилучшая альтернатива;

$X$  – множество альтернатив.

Формирование обобщенного критерия при выборе компонентов материала-основы для изготовления ДК с заданными свойствами производится по следующим группам показателей:

- 1) эксплуатационные  $g_{эк}$ ;
- 2) технологические  $g_{тех}$ ;
- 3) технико-экономические  $g_{тэ}$ ,

а обобщенный критерий представляется в виде аддитивной функции:

$$g_s = a_i \cdot g_{эк} + a_j \cdot g_{тех} + a_k \cdot g_{тэ}, \quad (16)$$

где  $a_i + a_j + a_k = 1$ .

Группы технологических, эксплуатационных и технико-экономических свойств объединены в соответствующие критерии  $g_i$  (табл. 19) посредством мультипликативных функций

$$g_i = \prod_{i=1}^n \frac{\beta_i \cdot k_i}{S_i}, \quad (17)$$

где  $S_i$  – коэффициент, обеспечивающий безразмерность критериального значения;

$\beta_i$  – коэффициент, учитывающий относительный вклад каждого критерия;

$k_i$  – частные параметры.

Для минимизации субъективного фактора при выборе значений  $\alpha_i$  используется количественная оценка свойств нового ДК, формируемая в результате сравнения с аналогичными показателями близких аналогов (эталон, базовый состав). Выбор эталона производится путем позиционирования нового материала в сложившейся системе близких по составу и назначению древесных материалов.

Если в задании на проектирование составов предусмотрено предпочтение одной группы свойств над другой, то производится административное назначение коэффициентов  $\alpha_i$ ,  $\alpha_j$  и  $\alpha_k$ .

Параметры качества древесного композита

№	Параметр	Расчетная формула	Примечание
Технологический показатель $g_{тх}$			
1	Водоредуцирующий эффект	$k_{вр} = \frac{(B/T)^{эТ}}{B/T}$	$B/T^{эТ}$ , $B/T$ – базовый и новый состав: водотвердое отношение
2	Усиление эффекта пластификации	$k_{п} = \frac{\mu}{\mu^{эТ}}$	$\mu^{эТ}$ , $\mu$ – то же вязкость
Эксплуатационный показатель $g_{эк}$			
3	Коэффициент водостойкости	$k_{\lambda} = \frac{\lambda^{эТ}}{\lambda}$	$\lambda^{эТ}$ , $\lambda$ – базовый и новый состав: водостойкость
4	Коэффициент прочности	$k_R = \frac{R}{R^{эТ}}$	$R^{эТ}$ , $R$ – то же прочность
5	Коэффициент сорбции	$k_{\phi} = \frac{\phi^{эТ}}{\phi}$	$\phi^{эТ}$ , $\phi$ – то же гигроскопичность
6	Коэффициент огнестойкости	$k_R = \frac{T_{ст}}{T_{ст}^{эТ}}$	$T_{ст}^{эТ}$ , $T_{ст}$ – то же огнестойкость
Технико-экономический показатель $g_{тэ}$			
7	Коэффициент себестоимости	$Cб = \frac{\sum_{i=1}^n Cб_i^{эм}}{\sum_{i=1}^n Cб_i}$	$\sum_{i=1}^n Cб_i^{эм}$ , $\sum_{i=1}^n Cб_i$ – стоимость компонентов базового и нового состава, $n$ – кол-во компонентов; $Cб_i$ – себестоимость $i$ -го компонента
8	Энергоемкость технологии	$k_{э} = \frac{\sum_j T_{j,эм} \cdot t_{j,эм}}{\sum_i T_i \cdot t_i}$	$T_{j,эм}$ , $t_{j,эм}$ и $T_i$ , $t_i$ – энергоемкость и продолжительность стадий технологического процесса базового и нового состава

## 2.2. Проектирование производственных систем

В основе проектирования производственных процессов лежат следующие принципы, определяющие выбор типа и количества, а также схемы размещения оборудования в цеху:

- специализация технологических потоков;
- прямоточность (кратчайший путь) движения заготовок;
- гибкость процесса (выпуск в одном потоке расширенной номенклатуры);
- пропорциональность (кратность производительности оборудования);
- непрерывность (отсутствие буферных магазинов);
- параллельность – одновременность изготовления комплекта деталей;



– ритмичность (выпуск продукции через определенный временной интервал).

Структурная схема типового производственного процесса на деревообрабатывающем предприятии показана на рис. 7.



Рис. 7. Структура типового производственного процесса [25]

В соответствии со структурной схемой общая продолжительность производственного цикла складывается из затрат времени на выполнение основных технологических операций, транспортировку, контроль качества и складирование.

Так, например, продолжительность производственного цикла изготовления погонажа из обрезной доски формируется из следующих временных затрат:

1. Сушка и кондиционирование древесины для обеспечения влажности 8...12 % и снятия внутренних напряжений.
2. Перемещение пиломатериалов к торцовочному станку.
3. Выбраковка дефектных участков после сушки.
4. Транспортировка пиломатериалов к четырехсторонним станкам.
5. Вскрытие внутренних дефектов, формирование базовых плоскостей для сращивания, раскрой на заготовки определенной ширины.
6. Транспортировка заготовок к линии оптимизации (или торцовочному станку проходного типа).
7. Получение бездефектных заготовок различной длины для последующего сращивания.
8. Транспортировка к линии сращивания.
9. Фрезерование торцов заготовок «на зубчатый шип», нанесение клея толщиной 0,1...0,3 мм на шипы и сращивание по длине бездефектных заготовок в плеть длиной до 12 м.

10. Транспортировка к четырехстороннему продольно-фрезерному станку.

11. Обработка для получения заданного профиля и требуемой чистоты поверхности погонажного изделия.

12. Транспортировка к торцовочному станку.

13. Чистовая торцовка изделий с целью получения погонажа необходимой длины.

14. Транспортировка к упаковочной линии.

15. Упаковка изделий для обеспечения качества при транспортировке и хранении.

Как видно из вышеприведенного перечня, транспортировка является наиболее часто встречающейся операцией производственного цикла, однако основные затраты времени приходятся на сушку пиломатериалов (от 3 до 9 сут).

Технологические операции, проводимые в рамках производственного цикла различных деревообрабатывающих (д/о) предприятий, показаны на рис. 8.



Рис. 8. Специфика технологических операций на различных деревообрабатывающих предприятиях

В зависимости от вида д/о производства типовые задачи формулируются следующим образом:

- *Лесопильное производство:*

- обоснование объемного, качественного и сортиментного выхода пиловочника из хлыста и оптимизация его раскроя;

- обоснование объемного, качественного и сортиментного выхода пиломатериалов и оптимизация раскроя;
- назначение режимов гидротермической обработки и сушки древесины;
- оптимизация раскроя пиломатериалов на заготовки;
- исследование сортообразования пиломатериалов;
- исследование факторов, определяющих точность и качество обработки пиломатериалов;
- обоснование материалов и параметров режимов огне- и биозащиты.
  - *Фанерное производство:*
    - обоснование количественного и качественного выхода шпона из чурака;
    - назначение режимов тепловой обработки древесины для лущения, а также сушки и склеивания шпона;
    - оптимизация толщины шпона;
    - исследование свойств фанеры и других клееных материалов из шпона;
    - обоснование рецептуры клеев и защитно-декоративных покрытий.
  - *Производство столярно-строительных изделий:*
    - обоснование объемного и качественного выхода заготовок из пиломатериалов;
    - исследование прочности, деформативности, надежности и долговечности деревянных конструкций и их отдельных составляющих;
    - исследование факторов, определяющих точность обработки и шероховатость поверхности деталей;
    - исследование тепло- и звукозащитных показателей оконных и дверных блоков;
    - обоснование рецептуры клеев и защитно-декоративных материалов.
  - *Производство мебели:*
    - обоснование художественных, эргономических и антропометрических показателей;
    - оценка механических показателей, надежности и долговечности отдельных элементов и изделий из них;
    - разработка рецептуры клеев и лакокрасочных материалов;
    - обоснование норм расхода сырья и материалов.

## 2.3. Алгоритм технологического проектирования производственных систем

Для описания, анализа и оптимизации проектов часто используют сетевые модели, представляющие собой разновидность ориентированных графов.

Важной задачей технологического проектирования производственных процессов является выбор оптимального варианта технологической схемы по критерию минимальной продолжительности выполнения всех операций.

Для решения таких задач производят построение «сетевой модели» – графической схемы, описывающей хронологическую последовательность выполнения отдельных операций. Сетевая модель также позволяет выявить работы, несвоевременное выполнение которых приводит к срыву графика производства комплекса операций в целом, и работы, которые могут быть отложены на некоторое время. Таким образом, обеспечивается рациональное планирование работы предприятия и его подразделений.

Основными элементами сетевой модели являются *работа* и *событие*. Различают действительную и фиктивную работы. Действительная работа выполняется с затратами трудовых и материальных ресурсов и является неделимой частью комплекса действий, предпринимаемых для решения заданной производственной задачи. Фиктивная работа – условный элемент структуры сетевого графика с нулевой продолжительностью, используемый исключительно для указания логической связи отдельных событий.

*Событие* – момент времени, когда происходит начало или окончание выполнения работы.

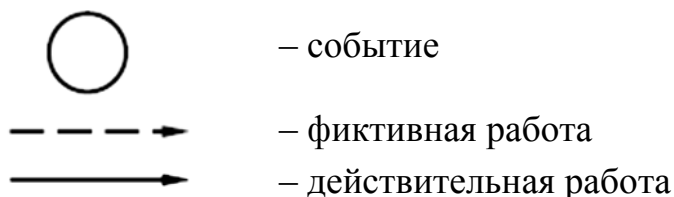
*Путь* – любая непрерывная последовательность между двумя событиями.

*Полный путь* – путь от исходного до завершающего события.

*Критический путь* – полный путь с наибольшей продолжительностью по времени.

Работами *первого ранга* называют такие, которые не опираются ни на какие другие работы. Работы *второго ранга* – это работы, опирающиеся хотя бы на одну из работ первого ранга. Работы *третьего ранга* – это работы, опирающиеся хотя бы на одну из работ второго ранга.

При построении сетевой модели используют следующие общепринятые обозначения:



При построении сетевой модели придерживаются следующих правил построения:

- 1) стрелки, изображающие работы, ориентируются слева направо;
- 2) индекс события соответствует индексу работы, завершением которой является данное событие;
- 3) построение модели начинают с построения нулевого события, соответствующего началу выполнения работ;
- 4) на нулевое событие опираются работы первого ранга;
- 5) работа не может быть построена раньше, чем все работы, на которые она опирается;
- 6) если две работы начинаются от одного события, то третья может начинаться только после завершения обеих. В модели должны быть введены фиктивная работа и еще одно событие, которым завершается одна из двух первых работ.

Например, пусть работа В опирается на работы А и Б (рис. 9). Из работ А и Б выбирают ту, которая заканчивается позднее (в нашем примере это работа Б). Тогда на сетевой модели стрелка работы В будет исходить из события, завершающего работу Б, а события, завершающие работы А и Б, будут соединены фиктивной работой.

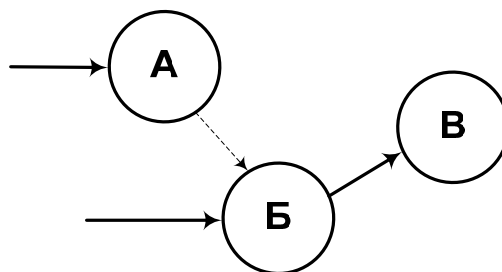


Рис. 9. Узел сетевой модели

- 7) на сетевой модели не может быть циклов;
- 8) стрелки на сетевой модели не должны пересекаться.

Для расчета сетевой модели вводят обозначения, приведенные на рис. 10.

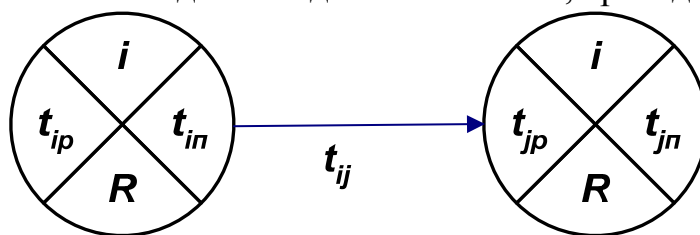


Рис. 10. Обозначения элементов сетевой модели:

$i$  – индекс события, с которого начинается работа;  $j$  – индекс события, которым заканчивается работа;  $t_{ij}$  – продолжительность работы;  $t_{ip}$  – ранний срок наступления события;  $t_{in}$  – поздний срок наступления события;  $R$  – резерв

*Ранний срок* наступления событий равен наибольшей суммарной продолжительности работ, ведущих к данному событию. Ранний срок наступления события первого ранга равен продолжительности соответствующей работы первого ранга. При построении сетевой модели с использованием оси времени ранний срок наступления события равен координате события на временной оси.

*Поздний срок* наступления завершающего события равен раннему. Для остальных событий поздний срок определяется вычитанием из продолжительности критического пути наибольшего по продолжительности пути, следующего за событием, т.е. из возможных поздних сроков наступления события выбирается наименьший.

*Резерв* события равен разности между поздним и ранним сроками наступления данного события:

$$R = t_{ip} - t_{ip} \quad (18)$$

*Критический путь* сетевой модели проходит через события с нулевым резервом.

*Подкритическими* называют полные пути, длина которых отличается от критических не более чем на 10 %.

Алгоритм расчета сетевой модели [28]:

1. Вычертить сетевую модель комплекса работ.
2. Рассчитать ранние сроки наступления событий, продвигаясь при этом от начального к завершающему событию.
3. Построить поздний срок наступления завершающего события, равный раннему.
4. Рассчитать поздние сроки наступления событий, продвигаясь в обратном порядке.
5. Рассчитать резервы событий.
6. Провести критический путь через события с нулевыми резервами.
7. Принять минимальную продолжительность выполнения всего комплекса работ равной длине критического пути.

В качестве примера рассмотрим технологический процесс изготовления крышки стола из ДСтП, облицованной натуральным шпоном [28]. Пусть имеется список операций, которые включает в себя данный технологический процесс (табл. 20). Требуется построить сетевую модель данного технологического процесса и определить минимальную продолжительность изготовления изделия.

Т а б л и ц а 20

Исходные данные

Наименование операции	Продолжительность операции, с
Облицовывание пласти плиты	65
Облицовывание кромок плиты	25
Снятие свесов	20
Прирубка шпона	10
Ребросклеивание шпона	10
Приготовление клея	35
Упрочнение торцов облицовочного материала	15
Шлифование	20
Нанесение лакокрасочного материала	40
Раскрой плиты	70
Доставка на участок облицовывания	30

Для удобства каждой операции присвоим индекс. Определим, на какие операции опирается каждая из них. Результаты занесем в табл. 21.

Т а б л и ц а 21

Индексирование операций

Наименование операции	Продолжительность, с	Индекс операции	Предшествующие операции
Облицовка пласти плиты	65	А	Л, Е
Облицовка кромок плиты	25	Б	В
Снятие свесов	20	В	А
Прирубка шпона	10	Г	-
Ребросклеивание шпона	10	Д	Г
Приготовление клея	35	Е	Ж
Упрочнение торцов облицовочного материала	15	Ж	Д
Шлифование	20	З	Б
Нанесение покрытия	40	И	З
Раскрой плиты	70	К	-
Доставка плиты на участок облицовывания	30	Л	К, Е

Сетевая модель технологического процесса показана на рис. 11.

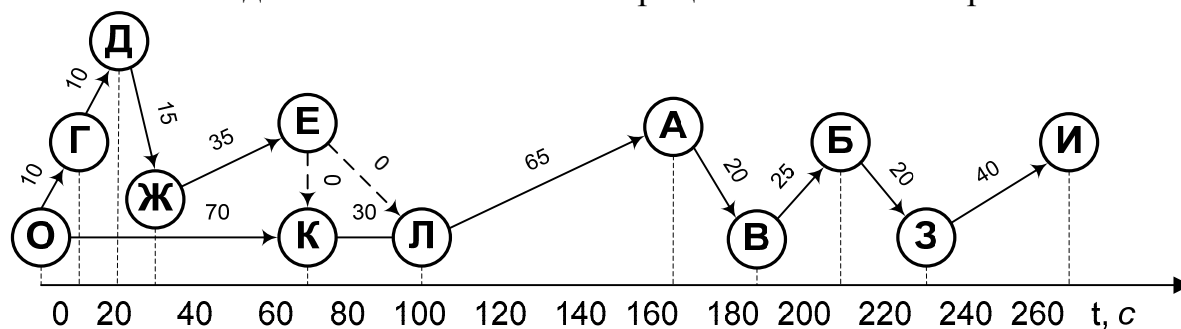


Рис. 11. Сетевая модель технологического процесса

Из графика сетевой модели следует, что минимальная продолжительность технологического процесса равна 270 с.

## 2.4. Обоснование уровня автоматизации производства

Механизация процессов предусматривает проведение комплекса технологических мероприятий с целью замещения малопроизводительного ручного труда.

По степени внедрения различают частичную, малую или комплексную механизацию. Высшей формой механизации является автоматизация производства, основанная на использовании автоматизированных технологических линий и позволяющая осуществлять производственный цикл без непосредственного участия человека.

В деревообрабатывающей промышленности все еще недостаточно механизированы вспомогательные процессы – подъемно-переместительные, транспортные и складские [1].

Основные факторы, необходимые для автоматизации производства, – это специализация, поточность, серийность и массовость. *Специализация* выражается в ограничении перечня выпускаемой продукции, в том числе за счет тесной кооперации со смежными производствами.

В *поточном* производстве процесс сегментирован на отдельные специализированные технологические операции, выполняемые на последовательно расположенных рабочих местах. Для *серийного* производства характерна многократная повторяемость выпуска однотипных изделий. *Массовость* производства проявляется в большом объеме продукции, непрерывно изготавливаемой в течение длительного времени.

Степень автоматизации производства определяется типом основного оборудования (полуавтоматический, автоматический) и степенью его агрегатирования – автоматические линии, цехи-автоматы, заводы-автоматы. Оптимальная степень автоматизации обусловлена экономической целесообразностью, определяемой на основе анализа результатов многовариантного проектирования, проводимого с учетом технологических и экономических критериев.

Основными показателями, характеризующими уровень механизации и автоматизации, являются [1]:

– коэффициент механизации (автоматизации) труда

$$K_{\text{м.т}} = \frac{N_{\text{м}}}{N_{\text{м}} + N_{\text{р}}} = \frac{N_{\text{м}}}{N_{\text{общ}}}, \quad (19)$$

где  $N_{\text{м}}$  – количество работников механизированного и автоматизированного труда, чел.;

$N_{\text{р}}$  – количество работников ручного труда;

– уровень механизированного труда  $Y_{\text{м.т}}$

$$Y_{\text{м.т}} = \frac{N_{\text{м}} \cdot K_{\text{м.п}}}{N_{\text{м}} + N_{\text{р}}} \cdot 100, \quad (20)$$

где  $K_{\text{м.п}}$  – коэффициент механизации производства,

$$K_{\text{м.п}} = \frac{V_{\text{м}}}{V_{\text{общ}}}; \quad (21)$$

здесь  $V_{\text{м}}$  – объем продукции, произведенной с помощью машин и механизмов;

$V_{\text{общ}}$  – общий объем продукции, выработанной на предприятии (при полной механизации  $K_{\text{м.п}}=1$ );



– уровень механизации и автоматизации производственных процессов (%)

$$Y_{\text{м.а}} = \frac{N_{\text{м}} \cdot K_{\text{м.т}} \cdot \Pi \cdot M}{N_{\text{м}} \cdot K_{\text{м.т}} \cdot \Pi \cdot M + N_{\text{общ}} \cdot (1 - Y_{\text{м.т}})} \cdot 100, \quad (22)$$

где  $\Pi$  – коэффициент, учитывающий производительность оборудования;  
 $M$  – коэффициент многостаночности (число станков, обслуживаемых одним рабочим),

$$\Pi = \frac{\Pi_{\text{в}}}{\Pi_{\text{б}}}; \quad (23)$$

здесь  $\Pi_{\text{в}}$  – производительность сравниваемого оборудования;

$\Pi_{\text{б}}$  – производительность базового варианта оборудования.

При определении наиболее экономичного варианта технологического процесса, реализуемого на лесопильно-деревоперерабатывающем производстве, в качестве критерия оптимизации обычно используют *величину приведенных затрат*.

Основной экономический эффект технического нововведения заключается в экономии затрат труда. При расчете экономической эффективности за базовый вариант выбирают лучшие образцы отечественной и зарубежной техники, а в отдельных случаях – рекомендуемый типовой вариант.

На этапе технологического проектирования сравнительную оценку новой технологии дают по укрупненным показателям. К основным технико-экономическим показателям относят производительность труда, сортность, удельный расход сырья, коэффициент загрузки оборудования, уровень механизации труда и автоматизации.

Наиболее экономичный вариант выбирают по минимуму приведенных затрат:

$$\Pi_{\text{э}} = C_i + E_{\text{н}} \cdot K_i \quad (\Pi_{\text{э}} \rightarrow \min), \quad (24)$$

где  $\Pi_{\text{э}}$  – приведенные затраты;

$C_i$  – себестоимость годового выпуска  $i$ -й продукции;

$K_i$  – капитальные вложения по  $i$ -му варианту;

$E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (0,1...0,15).

При расчете экономической эффективности также определяют срок окупаемости капитальных вложений – время, в течение которого возвращаются капитальные вложения за счет прибыли, полученной от рассматриваемого нововведения.

Срок окупаемости  $T_{\text{кп}}$  определяется по формуле

$$T_{\text{кп}} = \frac{K_{\text{н}}}{\Pi}, \quad (25)$$

где  $K_{\text{н}}$  – новые капитальные вложения, р.;

$\Pi$  – прибыль от нововведения, р.

Для расчета экономической эффективности внедрения новой техники и технологии определяют капитальные вложения и себестоимость продукции по всем сравниваемым вариантам или себестоимость обработки на определенном этапе технологического процесса.

В этом случае условно-годовую экономию  $\mathcal{E}_{\text{усл.г}}$  рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{усл.г}} = (C_1 - C_2) \cdot B, \quad (26)$$

где  $C_1, C_2$  – себестоимость единицы продукции соответственно по базовому и внедряемому варианту;

$B$  – годовой выпуск продукции в расчетных единицах после внедрения мероприятия.

### Контрольные вопросы

1. Основные положения системного проектирования составов древесных материалов.
2. Алгоритм решения задачи оптимизации производственных процессов по минимальным временным затратам.
3. Главные группы операций в рамках производственного процесса.
4. Критерии выбора наиболее экономичного варианта проекта. Расчет приведенных затрат и сроков окупаемости проекта.
5. Последовательность технологических операций в производстве фанеры.
6. Последовательность технологических операций в производстве столлярно-строительных изделий.
7. Понятие об основных условиях автоматизированного производства: специализация, поточность, серийность и массовость.
8. Как определяется количественная оценка состояния автоматизации и механизации?

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

#### 3.1. Сырьевая база

При разработке технологического процесса лесопильного предприятия главным фактором, влияющим на выбор головного оборудования, является размерно-качественная характеристика пиловочного сырья. Поэтому на начальном этапе проектирования производят детальный анализ региональной лесосырьевой базы.

На территории РФ расположено 25 % мирового леса (82 млрд м<sup>3</sup> древесины), а величина ежегодной расчетной лесосеки достигает 500 млн м<sup>3</sup>. В настоящее время лесная промышленность России не в состоянии освоить все имеющиеся лесные ресурсы, из которых используется менее 25 %. По данным Федерального агентства лесного хозяйства, почти половина от общего запаса древесины в стране – спелый лес, который подлежит вырубке и переработке. Однако далеко не все предприятия располагают достаточными мощностями. Так, дальневосточные лесозаготовительные компании из-за неразвитости транспортных путей перебарывают не более 5 % имеющейся в их распоряжении древесины.

Устаревшее оборудование и технологии не позволяют достичь приемлемого для современной экономики выхода продукции лесопереработки. Это хорошо иллюстрируют следующие цифры. В России из 1000 м<sup>3</sup> делового леса получают: 240 м<sup>3</sup> пиломатериалов (в Канаде – 340 м<sup>3</sup>); 49 м<sup>3</sup> целлюлозы или 56 м<sup>3</sup> бумаги (в Финляндии – 213 м<sup>3</sup> и 237 м<sup>3</sup> соответственно).

По данным Министерства промышленности и энергетики РФ, в 2005...2010 гг. объем производства деловой древесины составил 115...125 млн м<sup>3</sup>. Из этого объема на долю пиловочного сырья приходится 51 %, балансовую древесину – 39%, на прочие сортименты круглого леса – 10 %.

Распределение отечественной лесосырьевой базы по территории страны крайне неравномерно: она сконцентрирована в Сибирском, Дальневосточном и Северо-Западном федеральных округах.

На лесопильные предприятия европейской части и Урала поступает более качественная древесина (диаметр хлыста 23...27 см), тогда как в районах Сибири и Дальнего Востока перерабатывается большое количество перестойных лесов диаметром 31...56 см. Длина пиловочных бревен при выработке пиломатериалов общего назначения составляет 3...6,5 м с градацией 0,25 м.

Основной объем круглого леса перерабатывается на пиломатериалы развальным или брусово-развальным способом. Расчет ведется отдельно по каждой группе сырья:

– распиленного ( $Q_p$ )

$$Q_p = Q_{вр} + Q_{бр}, \quad (27)$$

– пропущенного ( $Q_{\text{п}}$ )

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{бр}} = Q_{\text{вр}} + 2Q_{\text{бр}}, \quad (28)$$

где  $Q_{\text{вр}}$  – объем сырья, распиленного вразвал,  $\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{бр}}$  – количество сырья, распиленного с брусочкой,  $\text{м}^3$ .

Процент брусочки по объему распиленного сырья

$$a_{\text{бр}} = \frac{Q_{\text{п}} - Q_{\text{р}}}{Q_{\text{р}}} \cdot 100. \quad (29)$$

Оптимальный процент брусочки варьируется в зависимости от размерно-качественных характеристик леса и вида выпускаемой пиломатериальной продукции. На современных лесопильных предприятиях, в том числе работающих на экспорт, преобладает выпилка с брусочкой, что позволяет увеличить объем выхода пиломатериалов и облегчает выполнение производственной программы. Однако затраты на организацию производства пиломатериалов по этому способу раскроя повышаются по причине двукратного увеличения единиц головного бревнопильного оборудования [1].

Процент использования сырья характеризуется объемным выходом основного компонента баланса древесины – пиломатериалов, а также сопутствующей продукции, получаемой в результате дополнительной переработки. Непереработанное вторичное сырье (рейки, горбыли и др.) является кусковым отходом. Объемный выход пиломатериалов, %, определяется по формуле

$$a = \frac{V_{\text{п}}}{Q_{\text{р}}} \cdot 100, \quad (30)$$

где  $V_{\text{п}}$  – количество выпиленной продукции,  $\text{м}^3$ .

Норма расхода сырья на единицу продукции ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ):

$$H = \frac{Q_{\text{р}}}{V_{\text{п}}}. \quad (31)$$

Практика проектирования показывает, что установление обоснованного значения объемного выхода производится экспериментально – путем анализа работы рассматриваемого или аналогичного предприятия за предыдущий год.

Из пиловочника вырабатывают пиломатериалы разных сортов, а также кусковые отходы, мелкую пиломатериальную продукцию и обалол (табл. 22).

Т а б л и ц а 22

Коэффициент сортности хвойных пиломатериалов

Пиломатериалы	Сорт пиломатериалов						Тарная	Обалол
	0	1	2	3	4	вне сорта		
Обрезные	2,0	1,6	1,3	1,0	0,7	1,5	–	–
Необрезные	1,6	1,3	1,1	0,8	0,6	1,2	–	–
Тарные	–	–	–	–	–	–	4,5	–
Обалол	–	–	–	–	–	–	–	0,8

Из приведенных данных следует, что в качестве базового материала с коэффициентом сортности, равным единице, приняты обрезные хвойные пиломатериалы для внутреннего потребления 3-го сорта.

Средний коэффициент сортности определяется по формуле

$$K_c = \frac{\sum_1^{n_c} K_{cj} \cdot q_j}{\sum_1^{n_c} q_j}, \quad (32)$$

где  $K_{cj}$  – коэффициенты сортности соответствующего сорта пиломатериалов;

$q_j$  – количество пиломатериалов каждого  $j$ -го сорта, м<sup>3</sup>;

$n_c$  – число сортов пиломатериалов.

### 3.2. Планировка оборудования и организация рабочих мест

Планировка цеха – это схема взаимного расположения строительных конструкций, промышленных агрегатов, рабочих мест, проездов, промежуточных складов и мест технологической выдержки, вспомогательных участков, бытовых помещений и т.п.

При разработке чертежей планировки цеха предварительно составляют структурную схему технологического процесса. Затем рассчитывают требуемое количество оборудования, мест технологической выдержки, а также площадь внутривозовских складов и вспомогательных отделений цеха.

Сумма площадей рабочих мест обычно составляет 70 % от производственной площади (30 % площади приходится на проходы и проезды). Поэтому при оценке величины производственной площади  $F_{ц}$  сумму площадей рабочих мест умножают на 1,4 в соответствии с зависимостью:

$$F_{ц} = 1,4 \cdot \left( \sum_{i=1}^n F_{pi} + \sum_{j=1}^m F_{vj} + \sum_{k=1}^z F_{вцк} \right) + \sum_{a=1}^l F_{воа}, \quad (33)$$

где  $F_{pi}$  – площадь  $i$ -го оборудования и рабочего места, м<sup>2</sup>;

$F_{vj}$  – площадь  $j$ -го места для технологической выдержки, м<sup>2</sup>;

$F_{вцк}$  – площадь  $k$ -го места для внутрицеховых складов м<sup>2</sup> (критерий оптимизации технологического процесса  $F_{вцк} \rightarrow \min$ );

$F_{воа}$  – площадь  $a$ -го вспомогательного отделения цеха, м<sup>2</sup>.

Результаты промежуточных расчетов рекомендуется оформлять в табличной форме (табл. 23).

Расчет площади цеха

№ п/п	Наименование	Обозначение	Число единиц	Площадь на единицу, м <sup>2</sup>	Общая площадь, м <sup>2</sup>
1	Рабочие места: торцовочный станок и т.д.	$F_{р1}$	2	75	150
2	Места технологической выдержки	$F_{вj}$	...	...	...
3	Места внутрицеховых складов	$F_{вцк}$	...	...	...
4	Вспомогательное отделение	$F_{воа}$	...	...	...
Итого					12000

Существующие нормы производственной площади на рабочие места являются ориентировочными: они уточняются с учетом принятой организации производства, степени механизации, габаритов оборудования и других факторов. Для непрерывно-поточных и конвейерных линий производственная площадь определяется только пробной планировкой.

Перед тем как приступить к планировке оборудования, составляют схему технологического процесса (или маршрутную схему), которая отражает схему движения деталей в процессе обработки [30]. Возможные способы расположения оборудования в цехе приведены на рис. 12.

Размещаемое оборудование должно обеспечивать прямолинейность производства по кратчайшим путям движения заготовок в процессе обработки. При этом станки располагают в местах с преимущественно естественным освещением, а затемненные места используют для организации мест технологической выдержки и внутрицеховых складов.

При составлении схемы технологического процесса учитывают, что на схеме не допускаются перекрещивающиеся линии, указывающие на возвратные движения деталей. Для этого необходимо расположить станки и рабочие места в порядке выполнения операций, а детали в гр. «Наименование деталей» в определенном порядке – по сборочным единицам. Пример составления схемы технологического процесса изготовления оконного переплета показан на рис. 13.

Определив по укрупненным данным ориентировочную площадь проектируемого цеха, вычерчивают план в масштабе 1:100, а затем приступают к пробной планировке оборудования. При пробной планировке рекомендуется пользоваться соответствующим программным продуктом САПР, а при отсутствии такой возможности – вырезанными в масштабе картонными карточками с обозначениями станков и подступных мест (прил. 1). Перемещая эти карточки на плане цеха, их компонуют для получения оптимальной организации рабочих мест, правильного расположения оборудования и мест выдержки по ходу технологического процесса.

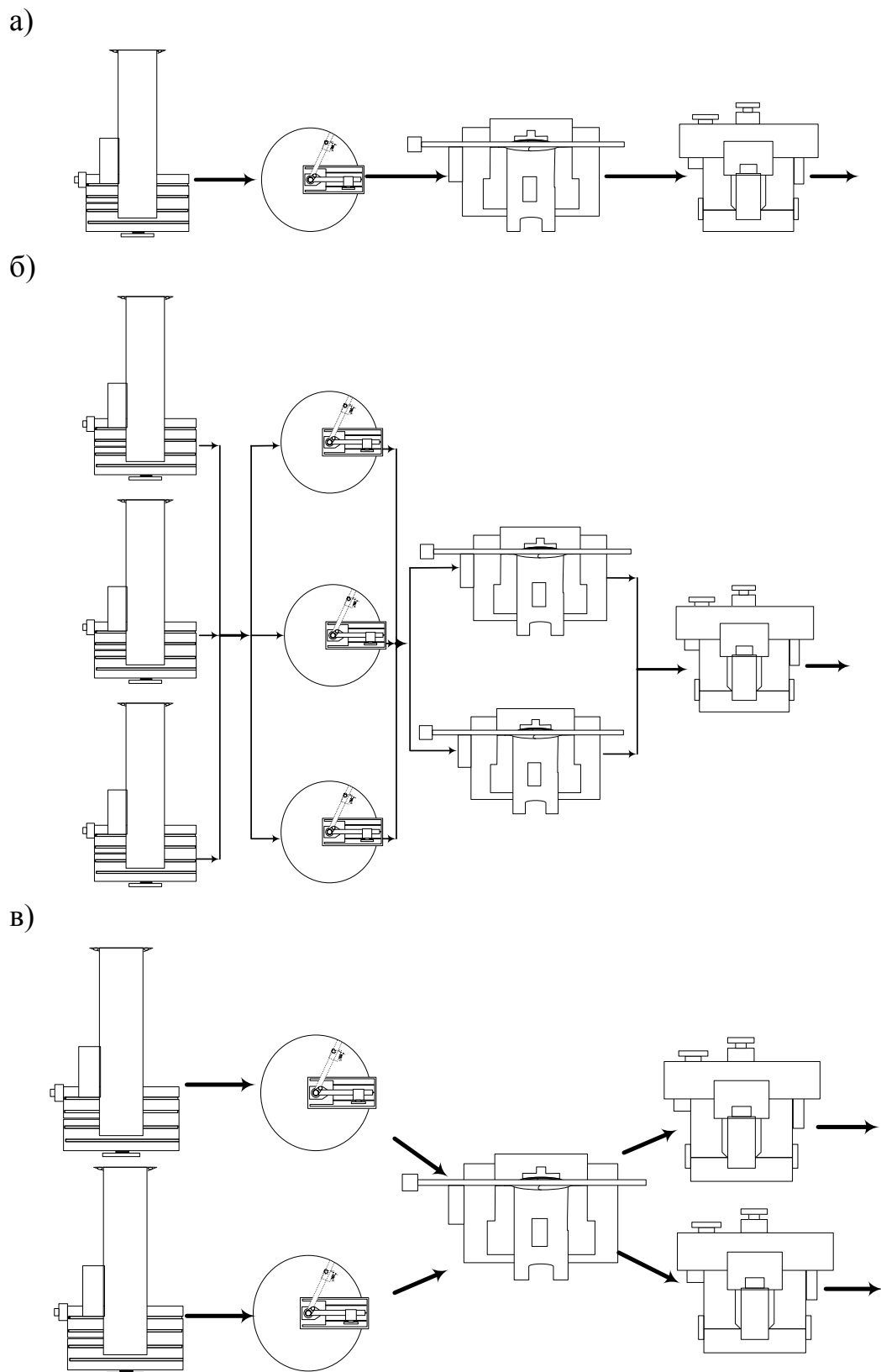


Рис. 12. Способы расстановки оборудования:  
 а – цепной, б – групповой, в – смешанный

Наименование деталей	Материал	Размеры деталей в чистоте, мм	Линия ДЛ2	Линия ОК 508	Линия ОК 509	Линия ОК 501	Линия ОК 510	Линия ДЛ6
			Раскрой досок на заготовки	Фугование, фрезерование в размер, отбор профиля	Формирование шипов и брусков, сборка створки	Обработка продольных и поперечных кромок створки	Шлифование створки	Подготовка угловлений под фурнитуру
Строенный брусок	Древесина хвойных пород	1325×67×54	○	○				
Верхний поперечный брусок	—■—	1190×60×54	○	○	○	○	○	○
Нижний поперечный брусок	—■—	1190×67×54	○	○				

Рис. 13. Схема технологического процесса изготовления оконного переплета

Длина и ширина цеха зависят от типа применяемого технологического процесса, способа расстановки оборудования и имеющихся свободных площадей на территории предприятия. Габаритные размеры здания определяют путем деления площади цеха на его ширину (или длину) с округлением до целого значения, кратного 6 или 12 м.

Размещение станков на плане цеха подчиняется следующим правилам:

- концентрирование однотипных станков по группам, располагаемым в отдельных пролетах;
- минимальное расстояние от ограждающих конструкций цеха до станка равно 0,6 м;
- разрывы между станками в направлении движения заготовок принимают более трехкратной длины наиболее крупных из них (кроме непрерывно-поточных линий);
- при обработке длинных деталей (более 2 м) впереди и позади станка устанавливают дополнительные поддерживающие элементы;
- в цехах предусматривают главный и второстепенный проходы (проезды). Ширина главного проезда не менее 2 м при одностороннем движении и 3 м при двустороннем движении.
- станки не должны препятствовать свободному перемещению транспорта по центральному проезду;
- в больших цехах через каждые 50 м длины в расположении станков делают разрывы шириной 3...4 м для формирования сети поперечных проездов;



- оборудование, работа которого сопровождается вредными выбросами или повышенным шумом, концентрируют в изолированных помещениях (клеильно-облицовочное, шлифовальное отделения и т.п.);

- при обработке деталей партиями предусматривают места их технологической выдержки;

- рабочие места располагают так, чтобы материал поступал справа налево по отношению к работающему, а также чтобы обеспечивались наиболее благоприятные условия естественного освещения рабочего места.

Расстояния между станками, элементами зданий и подступными регламентированы и составляют не менее, м [1]:

- ✓ от продольной стороны подступного места до стены – 1,0;
- ✓ между тыльной стороной станка и продольной стороной подступного места соседнего станка – 1,0;
- ✓ между лицевой частью станка и подступным местом – не менее 0,5;
- ✓ между тыльными сторонами станков – 0,7;
- ✓ между тыльной стороной подступного места и станка – 0,75...1,0;
- ✓ между тыльными сторонами подступных мест – не менее 0,5;
- ✓ между поперечными сторонами подступных мест при транспортировке деталей безрельсовыми тележками: при длине деталей до 2 м – 1 м; при длине деталей более 2 м – 1,5 м.
- ✓ место рабочего располагается на расстоянии 0,5 м от станка на площадке шириной 750...1000 мм (рис. 14).

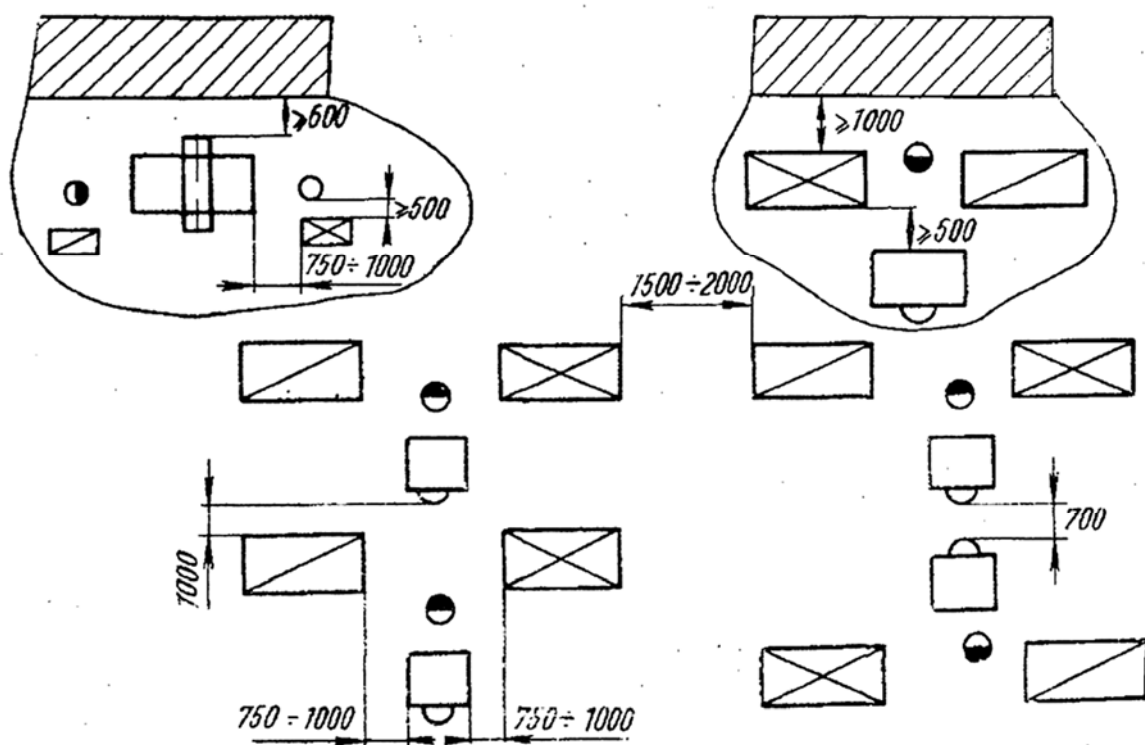


Рис. 14. Схема расположения оборудования [1]

В случае, когда в одном здании расположены цехи с различными категориями взрывной, взрывопожарной или пожарной опасности, то участки повышенной категории отделяют брендмауэром.

На плане цеха около станка показывают организацию рабочего места – схему взаимного расположения станка, подступных мест и работника. Подступные места необработанных предметов труда располагают справа от рабочего, а обработанные – слева.

Место рабочего обозначается окружностью диаметром 500 мм, с учетом выбранного масштаба. Окружность для обозначения основного рабочего делится пополам, одна половина заштриховывается так, чтобы светлая часть круга была обращена к станку. Окружность, обозначающая место подсобного рабочего, не заштриховывается.

При организации рабочих мест учитывают эргономические показатели, обеспечивающие научно-обоснованную организацию труда. Эргономика формирует требования к проектированию рабочих мест, определяя зоны основных и вспомогательных рабочих движений, что влияет на размещение оборудования по высоте от пола и фронту от оси симметрии (рис. 15).

По эргономическим требованиям подступные места размещают на расстоянии 0,6 м от рабочего, а их расположение обозначается на полу цеха линиями белой краски. Высота стопы щитов не должна превышать 1,3 м.

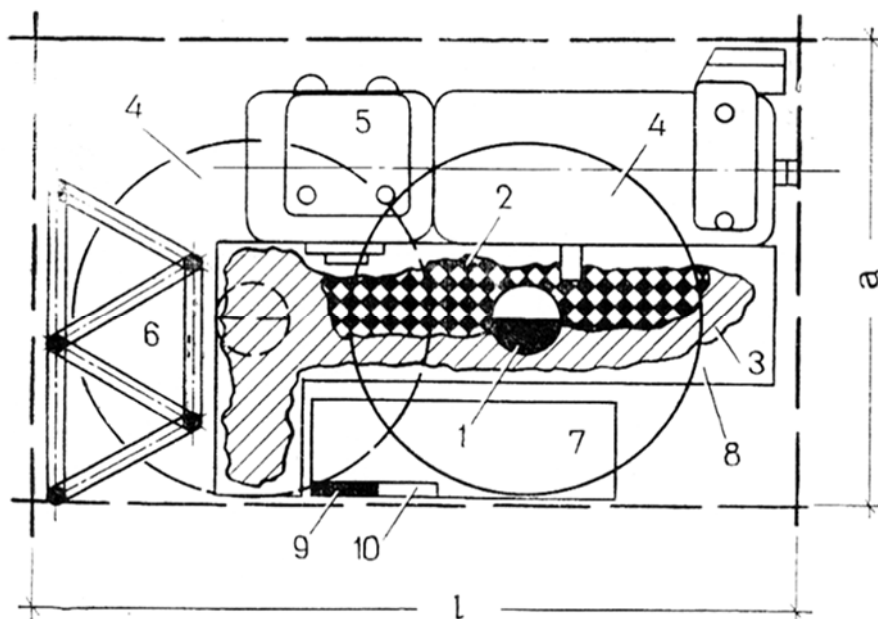


Рис.15. Схема организации рабочего места станочника:  
1 – рабочее место; 2 – зона рабочего места для выполнения основных технологических операций; 3 – зона рабочего места для выполнения вспомогательных операций; 4 – зона досягаемости рабочим; 5 – станок; 6 – стеллаж-стойка; 7 – приемный стол; 8 – щит под ноги; 9 – планшет для подвешивания чертежей; 10 – пункт сигнализации

Большинство деревоперерабатывающих производств строится на основе жестких технологических потоков, для которых характерно наличие головного оборудования, определяющего состав структурной схемы и мощность всей линии.

Главным оборудованием лесопильного производства, как правило, является бревнопильный станок. При организации выпуска спецификационных сухих пиломатериалов в этом качестве может выступать сушильное устройство. В производстве строганых пиломатериалов, в том числе клееного бруса и погонажных изделий, головное оборудование – это многосторонние продольно-фрезерные станки.

К головному оборудованию для производства фанеры и древесных плит относят прессовое оборудование. При этом, учитывая жесткий характер технологического процесса изготовления фанеры, для его синхронизации по производительности выбор головного оборудования ведут и по лущильным станкам, и по сушильным камерам.

### 3.3. Технологическое проектирование лесопильных предприятий

#### 3.3.1. Структурные технологические схемы лесопильных потоков и оценка их эффективности

Разработку схемы технологического процесса лесопильного цеха начинают с выбора структурной схемы потока, наиболее подходящей для выпуска заданной пилопродукции. Основной операцией технологического процесса лесопильного производства является раскрой. Рациональный раскрой пиловочника обеспечивает получение максимального объемного и качественного выхода пилопродукции.

Исходными данными для построения структурной схемы потока (ССП) являются размерно-качественные характеристики используемого леса и спецификация производимых пиломатериалов. Типовая структурная схема технологического процесса включает следующие основные этапы:

- подготовка сырья к распиловке;
- формирование сечений пиломатериалов по одному из следующих базовых вариантов в зависимости от диаметра бревен:
  - а) при диаметре 20...26 см – на узко- или среднепросветных лесопильных рамах;
  - б) при диаметре 26...32 см – на потоке с широкопросветными лесопильными рамами;
  - в) при диаметре до 24 см – на агрегатных фрезернопильных станках просветом 630 мм;

г) при диаметре сырья 26...32 см – на ленточнопильных станках ЛБ (со шкивами диаметром 1500 мм) и ЛД (со шкивами диаметром 1250 мм);

- раскрой бревна;
- раскрой бруса;
- раскрой досок по ширине;
- переработка вторичного сырья;
- формирование транспортного пакета.

Существующие типовые структурные технологические схемы были разработаны в головных специализированных научно-исследовательских институтах. Некоторые из них приведены на рис. 16...18 (для переработки круглого леса хвойных пород) и на рис. 19, 20 (для переработки бревен лиственных пород) [1].

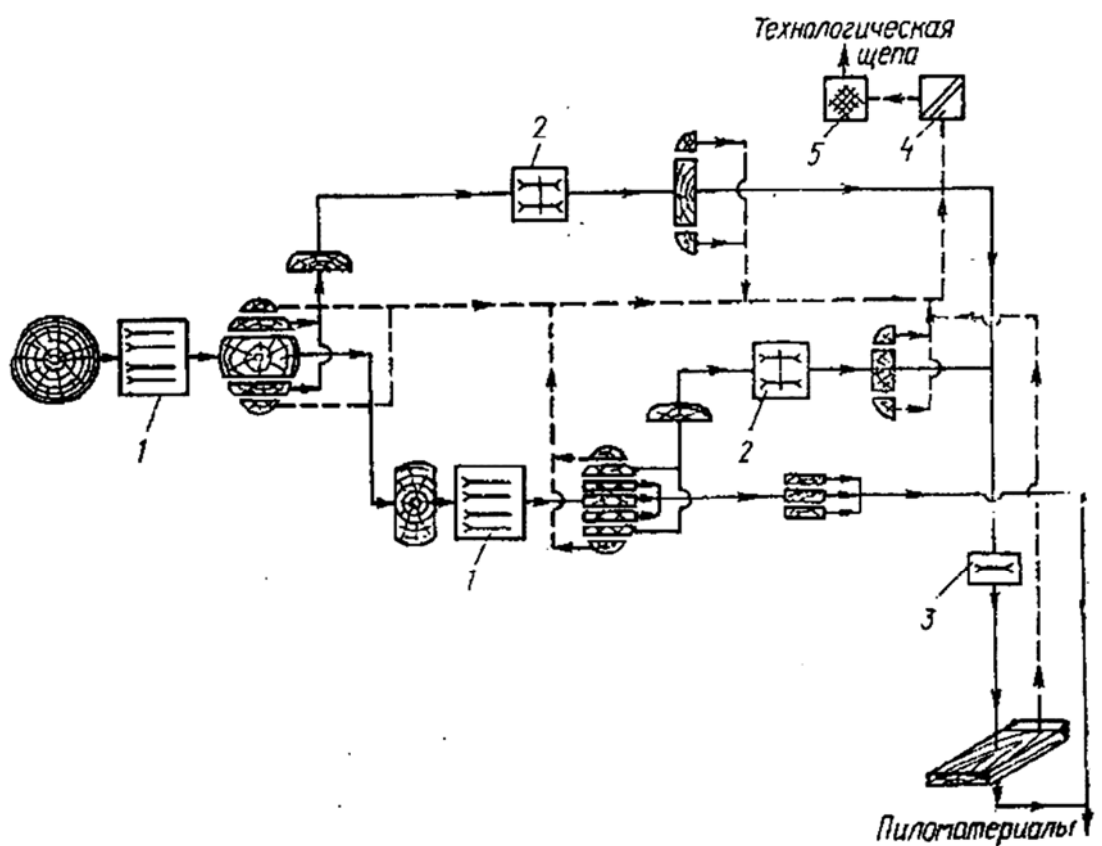


Рис. 16. Схема потока по производству обрезных пиломатериалов на базе лесопильных рам:

- 1 – двухэтажные лесопильные рамы; 2 – обрезные станки; 3 – торцовочный станок; 4 – рубительная машина; 5 – сортировка щепы

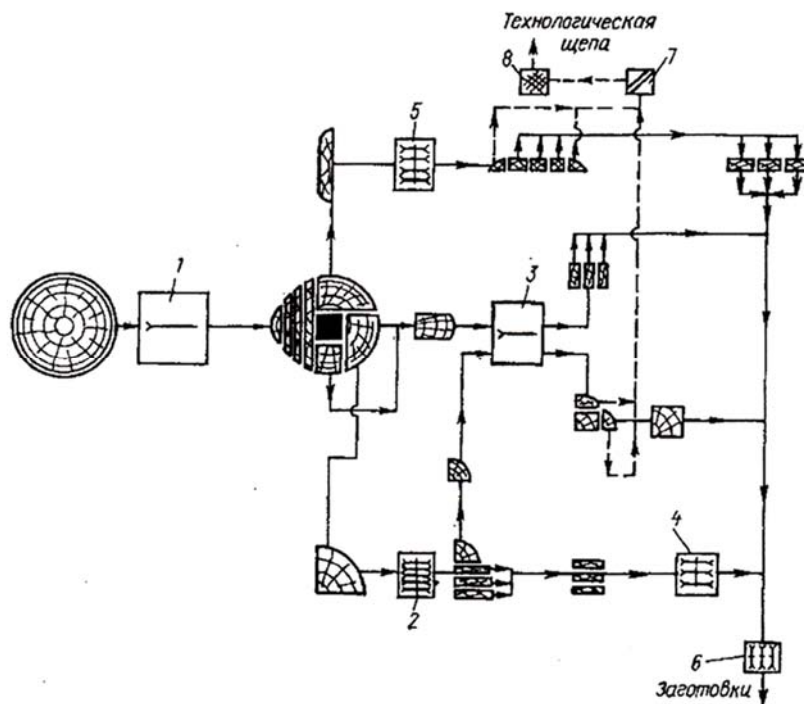


Рис. 17. Схема потока по распиловке низкокачественных бревен на черновые заготовки на базе ленточнопильного станка:  
 1 – ленточнопильный станок; 2 – многопильный круглопильный станок;  
 3 – делительный станок; 4 – трехпильный станок; 5 – четырехпильный станок;  
 6 – триммер; 7 – рубительная машина; 8 – сортировка щепы

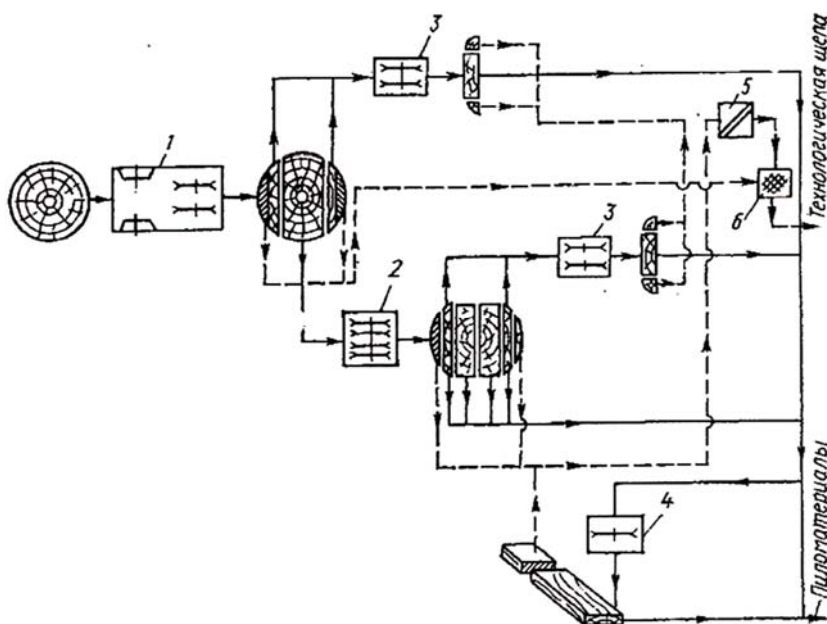


Рис. 18. Схема потока на базе фрезернопильного и многопильного станков:  
 1 – фрезернопильный станок; 2 – многопильный станок; 3 – обрезные станки;  
 4 – торцовочные станки; 5 – рубительная машина; 6 – сортировка щепы

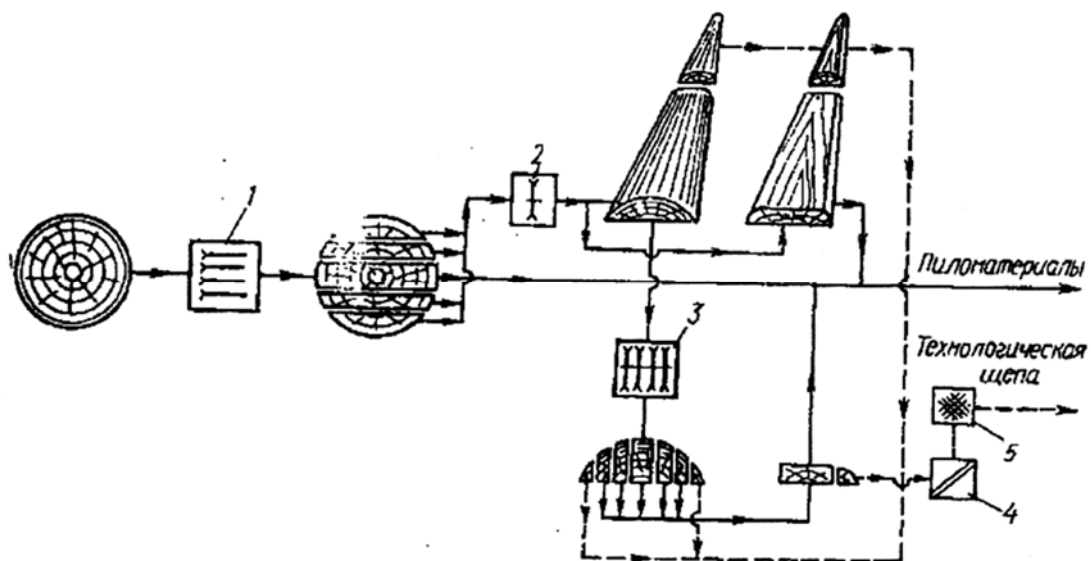


Рис. 19. Схема потока для распиливания бревен твердых лиственных пород:  
 1 – лесопильная рама; 2 – торцовочный станок; 3 – многопильный станок;  
 4 – рубительная машина; 5 – сортировка щепы

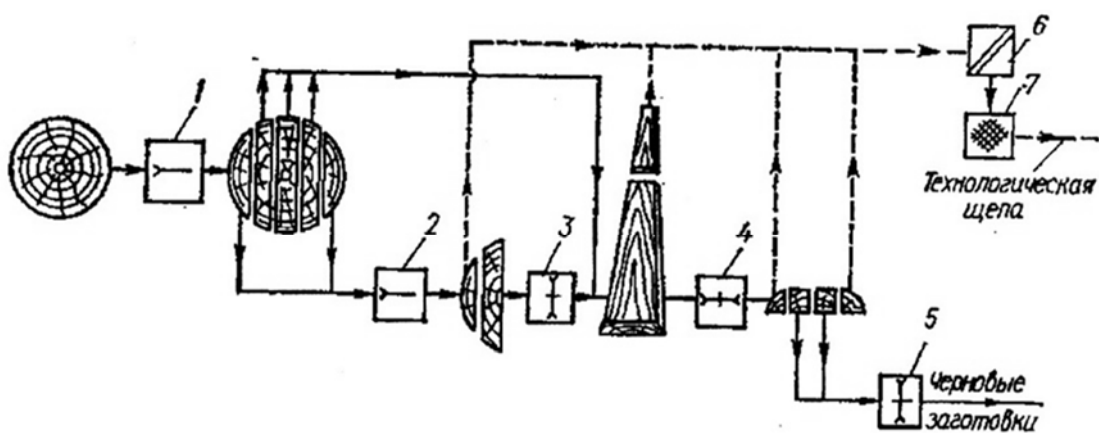


Рис. 20. Схема потока на базе ленточнопильного станка для распиливания низкокачественного сырья лиственных пород на черновые заготовки:  
 1 – ленточнопильный станок; 2 – ленточнопильный станок для распиливания горбылей и сегментов; 3, 4, 5 – торцовочные станки;  
 6 – рубительная машина; 7 – сортировка щепы

### 3.3.2. Выбор технологического и транспортного оборудования

На первом этапе в соответствии со структурной схемой потока осуществляется подбор типа оборудования, а затем марок станков и агрегатов. Компоновка перечня технологического оборудования начинается с головного станка лесопильного цеха (рис. 21).



Рис. 21. Основные виды бревнопильного оборудования

Подбор станков, следующих за головным, производят, исходя из их производительности и требования синхронизации технологических операций для обеспечения поточности процесса.

*Лесопильные рамы* – наиболее распространенный вид отечественного бревнопильного оборудования, на котором перерабатывают до 80 % бревен. Этому способствуют ценовая доступность, незначительные эксплуатационные издержки, возможность раскроя крупных бревен, высокая жесткость режущего инструмента и высокопроизводительный проходной принцип работы.

Пиление лесопильной рамой выполняется 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 до трех пил в поставе. Горизонтальные пилорамы используют редко, в основном для индивидуального раскроя тонкомерных кряжей ценных пород на брусья, которые идут на производство строганого шпона (пилорама РГ130-1).

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, а широкопросветные – до 1100 мм;
- высота хода пильной рамки – расстояние, проходимое пильной рамкой по вертикали за один оборот вала. Высота хода одноэтажных рам составляет от 220 до 410 мм, а двухэтажных – до 700 мм;
- скорость вращения вала – число двойных ходов пильной рамки (210...450 мин<sup>-1</sup>). Рамы с меньшим просветом из-за облегченной пильной рамки характеризуются увеличенной частотой вращения.

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

Высокопроизводительные двухэтажные пилорамы устанавливают на крупных лесопильных заводах с годовым объемом лесопереработки более 100 тыс. м<sup>3</sup>. Рамы этой конструкции являются одношатунными и имеют непрерывную подачу. Технические характеристики лесопильных рам приведены в табл. 24 и 25.

Т а б л и ц а 24

Технические характеристики одноэтажных лесопильных рам

Наименование показателя	Марка			
	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 бревен, м	3...7,5	3...7,5	0,8...4	1...7,5
Минимальная толщина 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

Ширину просвета лесопильной рамы рассчитывают по формуле

$$S = d + al + 2c, \quad (34)$$

где  $d$  – максимальный верхний диаметр бревна, см;

$a$  – сбег на 1 м длины бревна (1 см/м для бревен диаметром 18...20 см, 2 см/м – для бревен диаметром 30...60 см);

$l$  – длина бревна, м;

$c$  – запас между стойками пильной рамки и комлем бревна с каждой стороны, см (5..10 см).



## Технические характеристики двухэтажных лесопильных рам

Наименование показателя	Марка				
	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 операций технологического процесса производства обрезных пиломатериалов на базе лесопильных рам может существенно различаться.

Распространение получили следующие варианты [1, 25]:

1. Распиловка бревен вразвал с последующей обрезкой необрезных досок на обрезных станках. В этом случае используют только симметричные поставы, которые обеспечивают минимальные эксцентрические нагрузки на пильные рамки, стабильность качества поверхности и точность формы пиломатериалов. При распиловке бревен вразвал лесопильный цех оснащают высокопроизводительным участком обрезки, так как лесопильные рамы способны распиливать до трех бревен в минуту.

2. Распиловка бревен на лесопильных рамах первого и второго ряда с использованием 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. Основной недостаток такой технологической схемы – высокое энергопотребление (более 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 используют многопильные круглопильные станки, что повышает качество поверхности, точность размеров и формы пиломатериалов, а при использовании тонких пил увеличивает выход пилопродукции.

Для повышения производительности лесопильного цеха часто применяют схему с параллельной установкой нескольких пилорам в начале каждого потока. Однако это решение приводит к существенному росту капитальных затрат, в том числе за счет возведения дополнительных фундаментов: на устройство каждого требуется до 120 м<sup>3</sup> бетона.

К общим недостаткам лесопильных рам следует отнести:

- трудоемкость смены постава пил: переход на другой диаметр бревен требует 30...40 минут (исключение – пилорамы с автоматической регулировкой пил). Это требует подсортировку и создание из бревен одного диаметра межоперационного запаса, обеспечивающего работу цеха в течение 3...4 часов;
- низкое качество поверхности;
- невысокая точность формы и размеров;
- энергоемкость и отсутствие возможности изготовления обрезных пиломатериалов за один проход.

В связи с указанными недостатками проектирование производств на базе лесопильных рам в большинстве случаев является нерациональным. В современных условиях предприятиям необходимо снижать энергоемкость, увеличивать выход пиломатериалов, повышать качество поверхности, точность размеров и формы пиломатериалов; это достигается при их оснащении современными типами бревнопильного оборудования.

*Круглопильные станки* – деревообрабатывающее оборудование для продольной и поперечной распиловки древесины, режущим инструментом которого является круглая пила. В лесопилении они используются для раскря бревен диаметром до 20 см и длиной до 6,5 м. Распиливание более крупных бревен (с диаметром до 50 см) осуществляется на мощных специализированных станках, оснащенных дополнительным валом пил.

Круглопильные станки используются для продольного раскря 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 лесопильных рам и ленточнопильных станков круглопильное оборудование имеет увеличенную ширину пропила, составляющую в среднем от 3 до 6 мм, что снижает полезный выход пиломатериалов.

Различают следующие конструктивные модификации станков:

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

На малых лесопильных предприятиях применяются станки позиционного и позиционно-проходного типов. 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 раскря без предварительной подсортировки (рис. 22). Еще несколько десятилетий назад в отечественной практике широко применялись шпалорезные круглопильные станки позиционно-проходного типа моделей ЦДТ6-2,

ЦДТ6-3 и ЦДТ-7 (с дополнительной верхней пилой). Вместо подающих столов они оснащались тележками со стойками-зажимами для бревен и механизмами измерения поперечного перемещения бревен на тележке. Станки с одной круглой пилой применяли для выпилки шпал из бревен диаметром до 70 см, а станки с дополнительной верхней пилой использовали при переработке крупных бревен диаметром до 110 см.

Бревнопильные станки позиционно-проходного типа имеют увеличенную производительность по сравнению со станками позиционного типа за счет большей скорости подачи и возврата бревна.

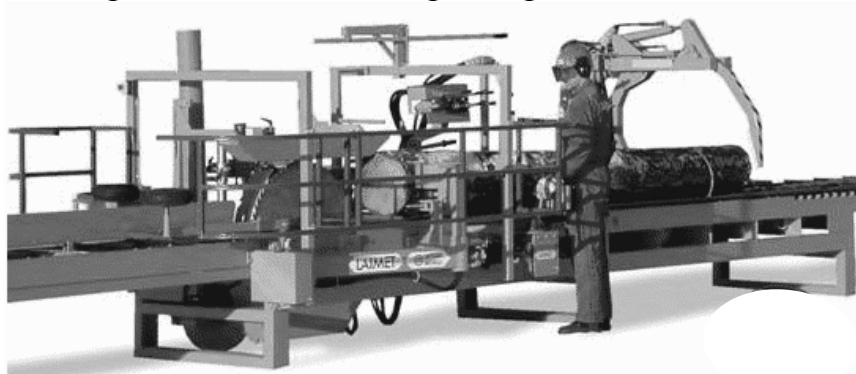


Рис. 22. Круглопильный станок позиционно-проходного типа

Станки позиционного типа являются более компактными (габаритные размеры меньше в два раза), что позволяет использовать их в условиях дефицита производственных площадей. К достоинствам станков позиционного типа можно отнести возможность производства пиломатериалов специального распила (радиального или тангенциального). Недостатками оборудования индивидуального раскроя являются сравнительно невысокая производительность вследствие значительного времени, затрачиваемого на вспомогательные операции.

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 с увеличением в отдельных случаях до 1 м.

При взаимно перпендикулярном расположении пил возможно получение обрезных досок за один проход (способ «углового пиления») (рис. 23). 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. 23. Схема распиловки способом углового пиления

Наиболее распространенными являются круглопильные станки с высотой пропила 280...300 мм, предназначенные для распиловки бревен малых и средних диаметров, а также для раскряга бруса на втором проходе.

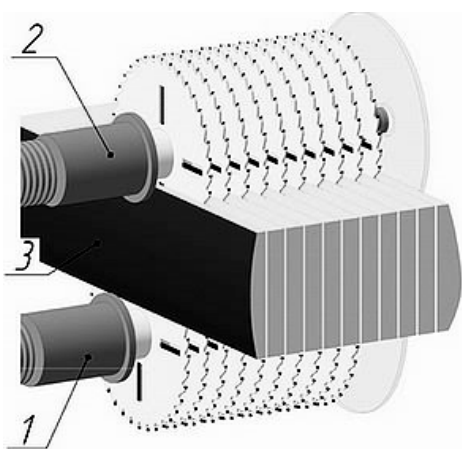


Рис. 24. Двухвальный пильный блок:

- 1 – нижний пильный блок;
- 2 – верхний пильный блок;
- 3 – заготовка

Для переработки крупных бревен и брусьев с размерами 300...500 мм применяют двухвальные модификации станков проходного типа (рис. 24). Это позволяет уменьшить ширину пропила с 6 до 5 мм за счет использования более тонких пил.

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.

*Фрезернопильное оборудование* производится в четырех основных вариантах: фрезерно-брусующие станки, фрезернопильные станки, фрезернопильные агрегаты и фрезерно-обрезные станки [1].

Максимальная степень концентрации операций реализуется в фрезернопильных лесопильных потоках, где обрезные доски и технологическая щепка вырабатываются за один проход.

На базе фрезернопильного оборудования могут быть сформированы линии агрегатной переработки бревен (ЛАПБ), а также фрезерно-брусующие (ЛФБ), фрезернопильные (ЛФП) и фрезерно-профилирующие линии.

По способу раскряга бревен различают ЛАПБ развального (ЛАПБ-1 ЛАПБ-М, ЛАПБ-2 и ЛФПРБ) и брусового (ЛФП-1, ЛФП-2, ЛФП-3) типов.

Фрезерно-брусующие станки применяют в поточных линиях для переработки тонкомерного сырья диаметром 8...16 см в двух- или четырехкантный брус без формирования пиломатериалов.

При использовании в качестве головного оборудования фрезернопильных агрегатов, одновременно с фрезерованием горбыльной зоны выпиливается требуемое количество боковых необрезных пиломатериалов (рис. 25).

Под профилированием понимается обработка боковых поверхностей бревен

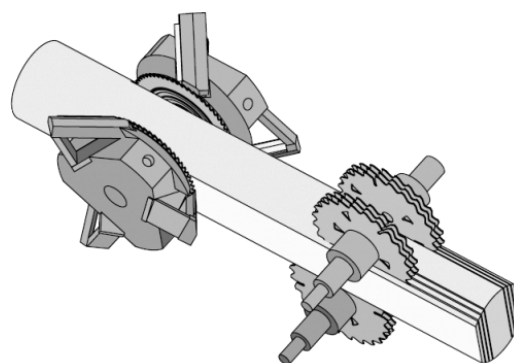


Рис. 25. Схема работы фрезернопильного оборудования

специальными фрезами с целью получения технологической щепы, которая выполняется одновременно с распиловкой бревен на пиломатериалы.

Принцип работы фрезерно-профилирующего агрегата показан на рис. 26.

Такие обрабатывающие комплексы самостоятельно формируют основу технологического процесса по переработке пиловочника диаметром до 42 см со скоростью подачи 150...180 м/мин.

#### *Ленточнопильные станки*

В ленточнопильных станках в качестве режущего инструмента используется пильная лента (рис. 27). 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).

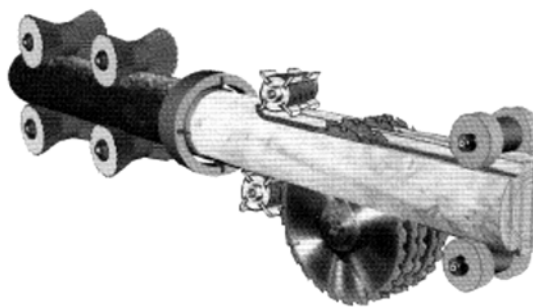


Рис. 26. Схема работы фрезерно-профилирующего агрегата

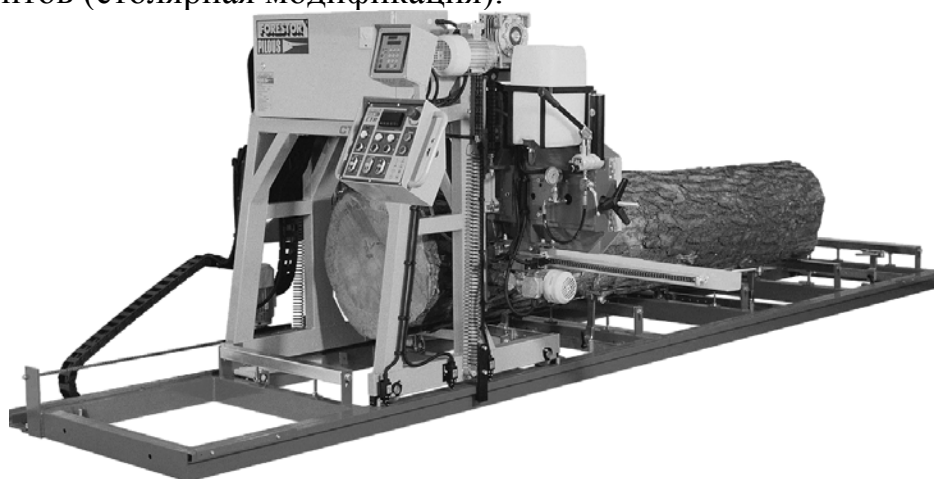


Рис. 27. Общий вид бревнопильного ленточнопильного станка

Среди станков этого типа выделяют малопроизводительные с узкой пильной лентой и промышленные, оснащенные широкой лентой. Сменная производительность станка с узкой лентой шириной от 20 до 60 мм не превышает 5 м<sup>3</sup>, что вполне достаточно для небольших предприятий, специализирующихся на распиловке древесины мягких пород. Промышленные модификации станков с лентой 100...300 мм способны распиливать в смену до 15 м<sup>3</sup> бревен диаметром до 1 м различной твердости.

Основными достоинствами ленточнопильных станков являются:

- незначительная ширина пропила: толщина пильного полотна от 1,6 до 4 мм;
- возможность раскряя особо крупных бревен диаметром до 2 м;

- проведение индивидуального раскроя без предварительной подсортировки бревен;
- низкое энергопотребление (50...150 кВт) в сравнении с круглопильными станками или лесопильными рамами.

Схема работы ленточнопильного станка представлена на рис. 28.

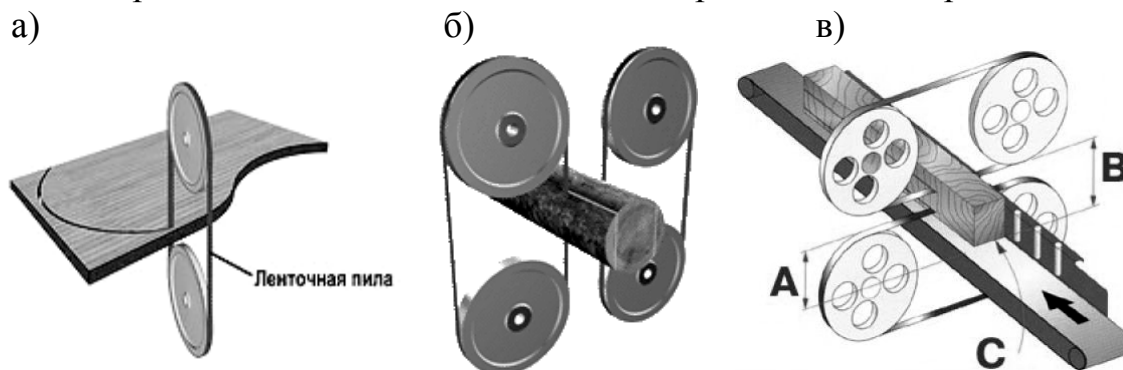


Рис. 28. Схема работы ленточнопильного станка:  
 а – однопильного вертикального; б – двухпильного вертикального;  
 в – двухпильного горизонтального

Промышленные ленточнопильные станки можно классифицировать по следующим признакам [25]:

- количеству пил (одно-, двух- и многопильные);
- расположению пильных механизмов (последовательное и параллельно-симметричное);
- максимальному диаметру бревна;
- ширине пильной ленты (узко- и широколенточные).

Лесопильные потоки, имеющие в качестве головного оборудования однопильные ленточнопильные станки, целесообразно проектировать на предприятиях средней и малой производственной мощности с годовой производительностью 40...60 тыс. м<sup>3</sup>.

Двухпильные ленточнопильные станки применяют в качестве бревнопильного оборудования первого ряда. Их часто агрегируют с фрезерно-брусующим модулем, что позволяет получать технологическую щепу и увеличить объемный выход пиломатериалов на 5 % (рис. 29).

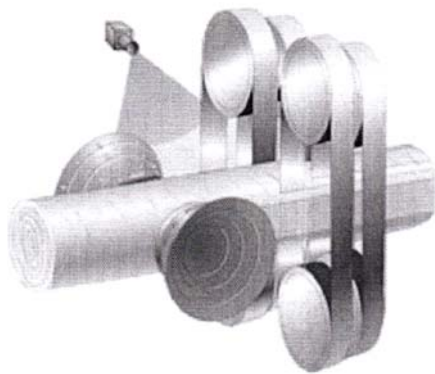


Рис. 29. Схема работы ленточнопильного станка с фрезерно-брусующим модулем

Многопильные ленточнопильные 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 относительно друг друга симметрично (тип *Twin*) или последовательно (тип *Tandem*).

*Обрезные станки* предназначены для обрезки или фрезерования сбеговой части необрезной доски и получения обрезных пиломатериалов. Двух- или многопильные обрезные станки располагают в потоках за головным оборудованием. Схема работы обрезных станков представлена на рис. 30.

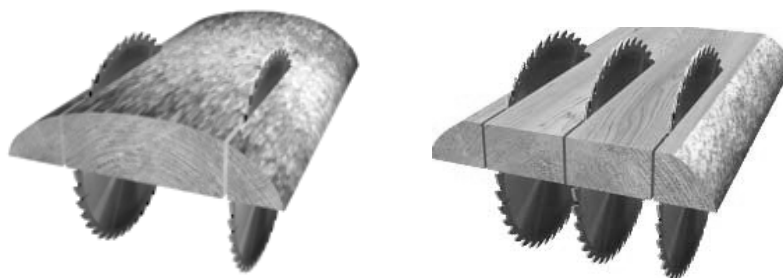


Рис. 30. Схема работы обрезного станка

Недостатком обрезных станков является невысокий коэффициент использования машинного времени (0,4...0,5), обусловленный индивидуальным измерением пиломатериалов и потерей времени на перенастройку.

В современных лесопильных потоках круглопильные обрезные станки постепенно вытесняются фрезерно-обрезными (ЦЗП-7Ф и ЦД-1Ф) для переработки необрезных досок в обрезные и технологическую щепу. При этом сокращаются потери древесины в опилки и упрощается схема их транспортировки.

*Торцовочные станки* производят поперечный раскрой для формирования пиломатериалов требуемой длины. По конструктивным признакам различают одно- и многопильные, а также позиционные и проходные торцовочные станки. Принципиальная схема процесса торцовки представлена на рис. 31.

Различают предварительную торцовку, выполняемую в лесопильном цехе для отпиливания горбыльных и обзолных частей досок, и окончательную торцовку, проводимую 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 окончательной торцовки.

*Ребровые станки* используют для переработки горбылей в мелкую пилопродукцию. Вопрос о переработке горбылей и реек должен решаться в



Рис. 31. Схема торцовки пиломатериалов

каждом конкретном случае на основе технико-экономических расчетов. Реброво-горбыльную модификацию станка широко применяют в качестве оборудования второго ряда лесопильного потока для обработки необрезной доски и получения максимального выхода качественного пиломатериала (дощечек и реек). Схема работы реброво-горбыльного станка представлена на рис. 32.

а



б

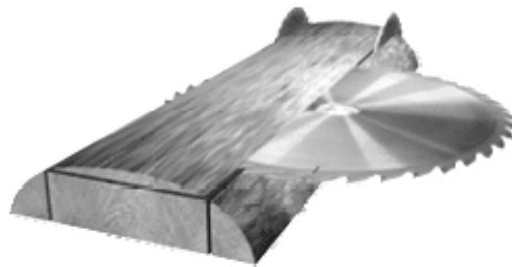


Рис. 32. Схема работы реброво-горбыльного станка:  
а – вертикального, б – горизонтального

*Транспортное оборудование* лесопильных цехов проектируют по расчетному количеству перемещаемого сырья, полуфабрикатов, готовых изделий и отходов. Широкое распространение в лесопильных потоках получили продольные (цепные, скребковые, роликовые, ленточные) конвейеры, пневмоустройства и шнековые транспортеры для подачи сыпучих материалов, а также брусоперекладчики.

На небольших и маломеханизированных заводах с одноэтажными рамами в качестве головного оборудования бревна транспортируют в лесопильный цех на рельсовых вагонетках. Подачу бревен в цех можно также осуществлять поперечными цепными конвейерами, расположенными сбоку цеха. В этом случае перед распиловкой устраивают бункера-накопители бревен.

Для выгрузки лесоматериалов из бассейна и их дальнейшего перемещения по складу используют агрегаты, состоящие из продольных лесотранспортеров БА-3 (Б22-3) и сбрасывателей бревен СБР75-1 (80-1; 100-1) на впередирамные тележки или транспортеры.

Рамные тележки предназначены для зажима, разворота и подачи бревна к лесопильной раме, а также корректировки его положения в процессе распиливания. Различают зажимные и поддерживающие впередирамные тележки. Первая устанавливает бревна по поставу, поворачивает их, зажимает и подает к раме; поддерживающая служит дополнительной опорой для свободного конца бревна.

Роликовые конвейеры (ПРД80, ПРД100) проектируют в местах перемещения горбылей, досок и бруса от рамы первого ряда. Конструктивно



конвейеры состоят из двух секций: первая предназначена для транспортирования досок, горбылей и бруса, а вторая – для транспортирования досок и горбылей, которые в конце секции сбрасываются винтовыми роликами на поперечный конвейер, проходящий под ними.

Цепные двухсекционные брусоперекладчики (БрП 75-1, БрП80, БрП100) устанавливают для передачи бруса с роликового конвейера за рамой 1-го ряда на роликовый конвейер перед рамой 2-го ряда.

Поперечные цепные конвейеры моделей ПРДН6 (ПРДН8, ПРДН10) размещают для перемещения досок, реек и горбылей за лесопильными рамами 2-го ряда, а ПРДН5 – за обрезными станками. Для транспортирования реек и горбылей обычно используется поперечный четырехцепной конвейер длиной 5...7 м.

Скребок и ленточные конвейеры устанавливают для транспортирования опилок и щепы. Их длина достигает 80 м, максимальный угол наклона – 20°, а скорость – 0,5...0,6 м/с.

Для транспортирования досок, реек, горбылей, а также мелких кусковых отходов проектируют ленточные конвейеры с шириной ленты 300 или 500 мм и скоростью движения от 0,5 до 2,0 м/с.

Использование пневмотранспорта предусматривают при необходимости перемещения сильноизмельченной древесины (опилки, стружка и мелкая щепа), а шнековых транспортеров – для перемещения и дозирования более грубых сыпучих древесных и вспомогательных компонентов.

### 3.3.3. Расчет числа единиц оборудования для выполнения годовой программы

На предпроектной стадии используют укрупненную методику расчета основного оборудования.

1. На первом этапе определяют производительность оборудования:
  - позиционного типа:

$$\Pi = \frac{T_{\text{см}} \cdot K_{\text{и}} \cdot q}{t_{\text{ц}}}, \text{ м}^3 \text{ в смену}; \quad (35)$$

$$\Pi = \frac{T_{\text{см}} \cdot K_{\text{и}}}{t_{\text{ц}}}, \text{ шт. в смену}; \quad (36)$$

- проходного типа:

$$\Pi = \frac{U \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{и}} \cdot q}{l_{\text{ср}}}, \text{ м}^3 \text{ в смену}; \quad (37)$$

$$\Pi = \frac{U \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{и}}}{l_{\text{ср}}}, \text{ шт. в смену}, \quad (38)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность смены, мин;

$K_u$  – коэффициент использования оборудования ( $K_u \approx 0,55 \dots 0,9$ );

$q$  – объем одновременно обрабатываемого материала, м<sup>3</sup>;

$t_{ц}$  – время цикла обработки, мин;

$U$  – скорость подачи, м/мин;

$l_{ср}$  – среднее значение обрабатываемого размера, м,

$$l_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^m l_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^m n_i}; \quad (39)$$

здесь  $l_i$  – длина  $i$ -й заготовки, м;

$n_i$  – количество заготовок  $i$ -го типоразмера;

$m$  – общее количество типоразмеров.

2. Определение времени на обработку единицы продукции, мин/шт.(м<sup>3</sup>):

$$T_{ед} = \frac{T_{см}}{\Pi}. \quad (40)$$

3. Определение затрат времени на выполнение годовой программы, ч:

$$T_{г} = \frac{T_{ед} \cdot N_{г}}{60}, \quad (41)$$

где  $N_{г}$  – годовая производственная программа (шт., м<sup>3</sup>).

4. Определение потребного количества оборудования, ед.:

$$n = \frac{T_{г}}{T_{р}}, \quad (42)$$

где  $T_{р}$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, равный при двухсменной работе:  $T_{р} = 3968$  ч – для технически оснащенных рабочих мест;  $T_{р} = 4165$  ч – для технически неоснащенных рабочих мест.

Окончательное количество оборудования  $n_{пр}$  принимают, округляя величину  $n$  до целого числа в большую сторону.

5. Расчет степени загрузки оборудования  $Z$ , %:

$$Z = \frac{n}{n_{пр}} \cdot 100. \quad (43)$$

При выборе оборудования исходят из необходимости его равномерной загрузки и поточной организации труда с единым ритмом работы станков. Результаты расчетов сводят в табл. 26 и 27.

Т а б л и ц а 26

## Ведомость технологического оборудования

Процесс	Оборудование	Количество, шт.	Размеры, мм	Масса, т	Площадь на рабочее место, м <sup>2</sup>	Кол-во рабочих мест, ед.	Потребление в час		
							Электричества, кВт	Пара, кг	Газа, м <sup>3</sup>

Т а б л и ц а 27

## Штатный состав и численность основных рабочих

Процесс	Оборудование	Кол-во оборудования/ рабочих мест	Число рабочих дней в год	Число основных рабочих, чел.		Разряд рабочих	Число чел- дней при кол-ве смен		
				на единицу оборудования в одну смену	на все оборудование при кол-ве смен		1	2	
					1				2

При расчете годовой производительности лесопильных потоков используют методики, учитывающие большое количество приведенных ниже технологических факторов.

Среднегодовая сменная производительность лесопильной рамы на распиловке бревен одного диаметра рассчитывается по формуле

$$A_{\Pi} = \frac{\Delta \cdot n \cdot T \cdot q}{1000 \cdot l} \cdot K_x K_r K_{\Pi} K_{и}, \text{ м}^3/\text{смена}, \quad (44)$$

где  $\Delta$  – посылка за один оборот вала, мм (см. табл. 28 и 29);

$n$  – частота вращения вала, мин<sup>-1</sup>;

$T$  – длительность смены, ч;

$q$  – средний объем бревна, м<sup>3</sup>;  $l$  – средняя длина бревна, м;

$K_x$  – коэффициент хода пильной рамы  $\left( K_x = \frac{H}{600} \right)$ , где  $H$  – ход пильной рамки, мм;

$K_r$  – коэффициент среднегодовых условий работы;

$K_{\Pi}$  – коэффициент объемного выхода пиломатериалов;

$K_{и}$  – коэффициент использования потока.

Т а б л и ц а 28

Значение величины посылки, мм, для рам Р65-4М и РД75-6

Число пил в поставе	Диаметр пиловочника (сосна), см							
	Р65-4М				РД75-6			
	20	30	40	44	20	30	40	44
6	16	11	9	7	34	22,5	17,5	15,5
8	11	8	6	5	34	22,5	17,5	15,5
10	10	7	5	4	32	21	15	12,6
11	9	6	4	3	29,5	19	13,6	11,4
12	8	5	3	3	27	17,5	12,6	10,4

Т а б л и ц а 29

Расчётное число пил в поставе

Способ распиловки	Диаметр брёвен, см	Число пил в поставе, шт.
Бревна вразвал и развал бруса	14...22	8
	24...28	9
	30...34	10
	36...40	11
	42...52	12
Бревна с брусковой на 2 бруса	до 30	7
	32...40	9
	42...52	11
Бревна с брусковой на 1 брус	14...24	6
	26...36	8
	38...48	10
	50...52	12

При расчете производительности распиливания древесины других пород табличную величину корректируют соответствующими поправочными коэффициентами, равными: для лиственницы и березы – 0,85; дуба и ясеня – 0,65, бука – 0,70, ольхи – 0,95, осины – 1,00.

Поправочный коэффициент  $K_T$  принимают в зависимости от температурно-климатических условий места строительства (рис. 33).

Номер температурной зоны устанавливают по картам климатического районирования, приведенным в СНиП 23-01-99\*.

Среднегодовая сменная производительность фрезернопильных, фрезерно-брусующих линий, ЛАПБ и многопильных круглопильных станков, м<sup>3</sup> в смену:

$$A_{\text{П}} = \frac{U \cdot T \cdot q}{l} K_T K_{\text{Т}} K_{\text{и}}, \quad (45)$$

где  $U$  – скорость подачи, м/мин;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования оборудования;

$K_{\text{Т}}$  – то же рабочего времени.

Для линий на базе однопильного ленточного станка формула (45) примет вид

$$A_{\Pi} = \frac{U \cdot T \cdot q}{l \cdot z} K_{\Gamma} K_T K_{\Pi}, \quad (46)$$

где  $z$  – число резов.

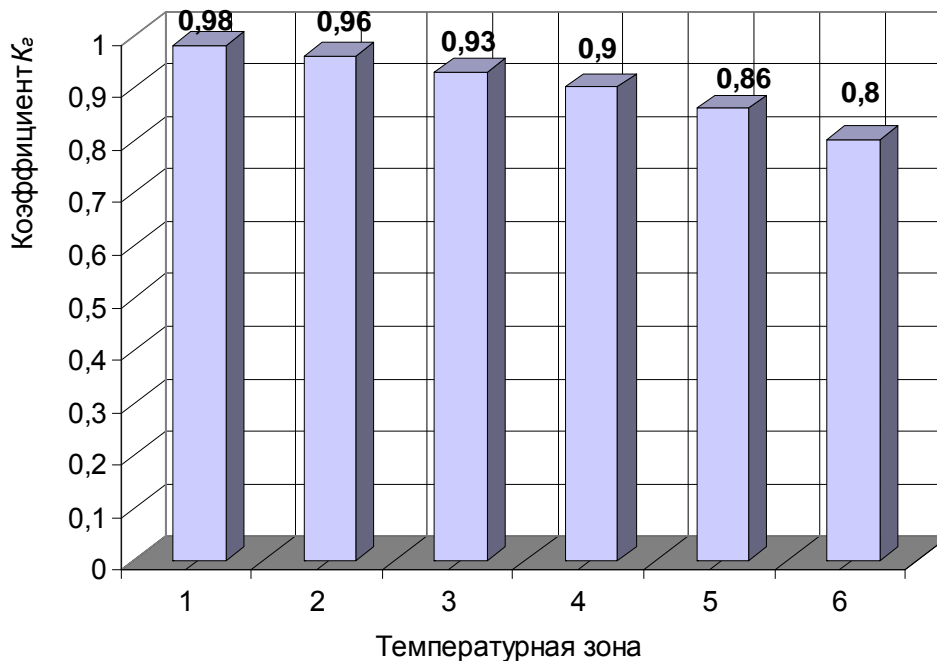


Рис. 33. Значение коэффициента среднегодовых условий работы

Коэффициент  $K_{\Pi}$  для оборудования, встроенного в поток, определяется коэффициентом использования всего лесопильного потока. Для большинства потоков (исключение – потоки на базе одноэтажных рам) значение  $K_{\Pi}$  можно найти из равенства

$$K_{\Pi} = \left( 1 + \frac{t_{\text{в}} + \sum t_{n1} + \Delta_n \sum t_{n2}}{t_p} \right)^{-1}, \quad (47)$$

где  $t_{\text{в}}$  – длительность межторцовых разрывов или вспомогательных операций, с;

$\sum t_{n1}$  – суммарные внецикловые потери времени работы головного станка потока, с (табл. 30);

$\Delta_n$  – коэффициент наложения потерь;

$\sum t_{n2}$  – суммарные внецикловые потери времени работы брусоразвального станка, с;

$t_p$  – длительность распиливания бревна, с.

Величину  $t_p$  рассчитывают:

– для лесопильной рамы

$$t_p = \frac{60 \cdot 1000 \cdot l}{\Delta \cdot n \cdot K_x}; \quad (48)$$

– для фрезернопильных, фрезерно-брусующих, многопильных круглопильных станков и ЛАПБ

$$t_p = \frac{60 \cdot l}{U}; \quad (49)$$

– для однопильного ленточного станка

$$t_p = \frac{60 \cdot l \cdot z}{U}. \quad (50)$$

Длительность межторцовых разрывов  $t_b$  составляет:

– для двухэтажных лесопильных рам, фрезернопильных, фрезерно-брусующих, многопильных круглопильных станков и ЛАПБ при управлении загрузкой бревен оператором – 1,9 с, а при работе в автоматическом цикле – по циклограмме из технической характеристики;

– для однопильного ленточного станка

$$t_b = (t_1 + \Pi \cdot t_2 + z \cdot (t_3 + t_4) + t_5) \cdot K_n, \quad (51)$$

где  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  – длительность установки, поворота, подачи, откатки тележки, сброса отходов пиления, с;

$\Pi$  – число поворотов бревна;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий инерционность механизмов станка ( $K_n \approx 1,14$ ).

Значения временных составляющих зависят от механизма привода тележки и для электропневматического типа составляют, с:  $t_1 = 11,3$ ;  $t_2 = 13$ ;  $t_3 = 3$ ;  $t_4 = 5$ ;  $t_5 = 3,5$ .

Т а б л и ц а 30

Суммарное время внецикловых потерь

Наименование технологического процесса	$\sum t_{nl}, \text{ с}$
Распиловка на лесопильной раме:	
вразвал	3,0
с брусровкой:	
1-й проход	2,7
2-й проход	3,0
Обработка на:	
ЛАПБ со скоростью 30...36 м/мин	5,1
фрезернопильной линии со скоростью 30...36 м/мин	2,9
фрезерно-брусующей линии со скоростью 24...30 м/мин	3,1
многопильном круглопильном станке	2,7
однопильном ленточнопильном станке	10,5

Коэффициент  $\Delta_n$  показывает, какая часть потерь данного станка (участка) переходит на другие участки, и определяется по формуле

$$\Delta_n = \left( 1 + \frac{T_{\text{ц}} \cdot E}{t_{\text{ср}}} \right)^{-1}, \quad (52)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – длительность рабочего цикла, с;

$E$  – емкость накопителей брусьев, шт.;

$t_{\text{ср}}$  – среднее время простоя при ремонте: для лесопильных рам равно 100 с, для ФПЛ – 240 с, для ленточнопильных – 250 с.

Число брусьев на накопителе зависит от размеров перерабатываемых бревен и составляет: при диаметре 12...16 см – 5; при диаметре 18...22 см – 4; при диаметре 24...30 см – 3; при диаметре 30...36 см – 2; при диаметре 40 см и более – 1.

Коэффициент использования времени смены

$$K_T = K_c \cdot K_m, \quad (53)$$

где  $K_c$  – коэффициент, учитывающий подготовку сырья к распиливанию (при наличии на участке подготовки запаса круглых лесоматериалов  $K_c=0,94$ , при отсутствии – 0,83);

$K_m$  – коэффициент, учитывающий механизацию вспомогательных операций головного станка (с механизацией  $K_m=1$ , при ее отсутствии – 0,89).

Годовая производительность единицы лесопильного оборудования рассчитывается по формуле

$$Q_T = A_{\text{п}} \cdot C_m \cdot D, \quad (54)$$

где  $C_m$  – сменность;

$D$  – число рабочих дней в году.

### 3.3.4. Производственная программа лесопильного цеха

Составление производственной программы лесопильного цеха позволяет определить потребное число единиц головного оборудования для выполнения годовых объемов переработки при заданных размерно-качественных характеристиках сырья и проценте выполнения брусочки.

На первом этапе устанавливают процент брусочки и объемный выход пиломатериалов в зависимости от способа распиловки. При определении проектной мощности цеха допускается вести расчет по средней длине  $l_{\text{ср}}$  и диаметру бревен  $d_{\text{ср}}$ , распиливаемых вразвал и с брусочкой, а также по средневзвешенной величине посылки на ход лесопильной рамы  $\Delta_{\text{ср.вз}}$ .

Средний диаметр бревен подсчитывают по формуле

$$d_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{d_1^2 \cdot m_1 + \dots + d_n^2 \cdot m_n}{M}}, \quad (55)$$

где  $d_1 \dots d_n$  – диаметры бревен в верхнем отрезе, см;  
 $m_1 \dots m_n$  – количество бревен соответствующего диаметра, шт.;  
 $M$  – общее количество бревен в партии, шт.

Среднюю длину бревна рассчитывают по формуле

$$l_{\text{cp}} = \frac{l_1 \cdot n_1 + l_m \cdot n_m}{M}, \quad (56)$$

где  $l_1 \dots l_m$  – длины бревен, м;  
 $n_1 \dots n_m$  – количество бревен, шт.

Средневзвешенная величина посылки на ход лесопильной рамы определяется по зависимости

$$\Delta_{\text{cp.вз}} = \frac{100 + b}{\frac{100 - b}{\Delta_1} + \frac{2b}{\Delta_2}}, \quad (57)$$

где  $b$  – величина брусочки по объему сырья, %;  
 $\Delta_1$  – посылка при распиливании вразвал, мм/ход;  
 $\Delta_2$  – то же при распиливании с брусочкой (меньшая из посылок на первом и втором проходах), мм/ход.

Результаты проведенных расчетов сводят в итоговую табл. 31.

Т а б л и ц а 31

Расчет числа рамо-смен на 1000 м<sup>3</sup> сырья

Диаметр бревна, см	Объем древесины на 1000 м <sup>3</sup> сырья	Посылка, мм/ход	Среднегодовая производительность, м <sup>3</sup> в смену	Число рамо-смен*	
				эффектив.	установл.
<i>Распиловка вразвал</i>					
$d_{\text{cp}}$	$a_{\text{сум}}$	$\Delta_{\text{cp.вз}}$	$A_{\text{п}}$	$g$	$g$
<i>Распиловка с брусочкой</i>					
$d_{\text{cp}}'$	$a_{\text{сум}}'$	$\Delta_{\text{cp.вз}}$	$A_{\text{п}}'$	$g'$	$2g'$
Итого 100 м <sup>3</sup>		---	---	$G_{\text{эф}}$	$G_{\text{уст}}$

П р и м е ч а н и е . Установленной считается каждая рама, а эффективной – каждая рама, работающая вразвал или пара рам, работающих с брусочкой.

Размеры бревен и объем древесины на 1000 м<sup>3</sup> сырья берут из спецификации, входящей в состав задания на проектирование. При необходимости производят пересчет к требуемому объему.

$$a_i = \frac{q_i \cdot 1000}{Q}, \quad (58)$$

где  $q_i$  – объемы бревен по спецификации, м<sup>3</sup>;  
 $Q$  – объем всех бревен, м<sup>3</sup>.



Производительность по каждому виду распила  $A_n$  ( $A_n'$ ) для определения годовой программы рассчитывается по формуле (44).

Число требуемых эффективных рамо-смен для распиловки бревен:

$$\text{– для распиловки вразвал} \quad g = \frac{a_{\text{сум}}}{A_n}; \quad (59)$$

$$\text{– для распиловки с брусочкой} \quad g' = \frac{a'_{\text{сум}}}{A'_n}. \quad (60)$$

Потребное число лесопильных рам (шт.):

$$m_p = \frac{Q_{\text{с.г}} \cdot G_{\text{уст}}}{1000s}, \quad (61)$$

где  $Q_{\text{с.г}}$  – годовое количество распиливаемого пиловочного сырья,  $\text{м}^3$ ;

$G_{\text{уст}}$  – общее число рамо-смен, необходимых для распиливания  $1000 \text{ м}^3$ ;

$s$  – число смен в году.

При проектировании цехов с одноэтажными лесопильными рамами их производственную мощность  $A_1$  допускается рассчитывать по упрощенной методике, предусматривающей использование формулы (44) в следующем виде [29]:

$$A_1 = \frac{60 \cdot q_{\text{ср}} \cdot \Delta \cdot n \cdot T}{1000 \cdot l_{\text{ср}} \cdot H} \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_r, \quad (62)$$

где  $\Delta$  – посылка на оборот рамы, мм (табл. 32);

$K_p$  – коэффициент использования оборудования (для лесопильной рамы Р80-2, Р63-4Б, Р65-4М значение  $K_p=0,73$ ; для рамы РК значение  $K_p=0,77$ );

$K_c$  – коэффициент способа распиловки (развальный, брусочно-развальный);

$T$  – годовой фонд времени, ч;

$H$  – норма расхода сырья на  $1 \text{ м}^3$  пиломатериалов.

Коэффициент, учитывающий способ распиливания, зависит от структуры лесопильного потока. Если в цехе установлены две лесопильные рамы, одна из которых выпиливает брус, а вторая его распиливает, то  $K_c=1$ . Если в цехе установлена одна лесопильная рама, то при распиливании вразвал  $K_c=1$ , при распиливании брусочно-развальным способом  $K_c=0,65$ .

Норму расхода сырья на  $1 \text{ м}^3$  пиломатериалов принимают по плановым показателям.

Т а б л и ц а 32

Величина посылки для одноэтажных рам при пилении различных пород\*

Диаметр бревна, см	Марка оборудования					
	Р80-2, Р63-4Е, Р-65-4М			РК		
	хвойных	лиственных		хвойных	лиственных	
		мягких	твердых		мягких	твердых
16	8,2	6,5	4,5	7,0	5,4	4,7
18	7,3	5,8	4,0	6,3	4,8	4,3
20	6,6	5,3	3,7	5,7	4,5	4,0
22	6,0	4,9	3,4	5,2	4,0	3,8
24	5,5	4,5	3,1	4,8	3,8	3,7
26	5,1	4,2	2,9	4,5	3,6	3,5
28	4,7	3,9	2,8	4,1	3,5	3,4
30	4,3	3,6	2,7	3,9	3,3	3,3
32	4,0	3,3	2,6	3,7	3,2	3,1

\*Число пил в поставе до 7.

Для учета влияния числа пил в поставе на величину посылки показатели, приведенные в табл. 32, умножают на поправочный коэффициент

Число пил в поставе	до 7	8...9	10	11...12
Поправочный коэффициент	1,00	0,92	0,85	0,80

Полученное общее число установленных рам (станков) округляется в большую сторону (если значение больше чем на 0,1 целого числа). Расчет заканчивается определением коэффициента загрузки лесопильных рам.

Количество обрезных или фрезерно-обрезных станков для выполнения производственной программы определяется исходя из количества необрезных досок, м погонной длины, поступающих с предыдущей технологической стадии потока:

$$m_o = \frac{Q_{н.д.}}{Q_o}, \quad (63)$$

где  $Q_{н.д.}$  – количество вырабатываемых необрезных досок, м;

$Q_o$  – производительность обрезного станка на обрезке, м,

$$Q_o = v \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2; \quad (64)$$

здесь  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени, 0,9...0,95;

$\varphi_2$  – коэффициент загрузки станка, 0,8...0,85;

$v$  – скорость подачи, м/мин.

Количество необрезных досок (м/мин), поступающих на обрезные станки, составляет:

– от рам, работающих вразвал:

$$l_{вр} = A_{п.м}^{вр} \cdot n_{вр}; \quad (65)$$

– от рам, работающих с брусковкой:

$$l_{бр} = A_{п.м}^{бр} \cdot n_{бр}, \quad (66)$$

где  $n_{вр}$ ,  $n_{бр}$  – число необрезных досок в поставах на развал и с брусковкой.

Производительность установленных лесопильных рам, м/мин, рассчитывают с учетом способа распиловки по формулам:

$$A_{п.м}^{вр} = \frac{\Delta_{вр} \cdot n_{вр}}{1000} \cdot K_x K \cdot m_{пр.вр}; \quad (67)$$

$$A_{п.м}^{бр} = \frac{\Delta_{бр} \cdot n_{бр}}{1000} \cdot K_x K \cdot m_{пр.бр}, \quad (68)$$

где  $K$  – коэффициент использования лесопильной рамы, 0,97...0,98;  
 $m_{пр.вр}$ ,  $m_{пр.бр}$  – принятое число рам, работающих на развал и с брусковкой.

Число необрезных досок в поставах определяют по зависимостям:

$$n_{вр} = \frac{d}{(0,5 + a_{ср})}; \quad (69)$$

$$n_{бр} = 0,24d, \quad (70)$$

где  $d$  – диаметр бревна в верхнем обресе, см;

$a_{ср}$  – средняя толщина доски, см;

0,5 – припуск на пропили и усушку, см.

С учетом формулы (63) требуемое количество обрезных станков равно:

$$m_o = \frac{Q_{н.д.}}{Q_o} = \frac{l_{вр} + l_{бр}}{Q_o}. \quad (71)$$

Приведенный выше алгоритм расчета используется при определении количества обрезных станков, обслуживающих группу лесопильных рам, и учитывает их суммарную производительность.

На практике такие станки, как правило, обслуживают самостоятельные потоки (без передачи досок с одного обрезного станка на другой). В этом случае их расчет ведут отдельно по обслуживаемым потокам с учетом его типа (распиливание со 100 %-й брусковкой, развал и др.).

Потребное число торцовочных станков определяется исходя из общего числа досок, подлежащих торцовке. В настоящее время в лесопильном цехе выполняется предварительная торцовка, а окончательная производится после сушки пиломатериалов.

Торцовочные станки устанавливают в поперечном потоке (после браковочных мест) или в продольном потоке с некоторым смещением от его оси. На современных механизированных лесопильных заводах с высокой скоростью потока размещают проходные торцовочные устройства –

стационарные круглопильные станки, располагаемые в поперечном потоке. На предприятиях с небольшим объемом переработки возможно применение позиционной торцовки, осуществляемой балансирными педальными станками.

Для проходного торцовочного устройства рассчитывается пропускная способность подающего поперечного конвейера:

$$n = \frac{U \cdot K}{r}, \quad (72)$$

где  $n$  – количество досок, поступающих на торцовочный конвейер при наибольшей производительности лесопильных рам, шт./мин;

$U$  – скорость цепей поперечного конвейера, м/мин ( $U \leq 15$  м/мин);

$K$  – коэффициент заполнения захвата цепи ( $0,9 \leq K \leq 0,95$ );

$r$  – расстояние между упорами конвейера, м.

Производительность балансирных педальных торцовочных станков при позиционной торцовке вычисляется по формуле

$$A_T = (t_1 + 2,25t_2 + t_3 + t_4)^{-1}, \quad (73)$$

где  $t_1, t_2, t_3, t_4$  – длительность операций по снятию с конвейера, торцовки, уборки и осмотра одной доски, мин.

Расчетное число пар торцовочных станков находим по формуле

$$m_T = \frac{n}{A_T}. \quad (74)$$

Заканчивается расчет определением коэффициента загрузки станков.

Расчет рубительных машин производится на основе баланса древесины и зависит от наличия операций по переработке горбылей и реек на мелкую пилопродукцию: при их наличии на рубительные машины поступает до 10...12 %, а при отсутствии – 18...20 % объема распиливаемого сырья. Производительность современных рубительных машин достигает 20...100 м<sup>3</sup>/ч. Рубительные машины имеют невысокий коэффициент использования, но их установка связана с требованиями технологических потоков; поэтому следует принимать по одной рубительной машине на каждый производственный поток.

После выполнения основной части технологического расчета лесопильного цеха определяется производительность сортировочных устройств, транспортных и других узлов, обеспечивающих выполнение вспомогательных операций технологического процесса. Результаты вспомогательного оборудования должны быть взаимоувязаны с учетом основных параметров проектируемого технологического процесса.

### 3.3.5. Планировка оборудования лесопильных предприятий

Тип лесопильного потока определяется типом головного станка. Для рамных, фрезернопильных и ленточнопильных потоков ЦНИИМОДом, СибНИИЛПом, Гипродревом и Гипролестрансом были разработаны типовые технологические схемы, которыми пользуются и в настоящее время.

*Рамные лесопильные потоки.* Лесопильные рамы могут быть установлены в один ряд при распиливании вразвал или в два ряда при распиливании с брусовкой. При этом относительно друг друга рамы могут размещаться:

– со значительным смещением от их продольных осей (на 2,5...3,5 м), что позволяет производить распиловку как вразвал, так и с брусовкой. Однако для подачи бревен требуется оборудовать каждую раму индивидуальным подающим продольным конвейером (рис. 34);

– с минимальным смещением от их продольных осей (на 0,2...0,3 м) для обеспечения возможности поворота бруса. В этом случае подача бревен осуществляется только одним продольным цепным конвейером к раме 1-го ряда.

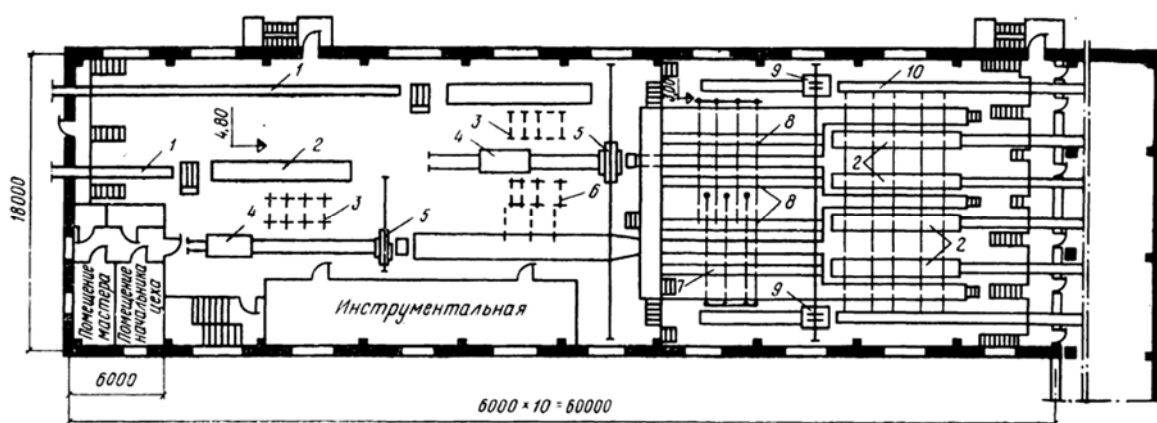


Рис. 34. Компоновочная схема оборудования двухрамного лесопильного цеха:  
1 – подающие продольные цепные транспортеры; 2 – роликовые конвейеры;  
3 – поперечные цепные лесотранспортеры-накопители; 4 – впередирамные тележки; 5 – лесопильные рамы; 6 – брусоперекладчик; 7 – поперечные цепные конвейеры для досок; 8 – роликовые столы с двумя торцовочными станками; 9 – обрезающие двухпильные станки; 10 – поперечный цепной конвейер для реек; 11 – инструментальная мастерская

Расстояние от стены до оси первой рамы и между осями первой и второй рам, работающих с брусовкой, принимается 12...13 м. При последовательной установке расстояние между ними увеличивается до 18...19 м. Обрезающие и фрезерно-обрезающие станки устанавливаются на расстоянии 12...13 м от рам 2-го ряда, а при условии установки перед обрезающими станками торцовочных станков это расстояние может увеличиваться до 19 м.

Расстояние между позиционными торцовочными станками (для торцовки боковых досок) вдоль роликового конвейера принимается 7...8 м. Эти станки обычно устанавливают за обрезными станками.

Типовая схема технологического потока на базе лесопильных рам 2Р показана на (рис. 35). Основа такого технологического процесса состоит в следующем.

Продольным конвейером бревна с участка подготовки сырья транспортируют к лесонакопителю для поштучной выдачи бревен на впередирамный механизм рамы 1-го ряда, состоящий из основной и вспомогательной тележек и оборудованный устройством для ориентации подаваемого бревна. В потоках с лесопильными рамами РД-50, 2Р50, 2Р63, РД-75 и 2Р80 вместо вспомогательной тележки часто используют поддерживающую перехватную тележку, а в потоках с рамами РД-50, 2Р50 и 2Р63 для ориентации и подачи бревен применяют конвейерные устройства.

Рама 1-го ряда распиливает бревно на двухкантный брус и необрезные доски. Она оборудована приспособлением, удерживающим горбыли на выходе. Далее брус и необрезные доски поступают на роликовый конвейер, а горбыли падают в люк, расположенный за лесопильной рамой. С роликового конвейера брус поступает на брусоперекладчик-накопитель, а необрезные доски – на поперечный конвейер.

Брусоперекладчик-накопитель поштучно выдает брус в автоманипулятор, который ориентирует его по центру постава и подает в лесопильную раму 2-го ряда, распиливающую брус на доски. Доски поступают на роликовый конвейер, а горбыли – в люк для сбора отходов. Центральные доски с роликового конвейера 9 поступают на конвейер 15, который передает их на участок торцовки и пакетирования. Боковые доски с роликового конвейера передаются на поперечный конвейер 10. Необрезные доски по поперечному конвейеру подаются механизмом поштучной выдачи на стол обрезного станка, в котором установлена пила для торцовки острого обзола.

Ширина досок формируется на обрезных или фрезерно-обрезных станках. В потоках с лесопильными рамами РД-110, 2Р100, РД-75 и 2Р80, перерабатывающих крупномерное сырье, устанавливают трех- и четырехпильные обрезные или фрезерно-обрезные станки. Обрезные доски по конвейеру 16 поступают на участок торцовки, сортирования и пакетирования.

Рейки сбрасываются на поперечный конвейер 14, а кусковые отходы направляются в рубительную машину. Щепу сортируют: кондиционную направляют в бункер, а некондиционную используют на топливо.

*Ленточнопильные потоки.* Технологические схемы потоков на базе двух ленточнопильных станков (рис. 36) рекомендуются для цехов, перерабатывающих крупномерный пиловочник без предварительной подсортировки по развальной, брусово-развальной и круговой схемам раскроя на обрезные и необрезные пиломатериалы и брусья.

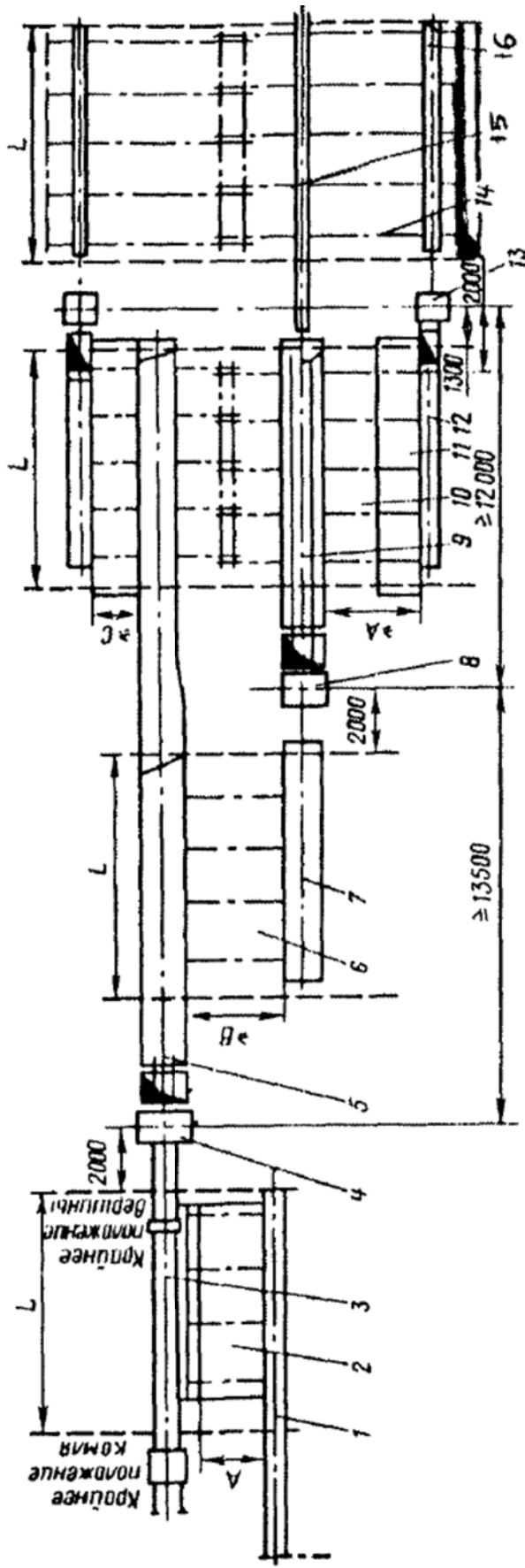


Рис. 35. Схема потока на базе лесопильных рам 2Р:  
 1 – конвейер продольный цепной; 2 – накопитель бревен с механизмом поштучной выдачи; 3 – механизм ориентации и подачи бревен; 4 – рама лесопильная 1-го ряда; 5, 9 – роликовые конвейеры; 6 – брусоперекладчик-накопитель с механизмом поштучной выдачи; 7 – автоматоманипулятор; 8 – рама лесопильная 2-го ряда; 10 – поперечный цепной конвейер; 11 – механизм поштучной выдачи досок; 12 – торцовочная пила, 13 – обрезной станок; 14 – поперечный конвейер для реек; 15, 16 – продольный конвейер для удаления досок

Марка рамы	L	A	B	C
2Р-50	$I_{бр. max} + 0,5 м$	3,0 м	3,0 м	0,2 м
2Р-63		3,0 м	3,0 м	0,2 м
2Р-80		3,0 м	3,0 м	0,2 м
2Р-100		2,0 м	2,0 м	0,2 м

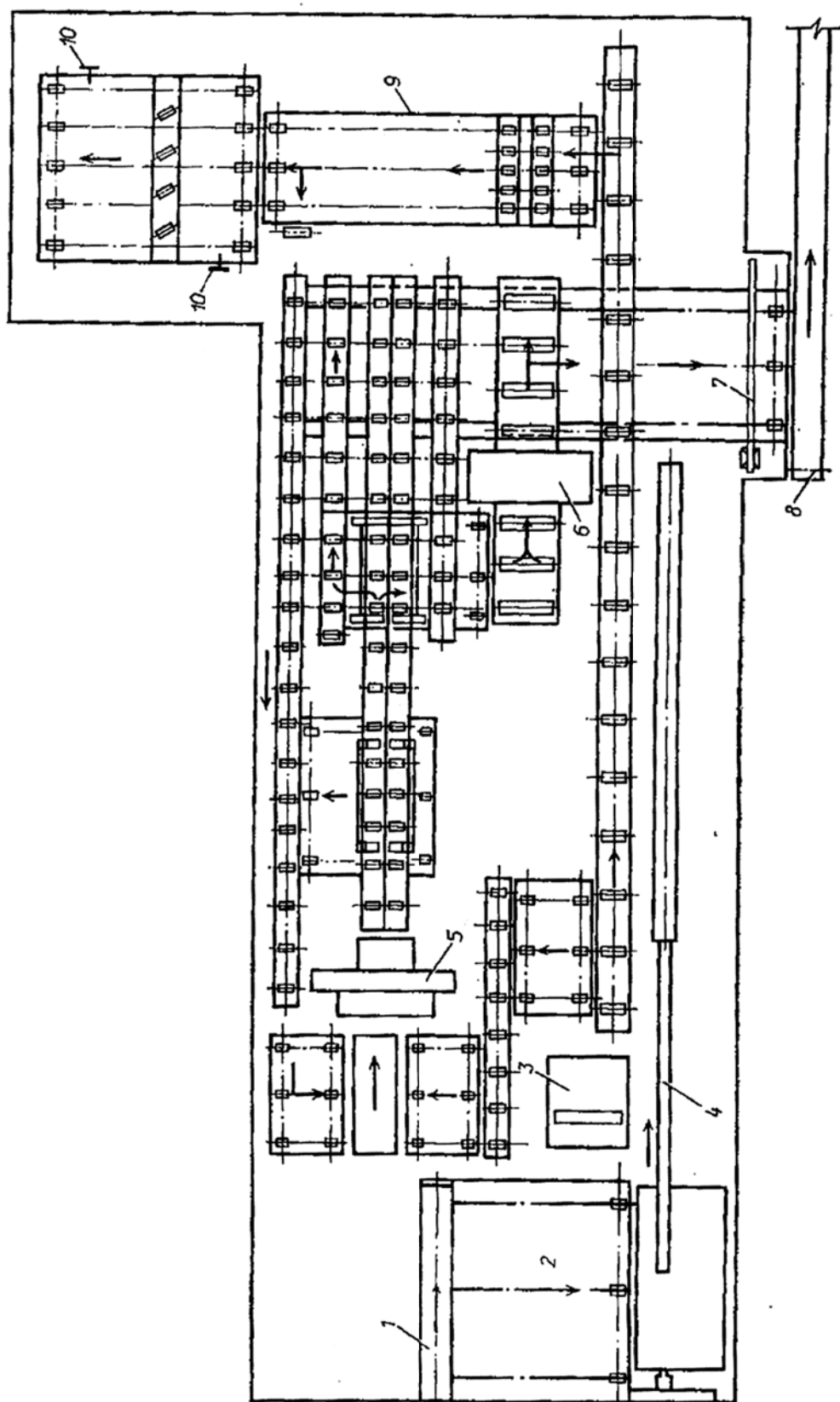


Рис. 36. Компонентная схема оборудования на базе ленточнопильных станков:  
 1 – продольный конвейер; 2 – поперечный конвейер; 3 – вертикальный конвейер; 4 – рельсовый станок; 5 – конвейер для тележки станка; 6 – горизонтальный конвейер; 7 – слешер; 8 – конвейер для отходов; 9 – цепной конвейер для доски; 10 – торцовочный станок



Технологический процесс, осуществляемый в таком цехе, заключается в следующем. На вертикальном ленточнопильном станке толстомерные и фаутные бревна распиливают на доски и брусья, а на горизонтальном станке толстые горбыли, брусья или доски раскраиваются на более мелкие. Бревна подают продольным цепным конвейером к ленточнопильному станку, на котором их распиливают индивидуальным способом.

Обрезные доски системой поперечных и продольных конвейеров направляют на торцовочное устройство и далее транспортируют за пределы цеха. Все кусковые отходы перерабатываются на технологическую щепу в рубительной машине.

Технологический процесс потока на базе фрезернопильных станков представлен на рис. 37.

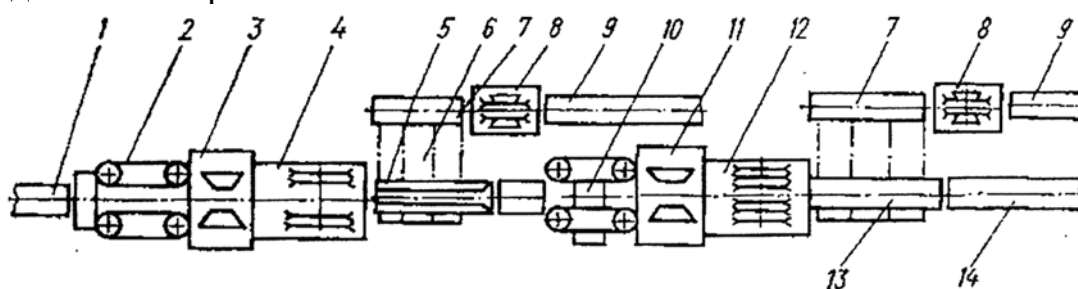


Рис. 37. Схема потока на базе фрезернопильных и фрезерно-обрезных станков:

- 1 – продольный конвейер; 2, 10 – подающие конвейеры;
- 3, 11 – фрезерно-брусующие станки; 4 – многопильный станок;
- 5, 13 – роликовый конвейер, 6 – цепной поперечный конвейер;
- 7 – впередистаночный стол; 8 – фрезерно-обрезной станок;
- 9, 13, 14 – ленточные конвейеры, 12 – многопильный станок

Поток построен на базе двух агрегатных станков ЛФП-2 и ЛФП-3 с круглопильными узлами резания. Линия 1-го ряда (ЛФП-2) предназначена для переработки бревен диаметром 10...24 см на двухкантный брус, необрезные доски и технологическую щепу. На линии 2-го ряда (ЛФП-3) двухкантный брус перерабатывается на пиломатериалы и технологическую щепу. Окоренные бревна поступают на продольный конвейер из сортировочных накопителей. Фрезерно-брусующий станок 1-го ряда вырабатывает за один проход двухкантный брус, несколько необрезных досок и технологическую щепу. Далее брус по конвейеру подается в брусующий станок 2-го ряда, из которого выходят обрезные и необрезные доски и щепы. Центральные ласки выносятся конвейером на сортировочную площадку, а все необрезные доски поперечными конвейерами подаются к фрезерно-обрезным станкам. Обрезные доски от них поступают на проходную торцовку и сортирование.

В потоках на базе фрезернопильных линий, работающих по схеме с брусковкой, можно перерабатывать бревна средних и больших диаметров, а технологический процесс аналогичен процессу двухрамного лесопильного

потока. Однако он требует увеличения производственной площади цеха из-за установки в потоках дополнительных обрезных или фрезерно-обрезных станков.

*Линии агрегатной переработки бревен.* Их преимущество заключается в максимальном совмещении в одном агрегате всех технологических операций по формированию сечений пиломатериалов и выработке технологической щепы. Этот подход обеспечивает увеличение производительности труда в 1,5...2 раза по сравнению с рамными и ленточнопильными потоками, а также повышение качества продукции и уровня утилизации древесины до 92 %. Однако при работе по агрегатному методу несколько снижается выход пилопродукции и возможна переработка сырья только с ограниченной кривизной.

*Фрезерно-брусующая линия (ФБЛ)* предназначена для переработки бревен диаметром 8...16 см на брус (доски) и технологическую щепу (рис. 38). Линию ФБЛ обслуживают 2 работника – оператор и помощник оператора. По типовому варианту технологии сначала окоренные и рассортированные по диаметрам бревна продольным конвейером 1 передаются на подающий конвейер фрезерно-брусующего станка. В станке бревно перерабатывается на двухкантный брус и технологическую щепу. Брус по роликовому конвейеру передается механизмом ориентации и подачи бруса 5 в многопильный круглопильный станок, в котором брус раскраивается на доски, поступающие на продольный конвейер. Падающие в люк горбыли направляют в рубительную машину. С продольного конвейера доски поступают на поперечный конвейер, где их торцуют, а затем конвейером 11 передаются на следующий участок.

По другому варианту в линии устанавливают фрезерно-брусующий станок 6 для переработки горбыльной зоны бруса на технологическую щепу. Щепа от фрезерно-брусующих станков поступает в бункер-накопитель.

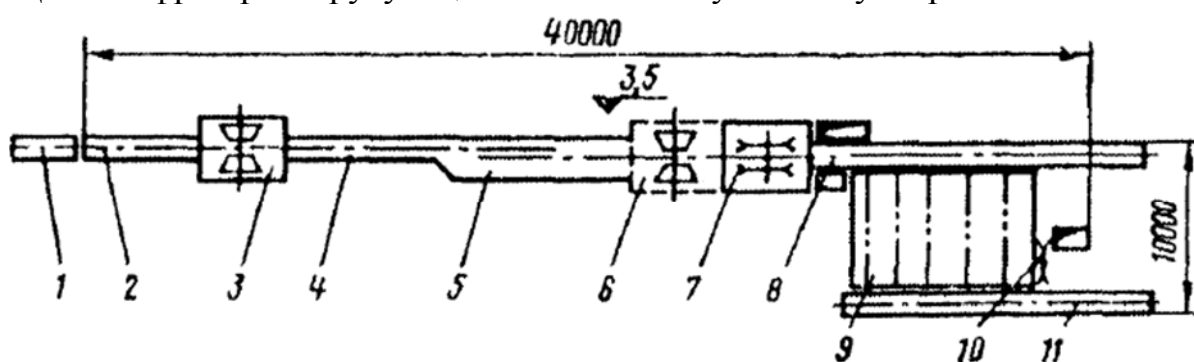


Рис. 38. Технологическая схема фрезерно-брусующей линии:  
 1 – конвейер продольный цепной; 2, 4 – околостаночное оборудование;  
 3 – станок фрезерно-брусующий 1-го ряда; 5 – механизм ориентации и подачи бруса; 6 – станок фрезерно-брусующий 2-го ряда; 7 – многопильный станок;  
 8, 11 – продольные конвейеры; 9 – поперечный конвейер;  
 10 – торцовочный станок

*Линия агрегатной переработки бревен (ЛАПБ).* Отечественное фрезернопильное оборудование агрегируется в виде линий. В линиях ЛАПБ реализуется развальный раскрой бревен, а в линиях ЛФП-1, ЛФП-2 и ЛФП-3 – брусоразвальный. На линии ЛФП-2 производится раскрой бревен, а на линии ЛФП-3 – раскрой брусьев.

Линии ЛАПБ, ЛФП-2 и ЛФП-3 оснащены круглопильными узлами резания. В линии ЛФП-1 для распиловки бревен применяют два сдвоенных ленточнопильных станка ЛБ-150, а для распиловки брусьев – многопильный круглопильный станок Ц12Д-1. В узлах фрезерования линий ЛФП-1, ЛФП-2 и ЛФП-3 установлены малорезцовые торцово-конические фрезы. В линии ЛАПБ (рис. 39) для получения технологической щепы используют однорезцовые фрезы, в линии ЛАПБ-2 – двух- и четырехрезцовые.

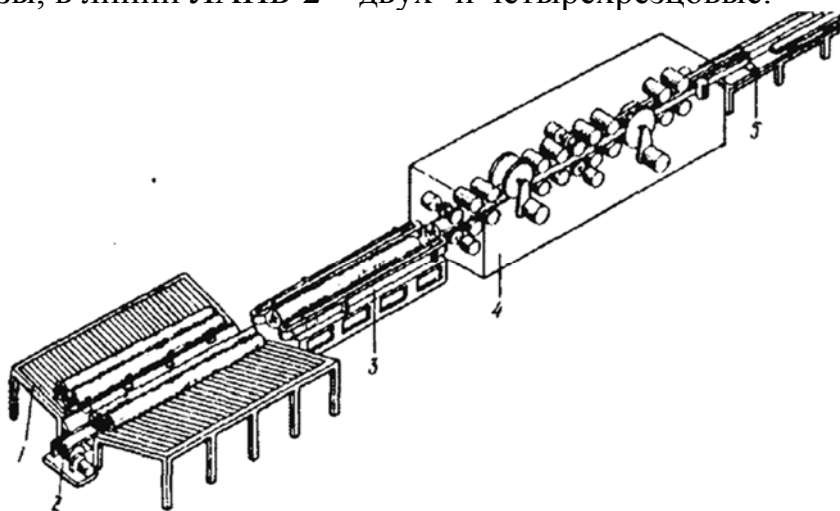


Рис. 39. Линия агрегатной переработки бревен ЛАПБ-2:  
 1 – накопитель с механизмом поштучной выдачи бревен; 2 – конвейер догона;  
 3 – впередиагрегатный конвейер; 4 – фрезернопильный агрегат;  
 5 – позадиагрегатный конвейер

Линия ЛАПБ-2 предназначена для переработки пиловочника хвойных пород диаметром 14...18 см по развальной схеме на обрезные пиломатериалы с получением технологической щепы. Линия работает следующим образом (рис. 40).

Окоренные и рассортированные по диаметрам бревна продольным конвейером 1 подаются на лесонакопитель вместимостью до 6...7 бревен. С накопителя бревна поступают в подающий конвейер комбинированного фрезернопильного станка, где перерабатываются на обрезные доски и технологическую щепу. С роликового конвейера боковые доски попадают на поперечный конвейер, а центральные по конвейеру поступают на участок формирования пакетов. На поперечном конвейере боковые доски проходят предварительную торцовку и конвейером 8 передаются на участок сортировки и пакетирования. Щепа от комбинированного фрезернопильного станка поступает в бункер.

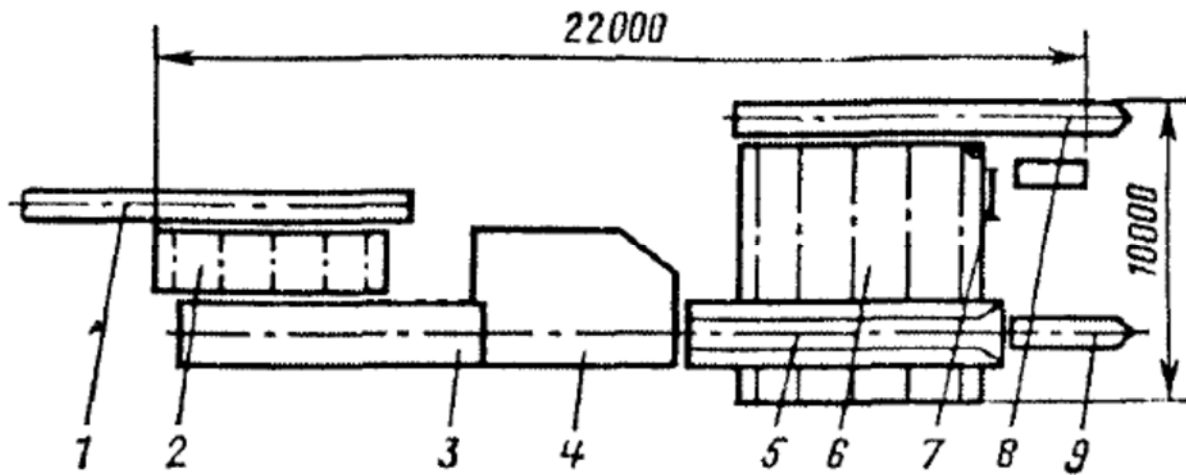


Рис. 40. Технологическая схема линии агрегатной переработки бревен:  
 1 – цепной конвейер для бревен; 2 – накопитель бревен; 3 – механизм ориентации и подачи бревен; 4 – агрегат ЛАПБ; 5 – разделительный конвейер; 6 – поперечный цепной конвейер; 7 – торцовочная пила; 8, 9 – ленточные конвейеры

*Фрезернопильная линия (ФПЛ)* предназначена для переработки бревен хвойных пород одного четного диаметра по брусово-развальной схеме раскроя на пиломатериалы и технологическую щепу. Окоренные и рассортированные по диаметрам бревна подаются продольным цепным конвейером на подающий конвейер головного фрезернопильного станка (рис. 41). На головном станке из бревна вырабатывают двухкантный брус, необрезные доски и технологическую щепу.

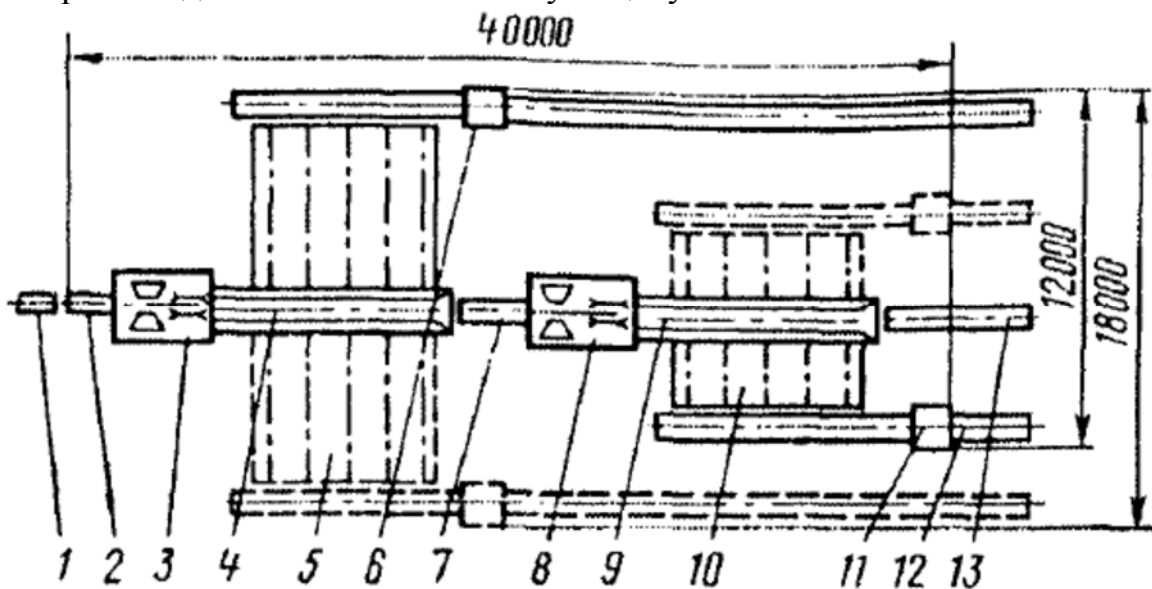


Рис. 41. Технологическая схема фрезернопильной линии:  
 1 – продольный цепной конвейер; 2, 4 – околостаночное оборудование; 3 – фрезернопильный станок; 5, 10 – поперечные конвейеры; 6, 11 – фрезерно-обрезные станки; 7 – механизм ориентации и подачи бруса; 8 – фрезернопильный станок для бруса; 9 – роликовый конвейер; 12, 13 – продольные конвейеры

Брус и доски поступают на роликовый конвейер, с которого доски подаются на поперечные конвейеры, а брус направляется в механизм ориентации и подачи фрезернопильного станка 2-го ряда. На этом станке из бруса вырабатываются доски и технологическая щепа. С разделительного роликового конвейера боковые доски поступают на поперечные конвейеры, а центральные по конвейеру 13 – на участок формирования пакетов. Необрезные доски поступают к фрезерно-обрезным станкам и конвейером 12 направляются на участки предварительной торцовки, сортирования и пакетирования. Щепа от фрезернопильных и фрезерно-обрезных станков транспортируется в бункер-накопитель.

*Потоки с круглопильными станками.* Технологическая схема потока на базе круглопильного станка Kara-Master (рис. 42) рекомендуется для цехов малой мощности с объемом перерабатываемого сырья до 20 тыс. м<sup>3</sup> сырья в год без подсортировки и предусматривает распиловку бревен по развальной, брусово-развальной и круговой схемам раскря на обрезные и необрезные пиломатериалы и брусья.

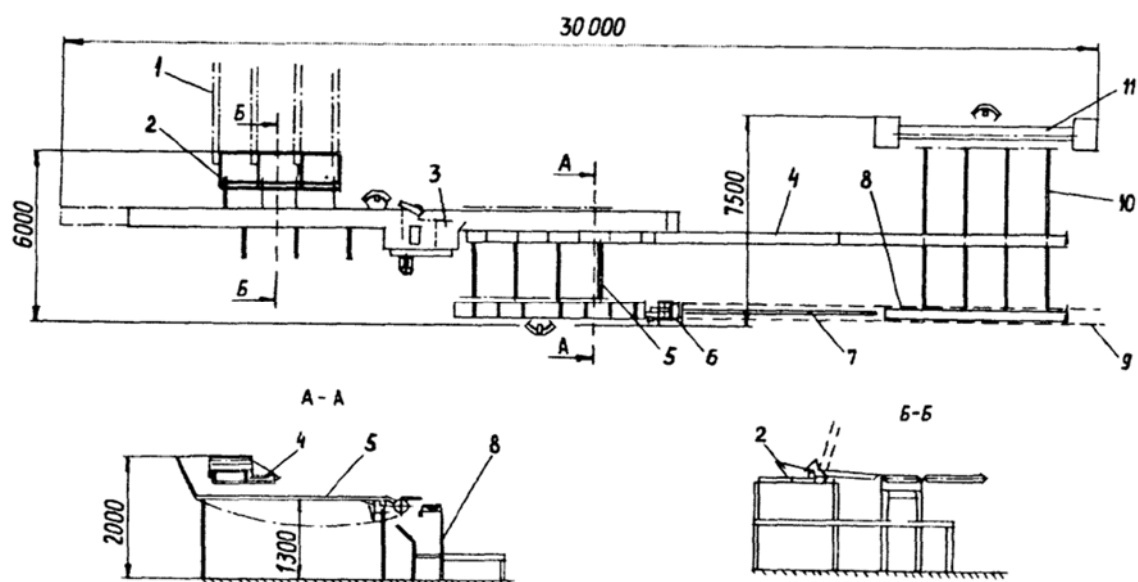


Рис. 42. Схема участка лесопильного цеха с круглопильным станком [31]:  
 1 – складской конвейер; 2 – устройство поштучной подачи бревен;  
 3 – станок; 4 – продольный конвейер 12 м; 5 – поперечный конвейер 3 м;  
 6 – двойной обрезной станок; 7 – реечноотделительная лента;  
 8 – продольный конвейер 6 м; 9 – конвейер для отходов; 10 – поперечный конвейер 6 м; 11 – торцовочный станок

## Контрольные вопросы

1. Основные показатели сырьевой базы лесопильного производства.
2. Расчет количества перерабатываемого пиловочного сырья.
3. Метод определения степени использования пиловочника и норм его расхода.
4. Выбор технологической схемы лесопильного цеха. Структурная схема лесопильного потока на базе пильных рам.
5. Как осуществляется оценка вариантов технологических схем лесопиления?
6. Критерии выбора транспортного оборудования лесопильных цехов.
7. Метод расчета годовой программы лесопильного цеха.
8. Классификация и типы бревнопильного оборудования.
9. Критерии выбора типа головного оборудования лесопильного цеха.
10. Расчет производительности оборудования позиционного типа.
11. Расчет производительности оборудования проходного типа.

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 4.1. Проектирование предприятий по производству фанеры

#### 4.1.1. Производственная программа фанерных предприятий

Тип предприятий этого профиля определяется уровнем их специализации, по степени которой различают [32]:

1. Специализированные предприятия по выпуску фанеры.
2. Комбинаты по производству клееных плитных материалов, дополнительно включающие участки по производству ДСтП и ДВП, утилизирующие отходы фанерного производства.
3. Узкоспециализированные предприятия по выпуску шпона.
4. Предприятия по производству фанеры и изделий из нее.

Для расчета производственной программы используют следующие исходные данные:

- а) детализированное описание продукции;
- б) марку головного оборудования (прессов) и их количество;
- в) характеристики используемого сырья (порода, средний диаметр, длина, распределение по сортам), возможность поставки в кряжах или чураках, способ доставки (водный или сухопутный).

Производственная мощность фанерных предприятий определяется мощностью основного технологического оборудования – клеильных прессов. Для расчета производственной мощности в качестве типового (эталонного) принимается клеильный пресс с 15 рабочими промежутками, немеханизированной загрузкой и выгрузкой пакетов, выпускающих фанеру форматом 1525×1525 мм. Производственная мощность такого пресса ( $П_{\text{эт}}$ ) при получении фанеры листовых пород ФК толщиной 4 мм с трехслойной закладкой по четыре листа в рабочий промежуток составляет 3,35 м<sup>3</sup>/ч.

Часовую производительность  $П_{\text{час}}$  определяют отдельно для каждой марки фанерной продукции:

$$П_{\text{час}} = П_{\text{эт}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{т}}, \quad (75)$$

где  $П_{\text{эт}}$  – производительность эталонного пресса, м<sup>3</sup>/ч;

$K_{\text{ф}}$  – коэффициент формата, равный отношению площади обрезного листа фанеры к площади эталонной продукции;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент промежутков, равный отношению числа этажей пресса, к числу этажей эталонного пресса (характеристики прессов приведены в табл. 33);

$K_{\text{м}}$  – коэффициент механизации (для цехов с предварительной подпрессовкой пакетов  $K_{\text{м}}=0,95$ , в остальных случаях  $K_{\text{м}}=1,02$ );

$K_T$  – технологический коэффициент фанеры определенного типоразмера (табл. 34).

Годовая программа  $M$  определяется по следующей формуле,  $m^3$ :

$$M = \Pi_{\text{час}} \cdot N \cdot T_{\text{эф}}, \quad (76)$$

где  $N$  – число прессов;

$T_{\text{эф}}$  – фонд эффективного времени работы одного пресса, равный для трехсменной работы 6000 ч.

Т а б л и ц а 33

Технические характеристики клеильных прессов

Параметр	Марка пресса			
	П714Б	ДА 4438	Д4038	Д 4042 Ф1
Усилие пресса, мН	6,3	6,3	6,3	16,0
Давление прессования, МПа	2,2	2,2	2,5	3,0
Число этажей	15	20	20	20
Скорость смыкания плит, мм/с	80	108	120	-
Размер плит, см	165×175	165 ×175	165 ×175	330×170
Схема прессования	Бесподдонная			На поддонах
Размеры пресса, м	6,86×5,55×2,83	9,33×8,0×5,15	11,0×8,7×4,8	17,5×3,8×6
Масса, т	41,5	73	95	123,5

Т а б л и ц а 34

Технологические коэффициенты фанеры

Толщина плит, мм	Плиты фанерные на смолах			Толщина плит, мм	Плиты фанерные на смолах	
	карба-мидных	СФЖ-3011	СФЖ-3013		СФЖ-3011	СФЖ-3013
14	0,513	0,385	0,436	29	0,208	0,275
15	0,533	0,396	0,455	30	0,212	0,245
16	0,553	0,395	0,451	33	0,217	0,260
18	0,545	0,436	0,435	35	0,216	0,265
20	0,331	0,298	0,331	40	0,222	0,283
22	0,349	0,306	0,360	45	0,218	0,296
25	0,374	0,240	0,336	53	0,224	0,279

П р и м е ч а н и е . Коэффициенты указаны для плит форматом 1525 × 1525 мм, по 1 листу в промежутке пресса.

Пропускная способность других участков фанерного завода (гидротермической обработки, луцильный, сушильный) увязывается с мощностью основного цеха. Проверочный расчет производительности участка гидротермообработки производят по формулам [32]:

✓ для открытых варочных бассейнов

$$\Pi_{\text{сут}}^{\text{откр.б}} = \Pi_c \cdot F_c, \quad (77)$$

где  $\Pi_c$  – суточная производительность 1  $m^2$  бассейна,  $m^3$  (табл. 35);

$F_c$  – площадь бассейна,  $m^2$ .



Величина  $\Pi_c$  при мягких режимах обработки сырья

Начальная температура древесины, °С	Загрузка чураков контейнерами длиной 1,6 м	Загрузка кряжей				
		пучками по 6 м	контейнерами массой, т			
			6,5	7,5	8,5	10
-10	1,05	0,93	0,57	0,75	0,77	0,97
-20	0,79	0,70	0,43	0,56	0,50	0,73
-30	0,68	0,60	0,37	0,48	0,43	0,63

✓ для закрытых варочных бассейнов с мотовилом

$$\Pi_{\text{сут}}^{\text{закр.б}} = \frac{\pi \cdot K_p \cdot K_3 \cdot R^2 \cdot l_c \cdot T}{2\tau}, \quad (78)$$

где  $K_p$  – коэффициент рабочего времени ( $K_p=0,95$ );

$K_3$  – коэффициент заполнения бассейна ( $K_3=0,60$ );

$R$  – радиус мотовила, м (2,5; 2,75 или 3,5 м);

$l_c$  – длина чурака, м;

$\tau$  – время прогрева чураков, ч;

$T$  – продолжительность смены, ч.

Производственная мощность лущильного и сушильного участков определяется в условной продукции – березовом шпоне толщиной 1,5 мм, со стороной листа 1600 мм. Проверочный расчет пропускной способности лущильного цеха производится по эталонным лущильным станкам. За эталонный принимается лущильный станок, оснащенный центровочно-загрузочными приспособлениями и телескопическими шпинделями для лущения чураков длиной 1,6 м на шпон толщиной 1,5 мм. Часовая производительность эталонного лущильного станка составляет 2,9 м<sup>3</sup> шпона. Пропускную способность лущильного цеха определяют по формуле

$$M_{\text{л.эт}} = \Pi_{\text{эт}}^{\text{год}} \cdot N_{\text{эт}} \cdot K_o, \quad (79)$$

где  $N_{\text{эт}} = \sum_{i=1}^m n_i \cdot K_{\text{к-з}} \cdot K_{qi}$ ;

$\Pi_{\text{эт}}^{\text{год}}$  – годовая производительность эталонного лущильного станка при работе в три смены, равная 17,4 тыс. м<sup>3</sup>;

$N_{\text{эт}}$  – число эталонных станков, эквивалентных по мощности лущильным станкам данного цеха;

$K_o$  – коэффициент, учитывающий оснащение предприятия окорочными станками (при их наличии  $K_o = 1,08$ , при отсутствии  $K_o = 1,0$ );

$n_i$  – число лущильных станков  $i$ -го типа;

$m$  – число типов лущильных станков;

$K_{ц-з}$  – коэффициент, учитывающий наличие центровочно-загрузочного приспособления и телескопических шпинделей (при отсутствии  $K_{ц-з}=0,98$ );

$K_{qi}$  – коэффициент перевода к эталонному станку (табл. 36).

Т а б л и ц а 36

Коэффициент перевода к эталонному станку

Наименование показателя	Длина чурака, м					
	1,3	1,6	1,9	2,3	2,5	2,6
$K_{qi}$	0,84	1,0	1,125	1,31	1,39	1,43

Луцильные станки, используемые для оцилиндровки чураков, при определении мощности луцильного цеха включаются в общее число луцильных станков.

Производительность луцильного станка, м<sup>3</sup>/ч:

$$\Pi_{ч} = \frac{3600 \cdot K_p \cdot V_{ч} \cdot P_{д.ш}}{100 \cdot t_{ц}}, \quad (80)$$

где  $K_p$  – коэффициент рабочего времени ( $K_p=0,94\dots0,95$ );

$V_{ч}$  – объём чурака, м<sup>3</sup>;

$P_{д.ш}$  – выход делового шпона, %;

$t_{ц}$  – время лущения одного чурака, с.

Основными составляющими цикла являются затраты времени на оцилиндровку и лущение ( $t_{оц}$ ), а также времени на вспомогательные операции ( $t_{всп}$ ), с:

$$t_{оц} = \frac{30 \cdot [(K_{ф} + 0,02) \cdot D_c - d_k]}{S_{ш} \cdot n_{ш}}, \quad (81)$$

где  $K_{ф}$  – коэффициент формы чурака, учитывающий степень превышения максимального диаметра чурака над номинальным диаметром  $D_c$  (для березы  $K_{ф}=1,2$ ; для сосны  $K_{ф}=1,15$ );

$S_{ш}$  – толщина шпона, мм;

$d_k$  – средний диаметр карандаша, мм;

$n_{ш}$  – частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.

Для шпона толщиной менее 1 мм рекомендуется использовать высокую частоту вращения шпинделя, а для шпона толщиной более 1,8 мм – пониженную.

Все остальные операции относятся к вспомогательным, и их время ( $t_{всп}$ ) колеблется в интервале 9...13 с. Средняя производительность луцильных станков составляет 3...4 м<sup>3</sup>/ч.

Пропускная способность ножниц с возвратно-поступательным движением ножа, м<sup>3</sup>/ч:

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot K_p \cdot V_{\text{л}} \cdot K_{\text{р.л}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (82)$$

где  $K_p$  – коэффициент использования рабочего времени ( $K_p=0,94\dots0,95$ );

$V_{\text{л}}$  – объём одного листа шпона, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{ц}}$  – время цикла рубки одного лист, с ( $t_{\text{ц}}=2,4$  с);

$K_{\text{р.л}}$  – продолжительность рубки листов в долях от продолжительности полного цикла получения шпона от одного чурака (принимается равной 0,7).

Необходимо, чтобы пропускная способность ножниц была больше, чем производительность луцильного станка. В противном случае производительность линии «лущение – рубка – укладка» шпона принимается равной производительности ножниц.

Проверочный расчет пропускной способности сушильного цеха производится по годовой производительности сушильных агрегатов, установленных в цехе, м<sup>3</sup>:

$$M = 60K_p \cdot l_p \cdot S_{\text{ш}} \cdot n \cdot \left(\frac{L}{t}\right) \cdot K_{\text{ш}} \cdot K_{\text{д}} \cdot \left(\frac{L}{L-l}\right) \cdot N \cdot T_{\text{эф}}, \quad (83)$$

где  $K_p$  – коэффициент рабочего времени,  $K_p=0,87\dots0,9$ ;

$l_p$  – длина ролика, м;

$S_{\text{ш}}$  – толщина шпона, м;

$n$  – число этажей роликовой сушилки;

$L$  – рабочая длина сушилки, м;

$l$  – длина секций охлаждения, м;

$t$  – время сушки шпона, мин;

$K_{\text{ш}}$  – коэффициент заполнения ширины сушилки,  $K_{\text{ш}}=0,7\dots0,8$ ;

$K_{\text{д}}$  – коэффициент заполнения длины сушилки,  $K_{\text{д}}=0,9\dots0,98$ ;

$N$  – число сушилок;

$T_{\text{эф}}$  – фонд эффективного времени работы ( $T_{\text{эф}} = 6000$  ч).

Для повышения качества шпона производят его починку, которой подвергается приблизительно 25...30 % всего объема шпона. Шпон из сырья 1-го сорта требует примерно 30 % починки, из 2-го сорта – 36%, из 3-го сорта – 57%. В среднем производительность составляет 100...150 листов в час (0,4 м<sup>3</sup>/ч). Более точно производительность шпонопочиночного станка (листов в час) рассчитывают по формуле

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot K_p}{t_p + m \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{в}})}, \quad (84)$$

где  $K_p$  – коэффициент рабочего времени ( $K_p=0,95\dots0,96$ );

$t_p$  – время ручных операций ( $t_p=6\dots7$  с);

$m$  – количество дефектов на 1 лист ( $m=5\dots15$ );  
 $t_b$  – время на установку вставки ( $t_b=1\dots2$  с);  
 $t_{\pi}$  – время на перемещение листа ( $t_{\pi}=0,4\dots0,8$  с).

Операция по проклейке ребер кускового шпона производится для получения полноформатных листов, что также обеспечивает повышение его качества: на 1 % ребросклеенного шпона повышение сортности фанеры достигает 0,7 % [32].

Производительность ребросклеивающих станков, м<sup>3</sup>/ч:  
– с продольной подачей (например, РС-9)

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot K_p \cdot K_m \cdot U \cdot b_{\text{ш}} \cdot S_{\text{ш}}}{\frac{b_{\text{ш}}}{b_{\text{к}}} - 1}; \quad (85)$$

– с поперечной подачей (например, РСП-2, РСП-10):

$$\Pi_{\text{ч}} = 60 \cdot K_p \cdot K_m \cdot U \cdot b_{\text{ш}} \cdot S_{\text{ш}}, \quad (86)$$

где  $K_p$  – коэффициент рабочего времени (0,96...0,98);  
 $K_m$  – коэффициент машинного времени ( $K_m=0,85$ );  
 $U$  – скорость подачи, м/мин;  
 $b_{\text{ш}}$  – ширина листа шпона, м;  
 $b_{\text{к}}$  – ширина кускового шпона, м;  
 $S_{\text{ш}}$  – толщина шпона, м.

Станки с продольной подачей малопродуктивны (0,3...0,4 м<sup>3</sup>/ч), поэтому целесообразно проектировать линии с установкой станков РСП-2 (РСП-10), в которых отсутствуют операции возврата кусков шпона.

Соответствие возможностей производственных площадей мощностям фанерного предприятия проверяют, используя норматив площади на выпуск 1 м<sup>3</sup> фанеры, который составляет 0,37...0,4 м<sup>2</sup> при работе в три смены и 0,74...0,8 – при работе в две смены. Участки гидротермической обработки сырья не включают в состав производственной площади.

#### 4.1.2. Расчет необходимого числа оборудования

Расчетное число станков для выполнения годовой программы находят по формуле

$$n_p = \frac{Q_{\Gamma}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (87)$$

где  $Q_{\Gamma}$  – годовой объем переработки участка фанерного предприятия, м<sup>3</sup>: для участка раскроя это потребный объем кряжей, для участка окорки и гидротермической обработки – объем чураков, для луцильного цеха – потребность в сыром шпоне и т.п.;

$\Pi_r$  – годовая производительность данного станка,

$$\Pi_r = \Pi_{\text{ч}} \cdot T_{\text{эф}}; \quad (88)$$

здесь  $\Pi_{\text{ч}}$  – часовая производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$T_{\text{эф}}$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч, зависящий от принятой сменности работы (в три смены  $T_{\text{эф}}=6000$ ; в две  $T_{\text{эф}}=4160$ ; в одну  $T_{\text{эф}} = 2080$ ).

Фанерные предприятия относятся к предприятиям непрерывного цикла, поэтому основное оборудование работает в 3 смены. Годовой фонд рабочего времени определяют из расчета 95 выходных и праздничных дней в году и 10 дней остановки оборудования на ремонт. Число рабочих суток составляет 260, а число смен – 780. Далее устанавливают принятое число станков  $n_{\text{пр}}$  и определяют процент загрузки оборудования.

Первая операция технологического процесса производства фанеры – разделка сырья. Для обеспечения надежности работы всего предприятия целесообразно предусматривать не менее двух станков на этой операции. Часовая производительность станков определяется по циклу одного реза или берется из паспортной характеристики оборудования. Это же касается и окорочных станков. В расчет следует закладывать минимальные скорости подачи, используемые в зимний период [32].

На участке гидротермической обработки время прогрева сырья определяют по справочным данным или по расчетной методике, рассматриваемой в рамках курса «Тепловая обработка и сушка древесины».

При расчете потребности в станках следует отдельно вычислить часовую производительность лущильного станка и ножниц для рубки шпона, а затем определить потребность в линиях «лущение – рубка» по меньшей производительности.

Выбор схемы организации труда в лущильном цехе зависит от размерно-качественных характеристик сырья и объема производства. Неотъемлемыми частями технологической цепочки являются системы сбора и переработки вторичного сырья – шпона-рванины, карандашей, кускового и неформатного шпона.

Выбор марки сушилки должен производиться с учетом того, что базовой отечественной моделью является сушилка СРГ-25М, а из зарубежного оборудования – линии сушки и сортирования шпона от финской фирмы «Raute».

Для переработки кускового шпона в форматный широко применяются современные линии, объединяющие прирубку и поперечное ребросклеивание шпона. Клеильно-обрезной цех формируется на базе заданного количества головного оборудования – клеильных прессов.

Участок нанесения клея и сборки пакетов следует планировать с учетом максимальной механизации работ и использования холодной подпрессовки пакетов. Дальнейшая обработка фанеры включает в себя выдержку

необрезной фанеры, форматную обрезку, ремонт, сортирование, шлифование и упаковку фанеры.

По итогам расчета производительности станков и их потребности составляют сводную ведомость загрузки оборудования (табл. 37).

Т а б л и ц а 37

Сводная ведомость загрузки оборудования

№ п/п	Операция	Марка станка	Сменность	П <sub>ч</sub> , м <sup>3</sup>	П <sub>г</sub> , м <sup>3</sup>	Объем работ, м <sup>3</sup>	N <sub>пр</sub> , шт.	Загрузка, %
1	Окорка							
2	Разделка							
...	и т.д.							
n	Шлифование							

При неполной загрузке отдельных станков можно уменьшить сменность их работы, однако это вызывает необходимость выделения дополнительных площадей для хранения увеличенного буферного запаса полуфабрикатов.

Наиболее сложным этапом заполнения табл. 37 является установление объема работ на каждую операцию. Очевидно, что объем работ определяется количеством материала, выходящего от предыдущего станка: для окорки это объем кряжей, для разделки – объем чураков, для линий «лущение – рубка» – сырой объем делового шпона и т.д.

При расчете загрузки горячих прессов за объем работ принимают программу предприятия, выраженную в м<sup>3</sup> чистообрезной фанеры. Это же касается форматно-обрезных станков и линий сортирования фанеры. Загрузка шлифовальных станков зависит от доли продукции, подлежащей шлифованию. При расчете объемов толщина шлифованной и нешлифованной фанеры считается одинаковой.

#### 4.1.3. Выбор схем технологического процесса и планировка оборудования

Базовый вариант схемы технологического процесса производства фанеры достаточно сложен и может иметь существенные различия по ходу процесса, в зависимости от вида сырья, ассортимента продукции и имеющегося (или предполагаемого к установке) технологического оборудования (рис. 43).

Первой технологической операцией, проводимой в фанерном цехе, является окорка сырья. План расположения оборудования окорочно-распиловочного участка фанерного завода на четыре пильных агрегата приведен на рис. 44.

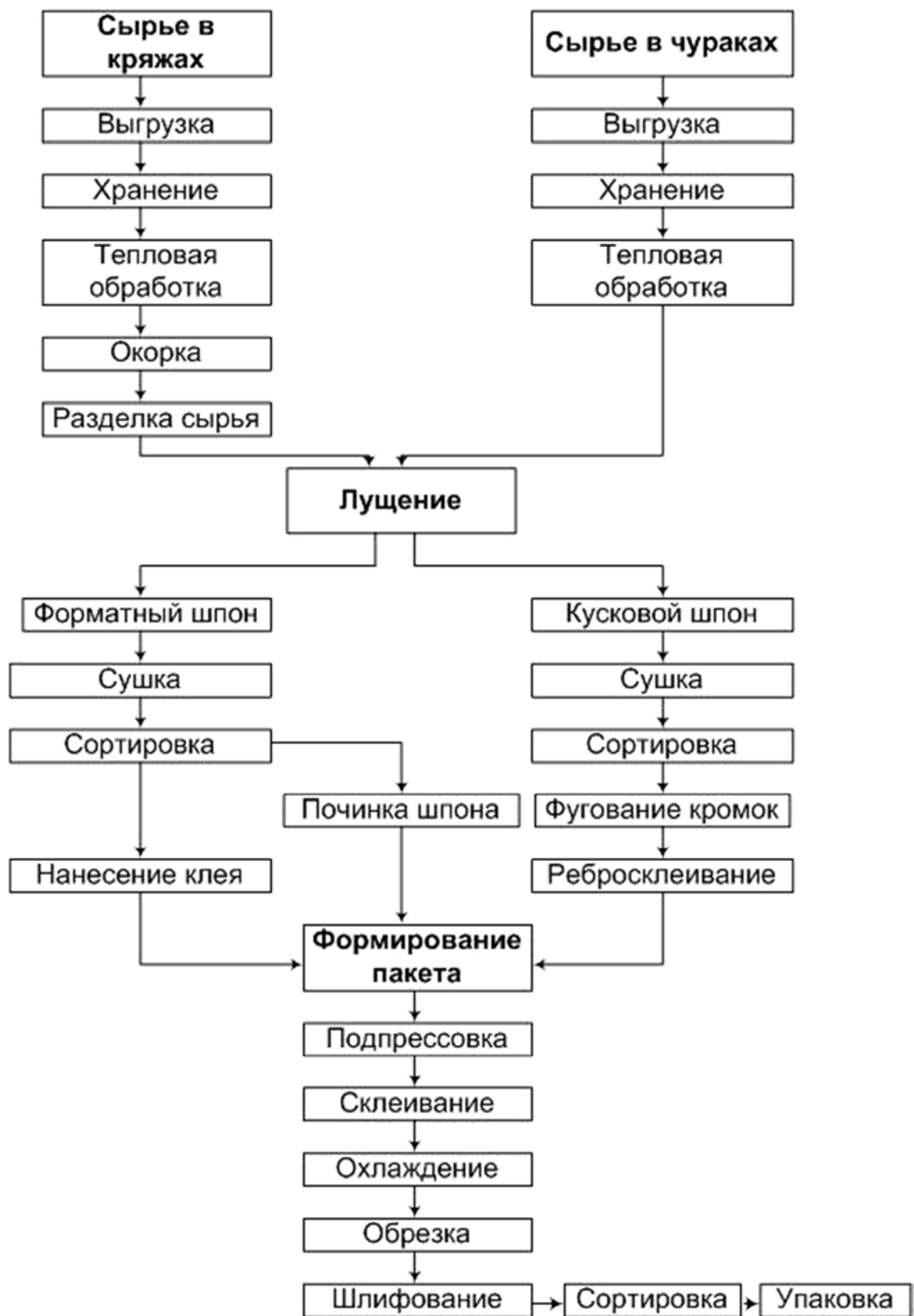


Рис. 43. Схемы производства фанеры [33]

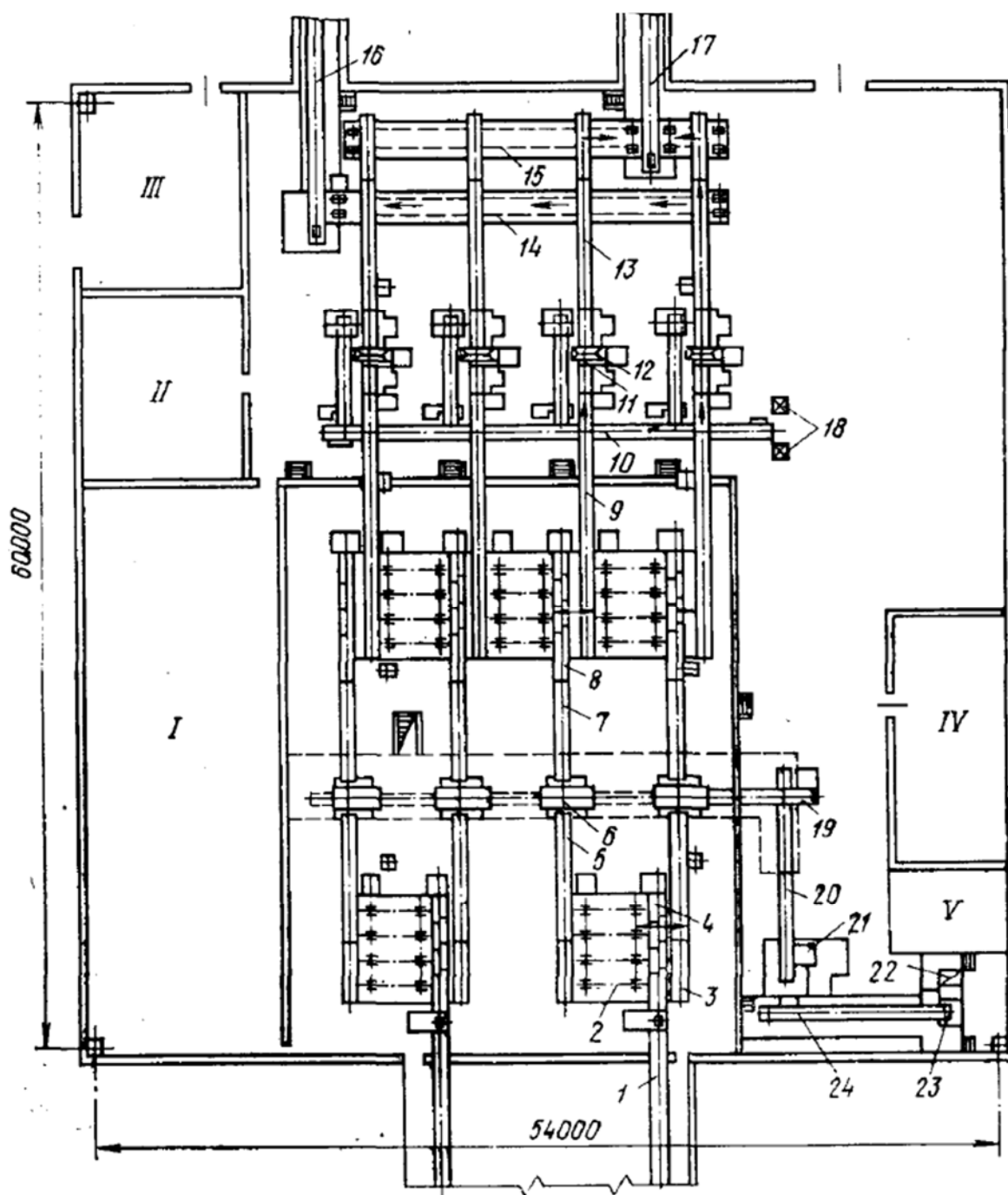


Рис. 44. План окорочно-распиловочного участка:

- 1, 16, 17 – лесотаски; 2 – транспортер; 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13 – рольганги;  
 6 – окорочный станок; 10, 11 – транспортеры для отходов; 12 – пильный агрегат;  
 14, 15 – поперечные цепные транспортеры для чураков; 18 – контейнеры для отходов; 19, 20 – скребковые транспортеры для коры; 21 – измельчитель коры; 22 – приемный лоток пневмотранспорта; 23 – отжимной пресс для коры; 24 – скребковый транспортер для подачи коры к прессу; I – бытовые помещения; II – вентиляционная камера; III – трансформаторная подстанция; IV – участок заточки инструмента; V – привод пневмотранспорта



В настоящее время участок окорки и разделки сырья проектируют на основе технологической линии (ЛОРС-1) производительностью 25 м<sup>3</sup>/ч (рис. 45). В ее состав входит круглопильный балансирный станок ЦФК-6, позволяющий распиливать сырье длиной от 1,33 до 8,50 м и диаметром 14...53 см.

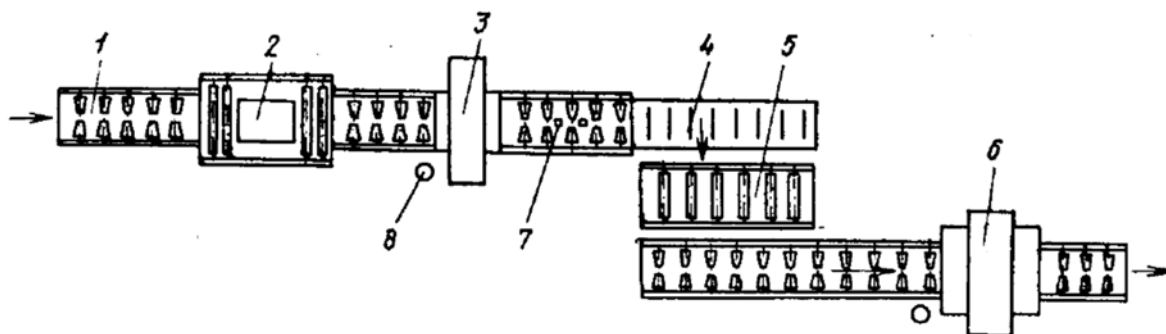


Рис. 45. Линия ЛОРС-1 [1]:  
1, 7 – рольганг; 2 – металлоискатель; 3 – балансирная пила; 4 – лесотаска; 5 – стол-накопитель; 6 – окорочный станок; 8 – рабочее место

Линия ЛОРС-1 может перерабатывать кряжи на чураки до или после тепловой обработки. Преимущество разделки обработанного сырья заключается в улучшении качества окорки, сокращении затрат электроэнергии и отсутствии потемнения поверхности.

От участка сушки пакеты шпона автопогрузчиком транспортируют к линии сортировки шпона, установленной в сортировочном отделении цеха (рис. 46). Линия работает при толщине шпона более 1 мм. Каждая стопа шпона подается на гидравлический стол 1. Со стола подвижной тележкой 2 лист шпона захватывается пневмоприсосками и по направляющим 3 подается на движущийся транспортер 4. Далее тележка возвращается в исходное положение над стопой шпона, а гидравлический стол совершает подъемное движение, чтобы сохранить заданную высоту по отношению к уровню подвижной тележки. Рабочий принимает с транспортера лист шпона и отсортировывает его по подстопным местам 6.

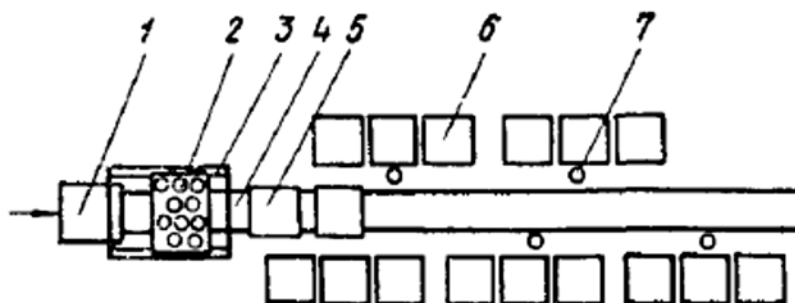


Рис. 46. Линия сортировки шпона:  
1 – подъемный гидравлический стол; 2 – тележка; 3 – направляющие;  
4 – транспортер; 5 – лист шпона; 6 – подстопное место для отсортированного шпона; 7 – рабочее место

Линия сортировки сухого шпона увеличивает производительность труда сортировщиков на 20% и уменьшает количество торцовых разрывов шпона. Шпон, рассортированный по сортам и толщинам, поступает в клеевое отделение завода. Чтобы клеевое отделение работало бесперебойно, сортировочное отделение должно иметь, как минимум, 4-часовой запас отсортированного шпона.

Схема линии сборки и подпрессовки пакетов шпона с использованием холодных прессов и клеенаносящего станка с вальцами представлена на рис. 47.

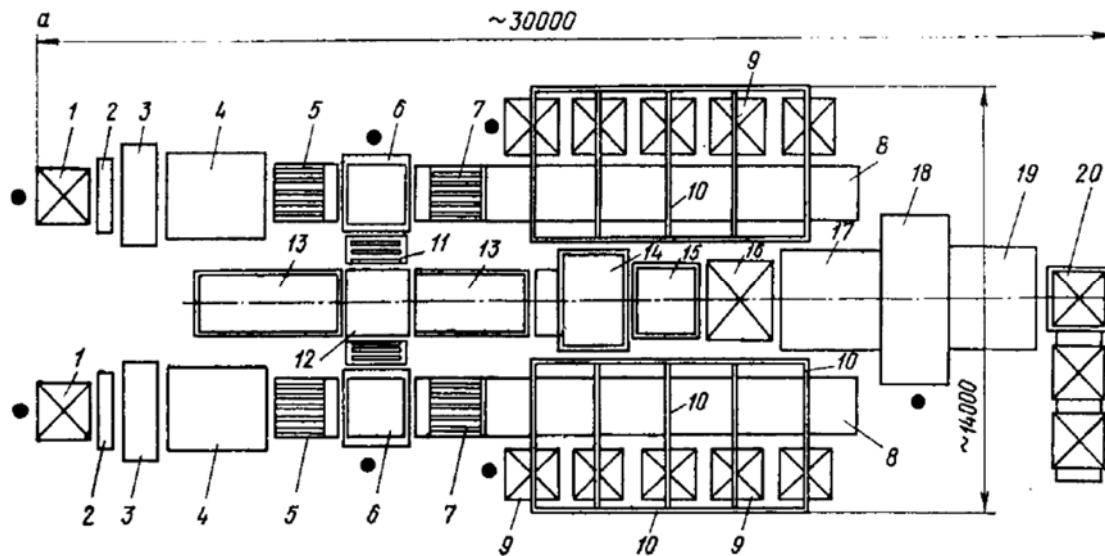


Рис. 47. Схема линии формирования пакетов:

- 1 – стопа внутренних слоев шпона; 2 – устройство для формирования внутренних слоев по ширине; 3 – клеенаносящий станок с вальцами; 4 – камера подсушки шпона с нанесенным клеевым слоем; 5 – укладчик; 6 – подъемная платформа; 7 – укладчик наружных и внутренних слоев без клеевого слоя; 8 – транспортер; 9 – листы шпона, не подлежащие нанесению клея; 10 – автоподатчики шпона; 11 – рольганг; 12, 13, 15 – рольганги; 14 – пресс холодной подпрессовки; 16 – механизм разборки пакетов; 17 – загрузочная этажерка; 18 – пресс; 19 – разгрузочная этажерка; 20 – стопа фанеры

На участке сборки пакетов до подпрессовочного пресса заняты 2 человека, которые подают листы и куски на линию. Все остальные операции выполняются автоматически.

#### 4.1.4. Планировка фанерного предприятия

Схема планировки разрабатывается с учетом выбранного варианта размещения цехов – в одном или отдельно стоящих зданиях, а также минимально допустимых расстояний между отдельными элементами технологической линии [1, 32]:

- ✓ от рабочего места до конвейера, подающего чураки в луцильный станок, – не менее 2 м;

- ✓ между сушилками – не менее 1,5 м;
- ✓ между стеной здания и сушилкой – не менее длины ролика и дополнительного зазора 1,5 м;
- ✓ между парами сушилок – не менее 4,5 м.

Луцильные станки располагают в один ряд по ширине цеха. Размеры накопителей перед луцильными станками определяют, исходя из длительности технологической выдержки или величины межоперационного запаса (табл. 38). Расстояние от оси шпинделей луцильного станка до ножа ножниц при транспортировании шпона петлеукладчиком принимают равным 10...12 м, при транспортировании другими видами транспорта – до 30 м.

Сушиллки шпона могут быть размещены по трем вариантам [1, 33]:

- 1) вдоль цеха в один или два ряда;
- 2) перпендикулярно к продольной оси цеха в один или два ряда;
- 3) вдоль цеха уступом со взаимным смещением разгрузочных устройств.

Выбор варианта зависит от принятого способа сортировки шпона. По 1-му варианту сортирование шпона выполняют непосредственно у сушильной камеры или на отдельной площадке, по 2-му варианту – на линиях сортирования, по 3-му варианту – используют ленточные конвейеры.

При проектировании газовых сушилок топки размещают в отдельном помещении, расположенном на расстоянии 80...100 м от сушилок. При использовании жидкого топлива или природного газа топки и вентиляторное оборудование размещают непосредственно над сушилками в специальной галерее.

Длительность выдержки фанеры, склеенной на смолах С-1, без предварительной подсушки клеевого слоя принимают 1,5...2 ч; склеенной на смоле СФМ-2 – 24 ч, обрезной фанеры в цехе – 8 ч.

Т а б л и ц а 38

Величины межоперационных запасов

Межоперационный запас	Продолжительность обеспечения бесперебойной работы, ч
Чураков:	
– после тепловой обработки	3...4
– перед луцильным станком	1...3
Сырого шпона перед сушкой	8...12
Сухого шпона:	
– после сортирования и сушки	24
– перед сборкой	24

Расчет производственной площади фанерного предприятия можно выполнять по укрупненным нормативам, т.е. с учетом площадей, занимаемых основным технологическим оборудованием, а также местами под выдержки, межоперационные запасы, проходы и проезды (табл. 39).

Нормативы производственной площади (на 1000 м<sup>3</sup> сырья в год)

Наименование площади	Удельная площадь, м <sup>2</sup>
Участки тепловой обработки чураков с использованием:	
бассейнов с мотовилом	17...18
открытых бассейнов	7...8
закрытых бассейнов с контейнерной загрузкой	22...23
закрытых бассейнов с загрузкой в пачках	17...19
Площадь без участков тепловой обработки на 1м <sup>3</sup> фанеры	0,37...0,40

Производственную площадь, занимаемую одним станком, определяют по габаритным размерам, включая зону обслуживания и площадь подступных мест. Площадь для размещения материалов при выдержке и хранении определяют по производительности оборудования, длительности выдержки, хранения и величине межоперационных запасов. В других производствах для определения площадей вспомогательных помещений используют следующие нормативы, м<sup>2</sup>:

помещения для подготовки шлифовальной шкурки	10...15
помещения для резки пленки	50...80
клееприготовительное отделение	25
компрессорная	50

Площадь инструментальной мастерской определяют, исходя из норматива 8...12 м<sup>2</sup> на одно рабочее место. Площади санитарно-бытовых помещений для работающих непосредственно на производстве рассчитывают на основании СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания».

## 4.2. Проектирование предприятий по выпуску древесных плит

### 4.2.1. Производственная программа

При расчете мощности предприятия по производству древесностружечных плит (ДСтП) исходят из производительности существующих технологических линий (СП-30, СП-10 и др.).

Производственная мощность предприятий рассчитывается на непрерывный режим работы и определяется мощностью основного технологического оборудования (горячих прессов), выраженной в м<sup>3</sup> условной продукции толщиной 19 мм.

Мощность каждой технологической линии по производству древесных плит определяется по формуле

$$M = \frac{8568 \cdot P_{\text{ч}} \cdot K_{\text{и}}}{1000}, \quad (89)$$

где 8568 – годовой фонд времени, ч;

$P_{\text{ч}}$  – часовая производительность по условной продукции;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования годового фонда времени ( $K_{\text{и}} = 0,85$ ).

В соответствии с установленной мощностью предприятия определяется производственная мощность всех участков, входящих в состав технологических линий, а также проверяется соответствие их производительности мощности головного агрегата по показателю сопряженности

$$K_c = \frac{M}{M_i \cdot P} \cdot K_{и}, \quad (90)$$

где  $M_i$  – пропускная способность (производительность) сопрягаемого участка технологической линии;

$M$  – мощность головного агрегата, м<sup>3</sup>/ч;

$P$  – норма расхода продукции сопрягаемого участка на единицу мощности.

Объем производства изделий из клееной древесины – столярных плит, клееного бруса и др. – определяется производительностью головного оборудования, в качестве которого принимается пресс, с которым увязывают всю технологическую цепочку.

Производительность клеильного прессы позиционного типа зависит от продолжительности цикла его работы:

$$\Pi_{ч} = \frac{60 \cdot K_p \cdot l \cdot b \cdot h \cdot n}{t_{ц}}, \quad (91)$$

где  $l$ ,  $b$ ,  $h$  – чистовые размеры продукции, м;

$n$  – число щитов в одной запрессовке, шт.;

$K_p$  – коэффициент использования рабочего времени,  $K_p = 0,94 \dots 0,95$ ;

$t_{ц}$  – время цикла одной запрессовки, мин,

$$t_{ц} = t_{скл} + t_{всп}; \quad (92)$$

здесь  $t_{скл}$  – время склеивания, мин.

При расчетах можно принять следующие показатели величины  $t_{скл}$ :

холодное склеивание карбамидными клеями – 4 часа;

горячее склеивание карбамидными клеями – 5...10 мин;

холодное склеивание клеями ПВА – 15...30 мин;

теплое склеивание клеями ПВА – 5 мин;

склеивание в поле ТВЧ – 1 мин;

$t_{всп}$  – время вспомогательных операций, мин ( $t_{всп}=1 \dots 2$  мин).

Для клеильных прессов проходного типа формула расчета часовой производительности имеет вид, м<sup>3</sup>:

$$\Pi_{час} = 60 \cdot v \cdot l \cdot h \cdot K_p \cdot K_m, \quad (93)$$

где  $v$  – скорость подачи, м/мин;

$K_m$  – коэффициент машинного времени (учитывает потери рабочего времени на настройку станка, межторцовые разрывы и пр.).

Годовая программа зависит от сменности работы оборудования:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эф}}. \quad (94)$$

Эффективный фонд работы оборудования принимают равным при односменной работе – 2000 ч, при двухсменной – 4000 и трехсменной – 6000 ч.

Потребное число единиц оборудования остальных участков определяют с учетом обеспечения производительности прессы для горячего прессования. Для этого необходимо установить, какое количество материала перерабатывается (или проходит) на данном оборудовании, исходя из объема выработки продукции на прессе. Поскольку сырье и стружка претерпевают количественное и качественное изменение, на каждой технологической операции осуществляют пооперационный расчет перерабатываемого сырья  $Q_i$ , кг/ч, с учетом технологических и организационных потерь.

Потребное число единиц оборудования для проведения этих операций определяется по формуле

$$n = \frac{Q_i}{P_i}, \quad (95)$$

где  $P_i$  – производительность оборудования на данной операции, кг/ч.

Производительность оборудования остальных участков устанавливают по техническим данным.

#### 4.2.2. Выбор схемы технологического процесса

В производстве ДСтП плоского прессования технологический процесс отличается строгой последовательностью операций вне зависимости от вида изготавливаемых плит. Он включает в себя следующие основные операции: подготовку древесного сырья (сортирование, окорка, разделка на заготовки определенных размеров, изготовление щепы); переработку сырья в стружку определенных параметров; подготовку стружек (сушку, сортирование, смешивание со связующим); формирование стружечного ковра; подпрессовку; горячее прессование и кондиционирование; обрезку; калибрование и шлифование; контроль и сортирование плит.

Принципиальная схема технологического процесса изготовления ДСтП показана на рис. 48.

Описание технологического процесса изготовления трехслойных ДСтП на основе типового проекта цеха с годовой производительностью 25 тыс. м<sup>3</sup> приведено в табл. 40.

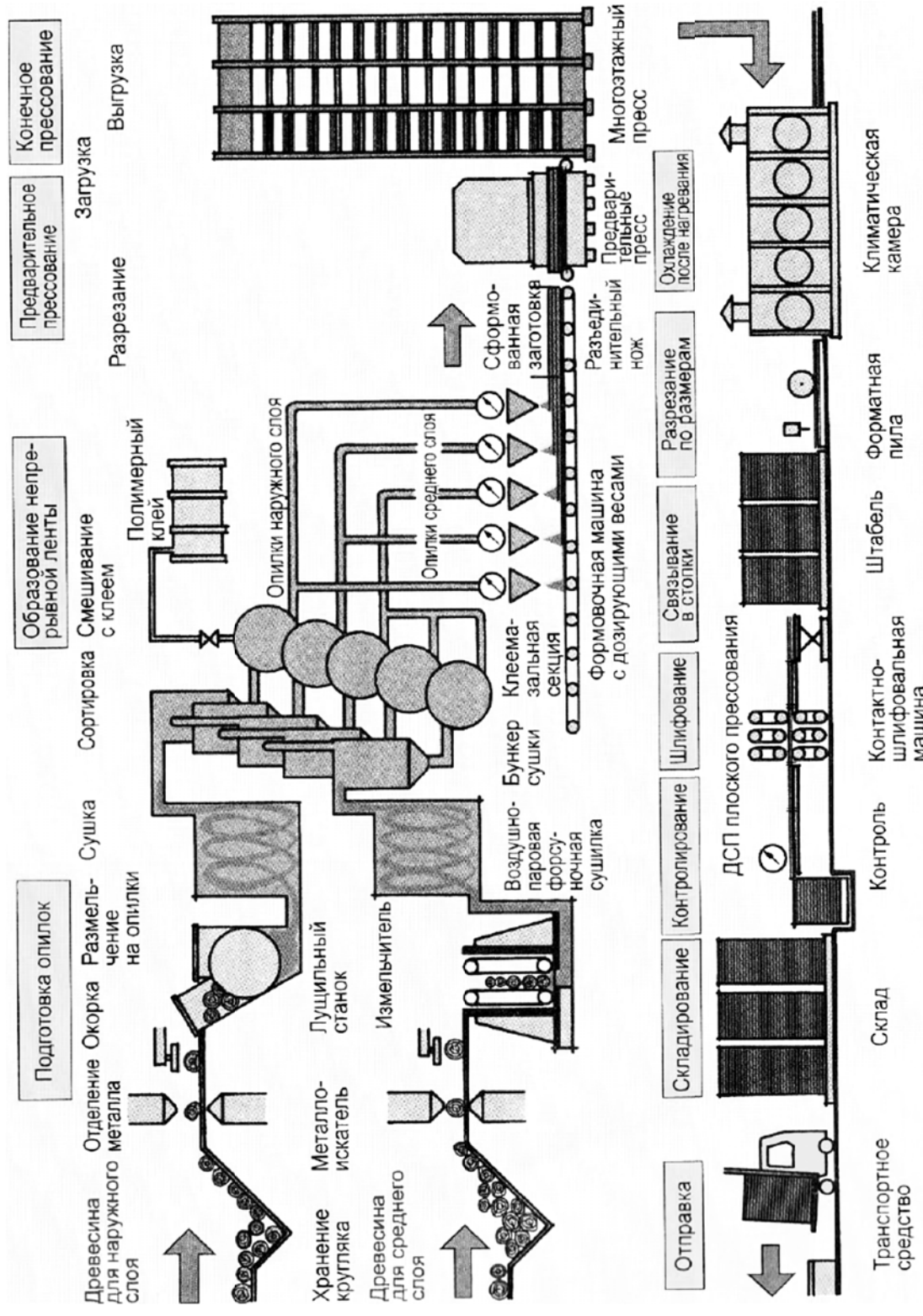


Рис. 48. Схема производства ДСтП плоского прессования [34]

## Технологический процесс изготовления ДСП

Операции	Оборудование	Параметры
<i>Изготовление стружки для облицовочных слоев</i>		
Удаление коры	Окорочный станок	Длина сырья 1 м
Разделка на чураки	Круглопильный станок	Длина чурака 330 мм
Изготовление стружки	Стружечный станок	Толщина 0,1...0,3 мм
Измельчение стружки	Молотковая мельница	Длина 15...20 мм, ширина – 1...6 мм
Сушка стружки	Барабанные сушилки	Влажность до 5%
<i>Сортировка стружки</i>		
Просеивание стружки и отделение крупных фракций	Вибрационный грохот с двумя ситами	Возврат крупных фракций в мельницу
<i>Дозирование и проклейка стружки</i>		
Подача стружки в смеситель	Весовые тензорные дозаторы, смеситель	Расход смолы 8...10 % от массы стружки
<i>Формирование ковров из стружки облицовочных слоев и стружки среднего слоя</i>		
Формование стружки на подкладочных дюралюминиевых листах	Формирующий конвейер	Укладка стружки на конвейер, скорость которого зависит от толщины ковра
Предварительное уплотнение ковра	Пресс холодного формования	Давление 0,7 МПа
Прессование матов для формовки плит	Пресс горячего формования	Давление 3 МПа, $T=120...180^{\circ}\text{C}$
Обрезка плит	Форматообрезной станок	
Выдержка плит	Складское помещение	В течение 5...8 сут
Окончательная обработка плит	Шлифовальные и прирезные санки	Шлифование и прирезка на требуемые размеры
Складирование готовых плит в штабеля	Погрузчик грузоподъемностью 3 т	Максимальная высота штабеля 4,5 м



## 4.3. Технологическое проектирование мебельных предприятий

### 4.3.1. Производственная программа и ее расчет

Производственная программа мебельного предприятия – это детализированный годовой план по выпуску комплектов мебели или заготовок определенной номенклатуры, качества и количества.

Производственная программа в значительной степени определяется типом предприятия и его производственной мощностью. Различают три типа мебельных предприятий – предприятия замкнутого цикла, комбинаты мебельных деталей (КМД) и отделочно-сборочные комбинаты (ОСК).

На предприятиях замкнутого цикла осуществляются все стадии технологического процесса, обеспечивающие выпуск готовой мебели. Комбинаты мебельных деталей производят отдельные детали и заготовки, которые впоследствии поступают на отделочно-сборочные комбинаты, где осуществляются их окончательная механическая обработка и отделка.

При определении годовой проектной мощности специализированных мебельных предприятий пользуются перечнем оптимальных мощностей, обеспечивающих эффективное применение технологического оборудования:

- для КМД по производству деталей из цельной древесины оптимальными мощностями являются 10; 20 и 30 тыс. м<sup>3</sup> чистовых деталей;
- для КМД по производству щитовых деталей – 1,25; 2,5; 3,75 и 5 млн м<sup>2</sup> деталей;
- для специализированных предприятий по выпуску гнотоклееных деталей – 50 и 200 тысяч наборов мебели.

Производственная мощность мебельных предприятий определяется в тысячах единиц изделий условной трудоемкости и ценом выражении в млн р. Производственная мощность в проектах реконструкции действующих предприятий рассчитывается по формулам:

- в количественном выражении (тыс. шт. изделий усл. трудоемкости):

$$M = \left( \frac{\Pi}{H} \right) \cdot \left( \frac{T_{\text{эф}}}{T} \right); \quad (96)$$

- в стоимостном выражении (в млн р.)

$$M = \left( \frac{\Pi}{H} \right) \cdot \left( \frac{T_{\text{эф}}}{T} \right) \cdot Ц, \quad (97)$$

где  $\Pi$  – производственная площадь предприятия, м<sup>2</sup>;

$H$  – норма производственной площади на рабочее место, м<sup>2</sup>;

$T_{\text{эф}}$  – годовой фонд полезного времени одного рабочего места, ч;

$T$  – трудоемкость условного изделия, ч;

$Ц$  – цена изделия, р.

Производственная площадь мебельного предприятия включает площадь, занятую технологическим оборудованием, рабочими местами, расходными материалами и промежуточными складами для технологической выдержки.

Норма площади на рабочее место устанавливается для каждой группы мебели по производственным цехам в зависимости от характера обработки (табл. 41). В состав площади рабочего места входят площадь под основным и вспомогательным оборудованием, а также площади зон обслуживания оборудования, проходов (проездов) и буферных магазинов с запасом деталей на 3...4 часа.

Т а б л и ц а 41

Нормы площади на рабочее место при изготовлении мебели, м<sup>2</sup>

Наименование цехов и производственных процессов	Тип мебели		
	мягкая	для сидения	корпусная
<i>Для предприятий, оснащенных универсальным оборудованием</i>			
Заготовительный цех	22	16	22
Цеха первичной обработки	17	12	17
Клеильно-облицовочный цех	22	-	22
Цех отделочный:			
– в изделиях	-	18	-
– в узлах и деталях	20	14	20
Обойный цех	10	10	-
Упаковочное отделение	12	12	12
<i>Для комплексно-механизированных и автоматизированных цехов</i>			
Участок подготовки облицовочных материалов, раскроя и облицовки щитовых деталей	40	-	40
Участок повторной машинной обработки щитовых деталей	60	-	60
Средняя по предприятию, не более	20	20	40

Размеры вспомогательных площадей мебельных предприятий могут быть определены по нормам технологического проектирования (табл. 42).

Т а б л и ц а 42

Площадь вспомогательных участков в %  
от производственной площади предприятий

Наименование площади предприятия	Тип / мощность					
	замкнутого цикла /млн р.			отд.-сборочн./млн р.		
	1000	500	250	1000	500	250
Буферный склад деталей	10	10	10	8	8	8
Склады:						
технических материалов (без ГСМ)	4	4	4	4	4	4
фанеры и плит	6	6	6	-	-	-
получистовых заготовок	-	-	-	6	5	4
готовой продукции (при хранении изделий в разобранном виде)	13	12	10	19	18	14
смолы	1,5	2	2	-	-	-
Вспомогательные помещения	5	6	7	5	7	8
Вентиляционные камеры	4	5	3	4	5	3

Расчет площади внутрицеховых складов для хранения буферных запасов и площадей технологической выдержки проводят, исходя из вида хранящихся материалов, способа их укладки и сроков хранения. Например, площадь склада технологической выдержки щитов после облицовывания определяется по формуле

$$F_{\text{скл}} = \frac{\Pi \cdot T_{\text{выд}} \cdot f_{\text{пак}}}{m \cdot \beta_{\text{скл}}}, \quad (98)$$

где  $\Pi$  – производительность прессов, шт./ч;

$T_{\text{выд}}$  – длительность выдержки щитов после облицовывания, ч;

$f_{\text{пак}}$  – площадь под одним пакетом, м<sup>2</sup>;

$m$  – число щитов в пакете;

$\beta_{\text{скл}}$  – коэффициент использования площади склада ( $\beta_{\text{скл}} = 0,8$ ).

Площадь склада заготовок, уложенных в штабель, находят по формуле

$$F_{\text{скл}} = \frac{\Pi \cdot T_{\text{хр}}}{H_{\text{шт}} \cdot \beta_{\text{шт}} \cdot \beta_{\text{скл}}}, \quad (99)$$

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

$T_{\text{хр}}$  – нормативный срок хранения, ч;

$H_{\text{шт}}$  – высота штабеля, м;

$\beta_{\text{шт}}$  – коэффициент объемного заполнения штабеля.

Годовой фонд полезного времени рабочего места вычисляется вычитанием из фонда номинального времени (при двухсменной работе  $T_{\text{ном}}=4157$  ч) продолжительности планового ремонта оборудования, проводимого в рабочее время. В укрупненных расчетах длительность простоя оборудования принимается равной 5% от фонда номинального времени. Среднюю величину фонда полезного времени рабочего места, ч, определяют по формуле

$$T_{\text{эф}} = \frac{T'_{\text{эф}} \cdot n_1 + T''_{\text{эф}} \cdot n_2}{\sum n_i}, \quad (100)$$

где  $T'_{\text{эф}}$ ,  $n_1$  – годовой фонд полезного времени и число технически не оснащенных рабочих мест ( $T'_{\text{эф}}=T_{\text{ном}}$ );

$T''_{\text{эф}}$ ,  $n_2$  – годовой фонд полезного времени и число технически оснащенных рабочих мест ( $T''_{\text{эф}}=0,95 T_{\text{ном}}$ ).

В качестве примера рассмотрим расчет производственной мощности мебельного предприятия по следующим исходным данным [1]: производственная площадь – 4800 м<sup>2</sup>, норма производственной площади на рабочее место – 20 м<sup>2</sup>. Номенклатура изделий: шкаф для платья (40 % от объема программы; трудоемкость – 18 ч), шкаф для книг (соответственно 30 %

и 12 ч), сервант (30 % и 22 ч). Процент выполнения прогрессивных норм 110 %. Условная трудоемкость изделия определяется по расчетным показателям, приведенным в табл. 43.

Т а б л и ц а 43

Условная трудоемкость изделия

Изделие	Доля, %	Трудо- емкость, ч	Выполнение норм, %	Трудоемкость, ч	
				с учетом норм выработки	усл.
Шкаф:					
- для платья	40	18	110	14,5	5,80
- для книг	30	12		10,9	3,27
Сервант	30	22		20,0	6,00
Итого					15,07

Общее число рабочих мест составит:  $n_{\text{общ}} = \frac{\Pi}{H} = \frac{4800}{20} = 240$ , а число

технически не оснащенных рабочих мест – 60.

Средняя величина фонда полезного времени рабочего места определяется по формуле (100):

$$T_{\text{эф}} = \frac{4157 \cdot 60 + 0,95 \cdot 4157 \cdot 180}{60 + 80} = 4001 \text{ ч} .$$

Производственная мощность в условных единицах (изделиях) рассчитывается по формуле (96):

$$M = \frac{4800}{20} \cdot \frac{4001}{15,07} = 63718 .$$

Для упрощения технологических расчетов производственную программу крупных комбинатов мебельных деталей разделяют на отдельные группы деталей различных типоразмеров, но изготавливаемых по одному технологическому процессу. В каждой группе определяют средневзвешенные размеры, используемые в дальнейших расчетах.

Например, для предприятий по выпуску мебельных щитов все типоразмеры щитов целесообразно разделить на две группы:

- 1) обрабатываемые на автоматических линиях;
- 2) не обрабатываемые на автоматических линиях обрезки и облицовывания кромок (габаритный размер щита менее 250 мм).

Средневзвешенную толщину  $b_{\text{ср}}$  группы деталей определяют по формуле

$$b_{\text{ср}} = \frac{\sum b_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (101)$$

где  $b_i$  – толщина деталей, м;

$n_i$  – число деталей одинакового размера.

Рассмотрим пример расчета средневзвешенной длины щитов для изготовления стола по их размерно-количественному составу: 752×656 – 2 шт., 1104×646 – 1 шт.; 1104×560 – 1 шт., 1104×108 – 1 шт., 1104×43 – 2 шт., 560×426 – 2 шт., 560×512 – 1 шт., 414×100– 3 шт., 416×212 – 1 шт.

Средневзвешенная длина щитов первой группы:

$$l_{\text{cp}}^1 = \frac{752 \cdot 2 + 1104 \cdot 1 + 1104 \cdot 1 + 560 \cdot 2 + 560 \cdot 1}{2 + 1 + 1 + 2 + 1} = 770,3.$$

Средневзвешенная длина щитов второй группы:

$$l_{\text{cp}}^2 = \frac{1104 \cdot 1 + 1104 \cdot 2 + 414 \cdot 3 + 416 \cdot 1}{1 + 2 + 3 + 1} = 710.$$

#### 4.3.2. Выбор схем технологических процессов и оценка их экономичности

Выбор технологических процессов изготовления изделий является важнейшей операцией проектирования мебели, предусматривающей выбор рациональных способов и средств реализации каждой операции. Критерием процесса оптимизации является минимальная трудоемкость изготовления одинаковых деталей по сравниваемым вариантам. Существенного снижения трудоемкости можно достичь путем изменения конструкции изделий и его элементов. Поэтому разработка технологического процесса выпуска новой мебели начинается с детального анализа технологичности ранее принятых конструктивных решений.

Количественными показателями технологичности, характеризующими эффективность конструкторско-технологических решений, являются трудоемкость (нормо-ч), материалоемкость и себестоимость (р.). Анализ уровня технологичности производится путем проверки соответствия конструкции изделия требованиям стандартизации и унификации.

Уровень унификации оценивается соответствующим коэффициентом:

$$K = \left( 1 - \frac{H - 1}{D - 1} \right) \cdot 100, \quad (102)$$

где  $H$  – число наименований типоразмеров деталей в изделии;

$D$  – общее число деталей в изделии (для наборов мебели значение коэффициента  $K$  должно быть выше 50 %).

Существенное влияние на выбор способов и средств изготовления изделий оказывает объем производства. При небольшом объеме производства и частой сменяемости изделий целесообразно применять универсальное легкоперенастраиваемое оборудование. При массовом производстве

изделий эффективно использование специализированного высокопроизводительного оборудования, включая автоматические и полуавтоматические линии, обрабатывающие центры.

Решающим критерием при выборе конкретного оборудования, способного обеспечить выполнение технических требований, служит экономичность процесса обработки. При этом сравнивают длительность и себестоимость обработки, срок окупаемости оборудования.

При выборе оборудования используют показатель себестоимости обработки, включающий суммарные удельные затраты  $C_i$  на производимую единицу.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 = \frac{3\Pi_o + 3\Pi_{\Pi}}{\Pi} + \frac{Q}{\Phi \cdot \rho \cdot \Pi} + \frac{q \cdot F_{\text{ст}}}{\Phi \cdot \rho \cdot \Pi} + \frac{N \cdot T_{\text{см}} \cdot \lambda}{\Pi} + \frac{(\Pi - \Pi \cdot K) \cdot \eta}{\Pi}, \quad (102)$$

- где  $C_1$  – заработная плата, р.;
- $C_2$  – амортизационные отчисления от стоимости станка, р.;
- $C_3$  – амортизационные отчисления от стоимости площади, занятой станком, р.;
- $C_4$  – энергозатраты, р.;
- $C_5$  – стоимость бракованных изделий;
- $3\Pi_o, 3\Pi_{\Pi}$  – заработная плата станочников и подсобных рабочих в смену, р.;
- $Q$  – стоимость станка, р.;
- $\rho$  – срок погашения капитальных затрат, лет (для оборудования 7...12 лет, для помещений 20...25 лет);
- $q$  – стоимость 1 м<sup>2</sup> производственной площади, р.;
- $F_{\text{ст}}$  – производственная площадь под 1 станком, м<sup>2</sup>;
- $N$  – мощность станка, кВт;
- $\lambda$  – стоимость 1 кВт-ч, р.;
- $T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, ч;
- $\Pi$  – сменная производительность станка, ед.;
- $\Phi$  – фонд полезного времени, смен;
- $K$  – выход годных деталей, отн. ед.;
- $\eta$  – стоимость детали, р.

Проектирование высокопроизводительных линий оправданно только при их полной загрузке. Поэтому окончательное решение по выбору оборудования делают на основе построения графиков зависимости себестоимости обработки от степени загрузки оборудования. Для сравниваемых станков одного функционального назначения рассчитывают себестоимость обработки при различной степени загрузки (рис. 49).

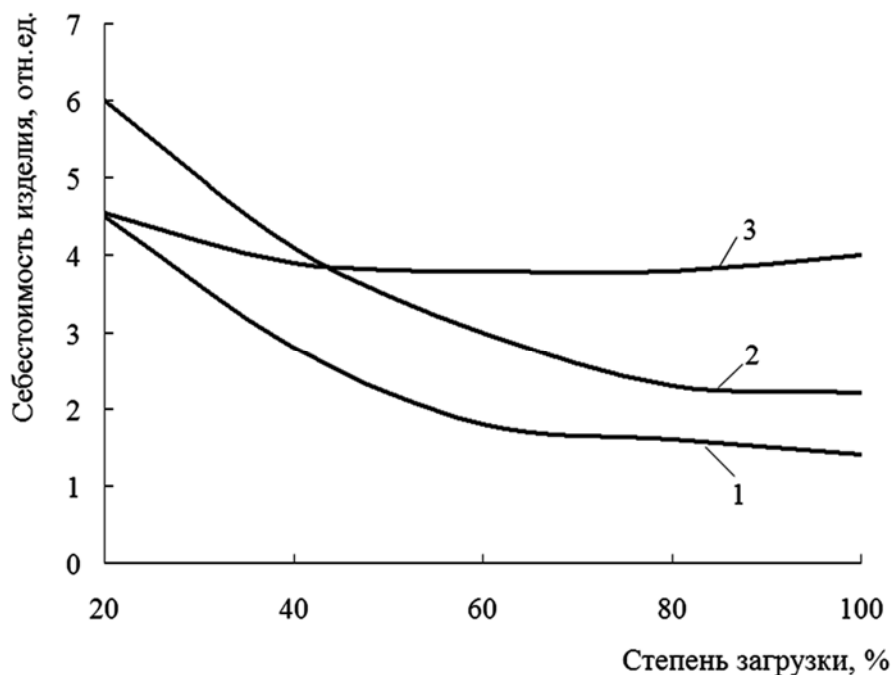


Рис. 49. Зависимость себестоимости обработки от загрузки оборудования

Из рис. 49 видно, что использование оборудования №1 целесообразно при полной его загрузке, а оборудования №2 – при загрузке более 60 %.

При выборе оборудования пользуются следующими источниками информации: описанием типовых технических процессов и режимов изготовления изделий, стандартами и ТУ на технологическое оборудование, каталогами и паспортами на оборудование.

Внутрицеховой транспорт мебельных предприятий включает пневмотранспорт системы удаления отходов, безрельсовый транспорт, краны, ленточные, цепные и роликовые конвейеры, лифты.

Выбор системы удаления отходов – опилок, стружек, пыли – имеет большое значение для экономических показателей предприятия в целом. Конструкция системы должна обеспечивать полное удаление пыли до уровня концентрации ее на рабочем месте, не превышающем допустимые нормы.

В проектах реконструкции необходимы проверка старой системы и в соответствующих случаях проектирование новых [1]. При выборе оптимальной системы удаления отходов пользуются формулой для расчета коэффициента выбора системы  $K$ :

$$K = \frac{(KЗ+ЭР)}{C_c}, \quad (103)$$

где  $KЗ$  – капитальные затраты, р;

$ЭР$  – годовые ремонтные и эксплуатационные расходы, р.;

$C_c$  – срок службы системы, лет.

К безрельсовому колесному транспорту относят электро- и автопогрузчики, тележки. Для перевозки пиломатериалов со склада к сушильным камерам применяют аккумуляторные тележки с боковыми вилочными захватами. Для подачи материалов к рабочим местам используют поддоны, перемещаемые на тележках с подъемной платформой. При объединении рабочих мест в линию применяют роликовые, ленточные и пластинчатые конвейеры [1].

В отделочных цехах перевозку плоских заготовок осуществляют четырехколесными тележками рамной конструкции с поворотными передними колесами. Заготовки в сушильном тоннеле перемещают цепными конвейерами. При отделке решетчатой мебели проектируют подвесной конвейер с вилкообразными прицепами для навешивания изделий. Гибкой связью конвейера является трос, перемещающий роликовые каретки.

В сборочных цехах применяют тележки, а также цепные, пластинчатые или ленточные конвейеры, в зависимости от вида и размеров собираемых изделий. В цехах, оснащенных высокопроизводительными автоматическими и полуавтоматическими линиями, использование тележек для межоперационного транспортирования уменьшает степень загрузки оборудования. Для устранения несоответствия между высокой производительностью линий и ограниченными возможностями обычных транспортных средств рекомендуется проектировать более эффективный транспорт – напольные конвейеры. Системы напольных роликовых конвейеров применяют на участках межоперационных запасов и технологической выдержки, где они совмещают функции хранения и транспортирования. Для передачи деталей на роликовые конвейеры-накопители применяют траверсные тележки, которые перемещаются по направляющим, уложенным на полу в бетонированных углублениях. Траверсные тележки могут быть с поворотной или неповоротной платформой. Для этой цели могут быть использованы также различные поворотные секции и секции-перемычки, которые в нерабочем положении поворачивают на 180°, освобождая зону для прохода.

При применении систем напольных конвейеров с использованием поддонов и подставок требуется в 1,6..1,8 раза меньше производственной площади для размещения того же числа щитов, чем при хранении щитов на подступных местах. Кроме того, снижаются затраты рабочего времени на перекладку и транспортирование деталей. Необходимым условием использования напольных роликовых конвейеров является прямоточность технологического процесса.

После разработки технологического процесса и выбора оборудования определяют потребное число единиц технологического оборудования для выполнения производственной программы. С этой целью используют одну из следующих методик:

- по нормам времени и годовому фонду полезного времени рабочего места;
- по производительности оборудования и годовому объему работы.



#### 4.3.3. Расчет числа единиц оборудования по нормам времени и годовому фонду полезного времени рабочего места

Принципиальная технологическая схема изготовления комплекта мебели составляется с учетом ее назначения и уровня потребительских качеств, от которых зависят конструктивная схема, а также состав основных и вспомогательных материалов.

Так, например, для изготовления комплектов детской мебели целесообразно применять экологически чистые пиломатериалы из цельной древесины. Процесс производства такой мебели включает следующие технологические переделы [30]:

- торцовку пиломатериалов по длине и их последующее продольное пиление на ширину заготовок;
- первичную механическую обработку (фугование и рейсмусование) заготовок для получения чистовых заготовок;
- склеивание заготовок по длине или ширине;
- вторичную механическую обработку.

Технологический процесс изготовления клееных заготовок состоит из подготовки делянок (для щита) или ламелей (для бруса) и их склеивания. Технология подготовки делянок к склеиванию включает в себя строгание заготовок с предварительным фугованием.

Цель вторичной механической обработки – получение готовых деталей. Во вторичную механическую обработку входят следующие операции: фрезерование (шипов, проушин и других профилей), сверление отверстий и шлифование.

По отдельным картам технологического процесса составляют сводную схему технологического процесса (табл. 44), в графах которой указывают длительность каждой операции для выполнения всей годовой программы.

Т а б л и ц а 44

Сводная схема технологического процесса изготовления корпусной мебели

Деталь	Операции			....
	раскрой	облицовка		
		пласти	кромки	
Оборудование				
	Форматно-раскroечн. станок	Воздушно-вакуумный пресс	Кромкооблицовочн. станок	...
Крышка	$T_1$		$T$	...
Горизонт. панель	$T_2$		$T$	...
Задняя стенка	$T_3$		$T$	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Потребную длительность каждой операции, станко-мин, на годовую программу определяют по формуле

$$T = H_{\text{вр}} \cdot n \cdot Q_{\text{г}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (104)$$

где  $H_{\text{вр}}$  – норма времени на обработку одной детали, станко-мин;

$n$  – число деталей в изделии, шт.;

$Q_{\text{г}}$  – годовая программа, изд.;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий производственные потери ( $K_{\text{п}}=1,02\dots1,07$ ).

Под нормой времени понимаются временные затраты на выполнение единицы работы или операции одним рабочим или группой рабочих определенной численности и квалификации в данных организационно-технических условиях. Расчет нормы времени производится по формуле

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{оп}} \cdot (1 - 0,01 \cdot K), \quad (105)$$

где  $T_{\text{оп}}$  – оперативное время, чел-ч;

$K$  – коэффициент регламентированных косвенных затрат, % к оперативному времени,

$$K = \frac{a_{\text{об}} + a_{\text{п.з}} + a_{\text{отд}}}{T_{\text{см}}} \cdot 100, \quad (106)$$

где  $a_{\text{об}}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, мин/смену;

$a_{\text{п.з}}$  – подготовительно-заключительное время, мин/смену;

$a_{\text{отд}}$  – время регламентированных перерывов на отдых, мин/смену;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, мин.

Нормативы оперативного времени и коэффициент регламентированных затрат приводятся в сборниках нормативов времени, разработанных для большинства стадий технологического процесса.

Суммируя число станко-часов по вертикальным графам сводной таблицы для определенного станка, получают общее потребное время

$$T_{\text{п}} = \sum T_i.$$

Число станков для выполнения годовой программы определяют по формуле

$$n_{\text{п}} = \frac{T_{\text{п}}}{T_{\text{эф}}}, \quad (107)$$

где  $T_{\text{эф}}$  – годовой фонд полезного времени, ч.

#### 4.3.4. Расчет числа единиц оборудования по производительности станков и годовому объему работы

Станки, применяемые в производстве мебели, подразделяются на проходные, циклопроходные и позиционные [1, 25]. К проходным относятся станки с непрерывным перемещением заготовки при обработке (круглопильные, продольно-фрезерные и др.). К циклопроходным – станки, на которых обработка заготовок осуществляется во время перемещения ее относительно режущего инструмента, но с возвратом в исходное положение (фуговальные и фрезерные с ручной подачей, односторонние шипорезные станки и др.). Позиционные – это станки, на которых обработка заготовки осуществляется при ее остановке на позиции (торцовочные, сверлильные, копировально-фрезерные и др.).

Часовая производительность станка определяется по формуле

$$P_{\phi} = P_{\text{ц}} \cdot K_{\text{пв}}, \quad (108)$$

где  $P_{\text{ц}}$  – цикловая производительность станка, ед./час;

$K_{\text{пв}}$  – коэффициент полезного времени работы.

Для проходных станков, в которых детали обрабатываются потоком без промежутков, часовая производительность равна:

$$P_{\text{к}} = 60 \cdot U \cdot m, \quad (109)$$

где  $U$  – скорость подачи, м/мин;

$m$  – количество одновременно обрабатываемых деталей, шт.

Для проходных станков, где заготовки перемещаются с промежутками, цикловая производительность, шт/ч, равна:

$$P_{\text{ц}} = \frac{60 \cdot U \cdot m}{l_3}, \quad (110)$$

где  $l_3$  – расстояние между смежными захватами, м.

Производительность циклопроходных и позиционных станков, деталей/ч определяется, по формуле

$$P_{\text{ц}} = \frac{60 \cdot m}{T_{\text{ц}}}, \quad (111)$$

где  $m$  – число одновременно обрабатываемых деталей, шт.;

$T_{\text{ц}}$  – длительность цикла, в результате которого со станка снимается одна готовая деталь или партия деталей, мин,

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{у.с}};$$

здесь  $t_{\text{м}}$  – машинное время, включая длительность рабочего и холостого ходов подвижных рабочих органов станка, мин;

$t_{\text{у.с}}$  – длительность установки и съема деталей.

Для позиционного станка показатель  $t_M$  равен:

$$t_M = \frac{L}{U_p} + \frac{L}{U_x}, \quad (112)$$

где  $L$  – длина хода, м;

$U_p$  и  $U_x$  – скорость перемещения подвижного режущего инструмента на рабочем и холостом ходе, м/мин.

Коэффициент полезного времени работы станка:

$$K_{пв} = K_M \cdot K_p, \quad (113)$$

где  $K_M$  – коэффициент использования машинного времени станка;

$K_p$  – коэффициент использования рабочего времени.

Значения коэффициентов принимают по укрупненным данным или определяют хронометрированием в условиях конкретного производства (табл. 45).

Т а б л и ц а 45

Значения поправочных коэффициентов

Типы станков	Значение коэффициента	
	$K_p$	$K_M$
Круглопильные:		
с ручной подачей	0,6...0,7	0,7
с механической подачей	0,9...0,93	0,9
Ленточнопильные	0,9...0,93	0,7...0,8
Фуговальные		
с ручной подачей	0,8...0,93	0,5...0,9
с механической подачей	0,85...0,9	0,8...0,9
Рейсмусовые	0,88...0,9	0,8...0,9
Четырехсторонний продольно-фрезерный	0,8...0,9	---
Торцовочные:		
с кареткой	0,85...0,9	0,3
двухпильный	0,9	0,6...0,9
Фрезерные:		
стандартная обработка	0,9...0,93	0,5...0,8
обработка с шаблоном	0,9...0,93	0,25...0,4
Цепнодолбежные	0,9	0,7...0,8
Сверлильно-пазовальные		
с ручной подачей	0,9	0,6...0,7
с механической подачей	0,9	0,3...0,4
Кромкофуговальные	0,9	0,7
Шлифовальные	0,8...0,9	0,75...0,9

Расчет оборудования для выполнения запроектированных технологических операций по изготовлению изделий производят отдельно для каждого наименования оборудования по следующей методике [35].

1. Составление схемы технологического процесса. При составлении схемы технологического процесса не допускают пересечения маршрутов и возвратных движений заготовок. Схему технологического процесса рекомендуется выполнять в табличной форме (табл. 46). Количество граф

«оборудование – операции» зависит от количества технологических операций. Технологические операции изготовления различных деталей, выполняемые на одинаковом оборудовании, обозначаются на схеме кружками, расположенными в одних вертикальных графах. При этом линии, соединяющие кружки, взаимно не пересекаются. Пример составления схемы технологического процесса применительно к процессу изготовления дверных блоков показан в прил. 2.

Карты технологического процесса подразделяются на групповые и индивидуальные. Групповые карты разрабатывают на группу однотипных деталей или сборочных единиц, обладающих общими конструктивными и технологическими признаками, аналогичных по технологии обработки и различающихся геометрическими размерами.

Индивидуальные карты разрабатывают на детали и сборочные единицы одного наименования, типоразмера и технологического исполнения.

Карты технологического процесса (КТП) составляют на каждый вид обработки – механическую обработку, отделку и др. (прил. 3). С их помощью определяют трудозатраты на изготовление изделия. Нормы времени на выполнение операции устанавливают по производительности оборудования или путем пооперационного хронометража. Пример заполнения КТП показан в прил. 4 (табл. I).

2. При большом количестве деталей в изделии расчеты ведут по приведенной программе (прил. 4, табл. II). В каждую конструкторско-технологическую группу (КТГ) входят детали, обрабатываемые по единому технологическому процессу. При составлении приведенной производственной программы размеры всех деталей усредняют в пределах отдельной КТГ, определяя их средневзвешенные размеры. Затем рассчитывают количество условных изделий по числу деталей, входящих в КТГ, и количество условного изделия на годовую программу выпуска изделий.

3. Находят сменную производительность станка.

4. Для каждого наименования деталей определяют норму времени  $H_{вpi}$  выполнения операции на станке:

$$H_{вpi} = \frac{T_{см}}{П_{см}}. \quad (114)$$

5. Рассчитывают потребное количество станко-часов на годовую программу выпуска изделий по формуле

$$T_n = \frac{\sum_{i=1}^m H_{вpi} \cdot N_{Гi}}{60}, \quad (115)$$

где  $m$  – количество наименований деталей, изготавливаемых на станке;

$H_{вpi}$  – норма времени на выполнение операции на станке при изготовлении детали  $i$ -го наименования, мин;

$N_{Гi}$  – годовая программа выпуска детали  $i$ -го наименования, шт.

Схема технологического процесса производства корпусной мебели [30]

Наименование деталей	Обозначение по чертежу	Материал	Кол-во деталей в изделии	Размеры сборочных единиц и деталей, мм				Оборудование				
				Д	Ш	Т	Форматно-раскроечный станок ТЕМА 3200	Автоматический воздушно-вакуумный пресс РМ/СА/AIR	Односторонний автоматический кромкооблицовочный станок Olimpic K201	Сверлильный станок с одной рабочей головкой MB21	Вручную	
1. Крышка	2 КП.01.01.00	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
- основа	КП.01.01.01	ДС-П марки П-1, ГОСТ 10632-77	1	610	530	16	О	О	О	О	О	
- облицовка пласти	КП.01.01.02	пленка на основе пропитанной бумаги ТУ 13-160-73	2	630	550	0,5						
- облицовка кромки продольной	КП.01.01.03	кромочный пластик ТУ 13-619-81	1	610	19	0,4						
- облицовка кромки поперечной	КП.01.01.04	кромочный пластик ТУ 13-619-81	2	530	19	0,4						

6. Определяют расчетное количество оборудования ( $n_p$ , шт.) данной марки на годовую программу выпуска деталей:

$$n_p = \frac{T_n}{T_d}, \quad (116)$$

где  $T_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования (при односменной работе  $T_d = 1984$  ч, при двухсменной  $T_d = 3968$  ч).

7. Полученное значение  $n_p$  округляют до целого числа и рассчитывают процент загрузки оборудования ( $P_3$ ).

#### 4.3.5. Расчет производительности оборудования

Результаты вычислений производительности оборудования, норм времени, потребного количества и процента его загрузки приводят отдельно для каждого наименования в виде таблицы (табл. 47).

Т а б л и ц а 47

Расчет потребного количества оборудования

Наименование оборудования	Сборочная единица (деталь – стенка)	$P_{см}$ , шт/см	$H_{врi}$ , мин	$N_{Гi} \cdot 10^3$ , шт	$T_{п}$ , ст.ч	$T_{д,ч}$	$N_p$ , шт	$N_{пр}$ , шт	$P_3$ , %
Форматно-раскроечный станок	горизонтальная	1600	0,3	200	1000	1998	0,5		
	вертикальная	2376	0,202	200	673	1998	0,34		
	Итого						0,84	1	84
Пресс	горизонтальная	1200	0,4	200	1333	1998	0,67		
	вертикальная	2400	0,2	200	666	1998	0,33		
	Итого						1	1	100
Кромко-облицовочный станок	горизонтальная	2400	0,2	200	666	1998	0,33		
	вертикальная	4800	0,1	200	333	1998	0,17		
	Итого						0,5	1	50
Сверлильный станок	горизонтальная	2400	0,2	200	666	1998	0,33		
	вертикальная	2400	0,2	200	666	1998	0,33		
	Итого						0,66	1	66

На основании имеющихся данных составляют сводную ведомость технологического оборудования (табл. 48).

Т а б л и ц а 48

Ведомость технологического оборудования

Оборудование	Кол-во на годовую программу		Загрузка, %
	расчетное	принятое	
Форматно-раскроечный станок	0,8	1	84
Пресс	100	1	100
Кромкооблицовочный станок	0,5	1	50
Сверлильный станок	0,66	1	66

Расчет производительности оборудования для выполнения технологических операций по изготовлению изделия производят отдельно для каждого типа оборудования на годовую программу выпуска изделий [30, 35, 36].

Для основных типов станков сменная производительность (заг./смена) определяется следующим образом:

*Форматно-раскроечные станки*

– однопильные с кареткой:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot U \cdot K_p}{l_n}, \quad (117)$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность смены ( $T_{\text{см}} = 480$  мин);

$U$  – скорость подачи, м/мин (при ручной подаче  $U = 6 \dots 10$  м/мин);

$K_p$  – коэффициент использования рабочего времени ( $K_p = 0,7$ );

$l_n$  – суммарная длина пропила на одну заготовку, определяемая по карте раскроя, м;

– многопильные:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot n}{60 \cdot T_{\text{ст}}}, \quad (118)$$

где  $n$  – количество заготовок из одной плиты (или из одновременно раскраиваемых), шт.;

$T_{\text{ст}}$  – время раскроя плит, ч (табл. 49).

Т а б л и ц а 49

Среднее время раскроя древесностружечных плит (ч) на 100 деталей

Периметр детали, м	Толщина плиты, мм			Периметр детали, м	Толщина плиты, мм		
	16	19	22		16	19	22
1,65	0,367	0,407	0,447	3,15	0,723	0,803	0,882
1,95	0,438	0,486	0,534	3,45	0,795	0,882	0,969
2,25	0,509	0,565	0,621	3,75	0,866	0,961	1,056
2,55	0,581	0,645	0,708	4,05	0,937	1,040	1,143
2,85	0,652	0,724	0,795	4,35	1,009	1,120	1,230

*Пресс для облицовывания заготовок*

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot z \cdot K_p}{t_{\text{ц}}}, \quad (119)$$

где  $z$  – количество заготовок, одновременно загружаемых в пресс;

$t_{\text{ц}}$  – цикл работы пресса, мин ( $t_{\text{ц}} = 2 \dots 5$  мин);

$K_p = 0,8$ .



*Кромкооблицовочные агрегаты*

– станки:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot U \cdot K_p}{l_{\text{общ}}}, \quad (120)$$

где  $U$  – скорость подачи станка, м/мин ( $U_{\text{ср}} = 6 \dots 10$  м/мин);

$l_{\text{общ}}$  – суммарная длина облицовываемых кромок заготовки, м;

$K_p = 0,7$ ;

– автоматические линии для облицовывания кромок:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{60 \cdot T_{\text{см}} \cdot K_p}{R}, \quad (121)$$

где  $R$  – ритм работы линии ( $R_{\text{ср}} = 6 \dots 10$  с);

$K_p = 0,65$ .

*Сверлильные станки*

– одношпиндельные сверлильные или копировально-фрезерные:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{60 \cdot T_{\text{см}} \cdot K_p}{t_1 \cdot z}, \quad (122)$$

где  $t_1$  – время на сверление одного отверстия, с ( $t_1 = 8 \dots 12$  с);

$z$  – количество отверстий в заготовке, шт.;

$K_p = 0,6$ ;

– многошпиндельные сверлильные:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{60 T_{\text{см}} \cdot K_p}{t_1 \cdot m}, \quad (123)$$

где  $K_p = 0,7$ ;

$t_1$  – цикл одного прохода заготовки через станок, с ( $t_1 = 5 \dots 12$  с);

$m$  – количество проходов заготовки через станок, шт.

*Торцовочные станки*

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{60 \cdot T_{\text{см}} \cdot z \cdot K_p}{t_1 \cdot n}, \quad (124)$$

где  $z$  – количество одновременно торцуемых заготовок;

$K_p = 0,9$ ;

$t_1$  – цикл одного реза (с), включающий укладку заготовки, ее торцевание и снятие с укладкой в штабель (табл. 50);

$n$  – число резов для изготовления одной заготовки (без учета вырезки дефектных мест), шт.

Время цикла одного реза для торцовочных станков

Длина деталей, м	Вид раскроя					
	пиломатериалы по длине на заготовки с вырезкой дефектных мест	многократные заготовки по длине под углом 90°		погонаж по длине под углом ≠ 90°		однократные заготовки по длине на заданный размер
		наличие дефектовки				
		нет	да	нет	да	
менее 500	6	5	8	10	12	6
500...1000	10	8	12	15	18	9
1001...2000	12	–	–	20	24	12

*Фуговальные станки с ручной подачей*

$$П_{см} = \frac{T_{см} \cdot U \cdot K_p}{l_3 \cdot m \cdot c}, \quad (125)$$

где  $U = 8 \dots 12$  м/мин;

$K_p = 0,8$ ;

$l_3$  – длина обрабатываемых заготовок, м;

$m$  – среднее число проходов заготовки через станок ( $m=2$  для каждой обрабатываемой стороны заготовки);

$c$  – число обрабатываемых сторон заготовки.

*Рейсмусовые или четырехсторонние продольно-фрезерные станки*

$$П_{см} = \frac{T_{см} \cdot U \cdot z \cdot K_p}{l_3 \cdot m}, \quad (126)$$

где  $U$  – скорость подачи, м/мин;

$z$  – число одновременно обрабатываемых на станке заготовок ( $z=3 \dots 5$  шт. – при обработке на рейсмусовом станке;  $z=1$  – при обработке на четырехстороннем продольно-фрезерном станке);

$K_p = 0,8 \dots 0,9$ ;

$l_3$  – длина обрабатываемых заготовок, м;

$m$  – число проходов заготовки через станок.

*Фрезерные станки*

$$П_{см} = \frac{T_{см} \cdot U \cdot K_p}{l}, \quad (127)$$

где  $U = 6 \dots 8$  м/мин;

$K_p = 0,6 \dots 0,7$ ;

$l$  – длина фрезеруемого паза, м.

### *Шипорезные станки*

– односторонние для формирования рамных и ящичных шипов [4]:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot U \cdot n \cdot K_p \cdot K_m}{S \cdot z}, \quad (128)$$

где  $K_p = 0,9 \dots 0,93$ ;

$K_m$  – коэффициент использования машинного времени ( $K_m = 0,5 \dots 0,6$ );

$U$  – скорость перемещения каретки (подача стола), м/мин;

$n$  – количество одновременно обрабатываемых заготовок;

$S$  – ход перемещения стола (перемещение стола), м;

$z$  – количество обрабатываемых концов заготовки.

### *Шлифовальные станки*

– с ручным перемещением

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot U \cdot c \cdot K_p}{l \cdot b \cdot p \cdot z \cdot n}, \quad (129)$$

где  $U$  – скорость перемещения утюжка, м/мин ( $U = 3 \dots 6$  м/мин);

$c$  – ширина утюжка, м (для вышеуказанных типов шлифовальных станков  $c = 0,16$  м);

$K_p = 0,65 \dots 0,75$ ;

$l$  – длина шлифуемой поверхности заготовки, м;

$b$  – ширина шлифуемой поверхности заготовки, м;

$p$  – коэффициент перекрытия перемещений утюжка по ширине шлифуемой заготовки,  $p = 1,5$ ;

$z$  – число шлифований для получения требуемой шероховатости поверхности;

$n$  – количество шлифуемых пластей заготовки.

### *Полуавтоматические и автоматические линии*

$$\Pi_{\text{ф}} = \Pi_{\text{т}} \cdot K_{\text{и}}, \quad (130)$$

где  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования автоматической линии;

$\Pi_{\text{т}}$  – теоретическая производительность линии, шт.(деталей)/ч.

Величина  $\Pi_{\text{т}}$  приводится в паспортных данных для определенных размеров обрабатываемых заготовок и рациональной скорости подачи, характеризуемой ритмом потока  $R$ . Ритм потока – это время, по истечении которого с линии сходит обработанная деталь. Производительность линии, выраженная через ритм, равна:

$$\Pi = \frac{60}{R}, \text{ шт./ч.} \quad (131)$$

При отсутствии данных о производительности линии ее устанавливают по лимитирующему оборудованию. В случае непрерывного движения заготовок ритм любого станка в линии должен быть равен:

$$R = \frac{l_{\text{заг}}}{U}, \quad (132)$$

где  $l_{\text{заг}}$  – длина заготовки в направлении подачи, м;

$U$  – фактическая скорость подачи, м/мин.

Станочные полуавтоматические и автоматические линии подразделяются по характеру работы на постоянно-поточные и переменнo-поточные.

К постоянно-поточным относятся линии, предназначенные для обработки одной детали определенных размеров. Переменно-поточные линии рассчитаны на обработку разнородных деталей, различающихся по размерам или составу операций. Эти линии нуждаются в переналадке для перехода на обработку деталей другого вида. Производительность линии при обработке различных деталей будет различной. Чтобы определить число переменнo-поточных линий, необходимых для выполнения годовой программы, следует установить среднегодовую производительность линии в зависимости от вида деталей и числа их на годовую программу. Зная ритм обработки деталей (А, Б, В) и их число на годовую программу ( $Q_A, Q_B, Q_B$ ), производительность переменнo-поточной линии рассчитывают по формуле (130), в которой используют среднегодовую величину ритма [1]

$$R_{\text{cp}} = \frac{R_A Q_A + R_B Q_B + R_B Q_B}{Q_A + Q_B + Q_B}. \quad (133)$$

Коэффициент использования переменнo-поточных линий с жесткой связью составляет:

0,57...0,65 – для линий, полностью переналаживаемых в рабочее время;

0,66...0,70 – для частично переналаживаемых в рабочее время;

0,72.. .0,85 – для полностью переналаживаемых в нерабочее время.

Полученные результаты по количеству станков и проценту их загрузки детально анализируются. В ходе анализа выявляются недостаточно загруженные станки и возможность их исключения из линии, с передачей обрабатывающих операций на другие станки. При большом числе однотипных станков рассматривают целесообразность использования для этой операции более производительного оборудования.

## Контрольные вопросы

1. Порядок определения производственной программы и производственной мощности предприятия, выпускающего клееную продукцию.
2. Определение производственной мощности предприятия по выпуску ДСтП.
3. Факторы, определяющие вариант технологического процесса изготовления фанеры.
4. Последовательность расчета потребного числа единиц оборудования для годовой программы.
5. Как осуществляется выбор производственной программы мебельных предприятий?
6. Из чего исходят при определении производственной площади, площади вспомогательных и бытовых помещений предприятия?
7. Рабочее место. Основные правила и требования при размещении рабочих мест в производственных цехах.

## 5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

### 5.1. Общие сведения о промышленных зданиях

Промышленные (производственные) здания возводятся для обеспечения эффективного функционирования технологического процесса производства определенного вида лесопромышленной продукции, осуществляемого с помощью запроектированного оборудования.

Основными классификационными признаками промышленных зданий являются: назначение, отраслевая принадлежность, этажность, капитальность, характер застройки, вид внутрицехового транспорта, способы размещения внутренних опор и удаления атмосферных осадков с покрытий.

Существенное влияние на конструктивное решение промышленных зданий оказывает их этажность. Различают два основных вида производственных зданий – одноэтажные и многоэтажные.

В случаях преобладания массивного технологического оборудования, требующего значительных пролетов и вызывающего соответствующие динамические нагрузки, а также в производствах, где основной технологический поток протекает по горизонтали, целесообразно проектировать одноэтажные каркасные здания. Этот вид производственных зданий является доминирующим в лесоперерабатывающей отрасли.

В зависимости от величины и характера крановой нагрузки применяют колонны каркаса из сборного железобетона или из стали (при существенных нагрузках).

Поперечные рамы сборного железобетонного каркаса представляют собой систему из колонн, зафиксированных в фундаментах, и ригелей в виде балок или ферм (рис. 51). Устойчивость зданий в поперечном направлении обеспечивается поперечными рамами, а в продольном – колоннами, плитами покрытия и подкрановыми балками (при их наличии), а также вертикальными и горизонтальными связями.

По расположению несущих элементов различают следующие конструктивные типы зданий (рис. 52):

✓ бескаркасный – в основе несущие стены, усиленные пилястрами (ограничение по грузоподъемности кранов – 5 т, по пролетам – 12 м);

✓ каркасный – сформирован системой жестких рам, состоящих из колонн, подкрановых балок, стропильных и подстропильных ферм, ригелей и плит покрытий;

✓ с неполным каркасом – в основе несущие наружные стены и внутренние опоры (колонны, кирпичные столбы и т.п.). Здания имеют два и более пролета и оборудуются кранами небольшой грузоподъемности;

✓ шатровый – в основе пространственные покрытия, опирающиеся непосредственно на фундамент.

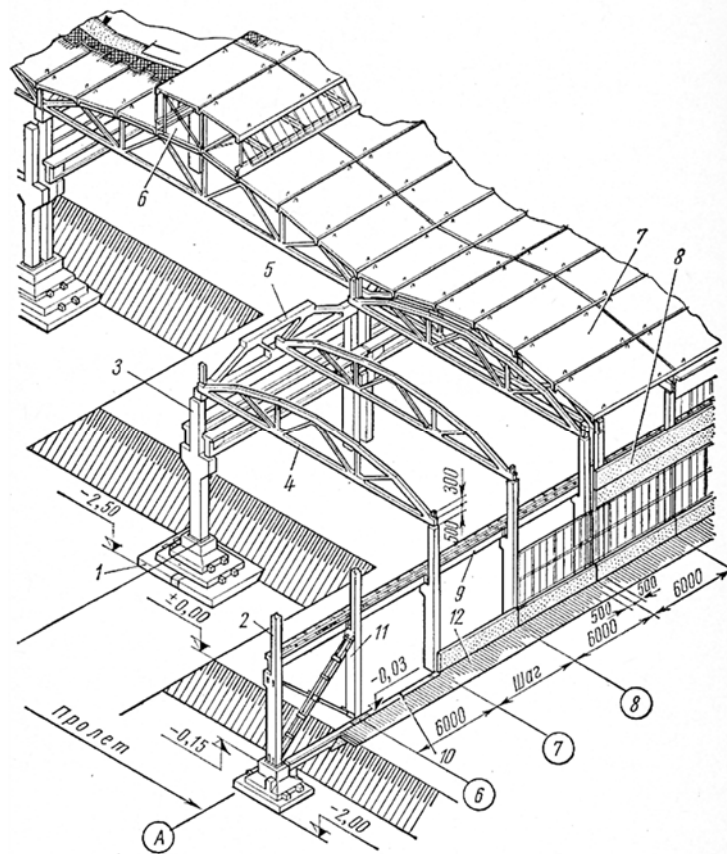


Рис. 51. Общий вид одноэтажного каркасного здания [37]:  
 1 – фундаменты; 2, 3 – колонна крайняя и средняя; 4 – ферма покрытия;  
 5 – подстропильная ферма; 6 – продольный фонарь; 7 – плита покрытия;  
 8 – стенная панель; 9 – подкрановая балка; 10 – фундаментная балка;  
 11 – крестовые связи; 12 – отмостка

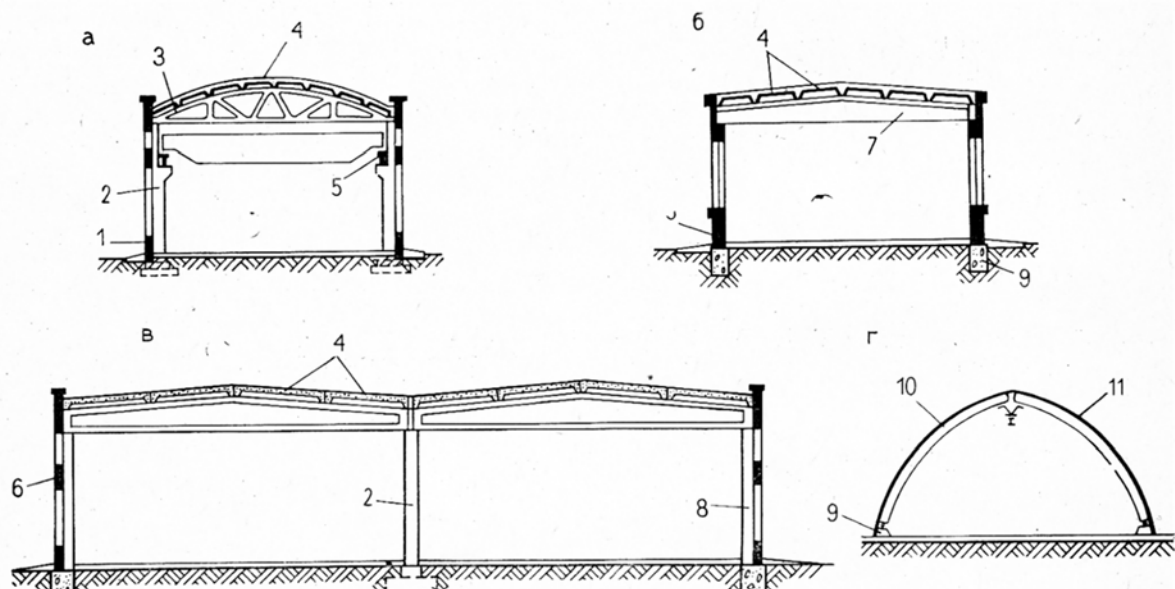


Рис. 52. Конструктивные типы одноэтажных промышленных зданий [38]:  
 а – каркасный; б – бескаркасный; в – с неполным каркасом; г – шатровый:  
 1 – наружная стена; 2 – колонна; 3 – ферма; 4 – плиты покрытия;  
 5 – подкрановая балка; 6 – несущая стена; 7 – балка покрытия;  
 8 – пилястра; 9 – фундамент; 10 – арка; 11 – покрытие

В зависимости от выполняемой функции различают здания основного назначения (здания мебельных фабрик, лесопильных, фанерных и других деревообрабатывающих предприятий) и подсобно-вспомогательные здания (складские, энергетические и т.д.).

Капитальность промышленного здания определяется долговечностью и степенью его огнестойкости в условиях эксплуатации. Под долговечностью понимается срок безотказной работы зданий, в течение которого они выполняют свое функциональное назначение.

Строительными нормами установлены три степени долговечности зданий: I – срок службы более 100 лет; II – 50...100 лет; III – 20...50 лет. Конструкции со сроком службы менее 20 лет проектируют только для временных сооружений.

Согласно противопожарным требованиям по огнестойкости здания и инженерные сооружения подразделяются на пять степеней.

Класс зданий назначается организацией-заказчиком проекта и определяется с учетом значения и мощности предприятия, концентрации материальных ценностей и стоимости оборудования, а также иных требований.

К I классу относят здания, имеющие важнейшее экономическое значение (здания с непрерывным производством большой мощности, электростанции, большие мосты и др.). К ним предъявляют повышенные требования и проектируют их по индивидуальным техническим условиям и нормам, огнестойкостью не ниже II степени и долговечностью не ниже I степени.

Большинство производственных зданий лесопромышленного комплекса относится ко II классу [1]. К ним предъявляются следующие требования: огнестойкость – не ниже III степени, долговечность – не ниже II степени. На практике большинство промзданий проектируют с огнестойкостью I или II степени, так в них производится продукция из сгораемых материалов и установлено современное дорогостоящее технологическое оборудование, превышающее во много раз стоимость самих зданий.

К III классу относят сооружения с пониженными требованиями качества – производственные здания малой мощности с недорогим оборудованием, здания складов с малоценным сырьем и все деревянные сооружения.

К IV классу относят все сооружения, к которым не предъявляются требования долговечности и огнестойкости.

При проектировании промзданий учитывают также технологические, санитарно-гигиенические, противопожарные, экономические и эстетические требования.

Технологические требования являются основными и направлены на обеспечение рациональной организации производства в соответствии с разработанной технологической схемой. Для этого необходимо, чтобы форма и размеры зданий, помещений, сетки колонн и прочность конструкций допускали проектное расположение технологического оборудования, а



также возможность его частичной перестановки при последующей модернизации производства.

Санитарно-гигиенические требования предусматривают создание в них нормальных условий работы, удовлетворению гигиенических и бытовых потребностей. Для этого в рабочей зоне должны поддерживаться метеорологические условия (влажность, температура, чистота и движение воздуха), а также уровень шума, вибраций и излучений в соответствии с требованиями санитарных норм.

Противопожарные требования сводятся к назначению степени огнестойкости здания, архитектурно-планировочным решениям зданий в части ограничений этажности, размеров помещений между брандмауэрами (противопожарными преградами), определению числа и размеров эвакуационных проходов, выходов, лестничных клеток, проездов и въездов и их размещению в зданиях, устройству противопожарного водопровода, конструкций отопления и вентиляции.

Все производства в соответствии со СНиП 2.01.02-85 по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности подразделяют на шесть категорий:

- категория *A* – производства, связанные с применением веществ, воспламенение и взрыв которых могут последовать в результате воздействия воды или кислорода воздуха, искры или детонации, причем взрыв может вызвать разрушение всего здания (участки лакирования и крашения, склады лакокрасочных материалов);

- категория *B* – взрывоопасные производства, связанные с использованием веществ, образующих легковоспламеняющиеся смеси пыли и газов, взрыв которых не разрушает основных конструкций зданий (производства, связанные с угольной пылью, древесной мукой и др.);

- категория *B* – производства, предусматривающие обработку твердых сгораемых материалов и веществ (большинство предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности);

- категория *Г* – производства, предусматривающие обработку несгораемых веществ в раскаленном или расплавленном состоянии (литейные, плавильные, прокатные, кузнечные и др.);

- категория *Д* – производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии (механические, инструментальные);

- категория *E* – взрывоопасные производства, в которых могут выделяться горючие газы, без жидкой фазы и взрывоопасной пыли в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения. Основные строительные конструкции зданий с производством категории *E* следует проектировать несгораемыми с ненормируемым пределом огнестойкости.

Производственные здания должны иметь выходы, обеспечивающие безопасную эвакуацию находящихся в здании людей, в случае возникновения пожара или в других аварийных случаях. Число эвакуационных выходов из производственного здания – не менее двух. Устройство одного выхода разрешается для помещений производств категорий *А*, *Б* и *В* площадью не более 100 м<sup>2</sup> и производств категорий *Г* и *Д* площадью до 200 м<sup>2</sup>. Для одноэтажных производственных зданий максимальное расстояние от рабочего места до эвакуационного выхода не должно превышать 100 м.

К зданиям и сооружениям по всей их длине должен быть обеспечен подъезд пожарных автомашин: с одной стороны при ширине здания до 18 м и с двух сторон при большей ширине.

В случаях, когда по производственным условиям не требуется устройство дорог, подъезд пожарных машин должен быть обеспечен по спланированной поверхности с укреплением ее по ширине 3,5 м в местах проезда при глинистых и пылевидных грунтах растительным покровом, шлаком или гравием. Расстояние от края проезжей части или спланированной поверхности, обеспечивающей подъезд пожарных машин, до стены здания не должно превышать 25 м.

Экономические требования к производственным зданиям сводятся к снижению стоимости строительства и эксплуатации. Они определяются основными технико-экономическими показателями.

Основным сметным показателем экономичности строительной части здания является стоимость 1 м<sup>2</sup> полезной площади. Показатели расхода основных строительных материалов на 1 м<sup>2</sup> полезной площади характеризуют экономичность и прогрессивность строительства.

При проектировании зданий деревообрабатывающей промышленности учитывают наличие агрессивных сред и характер их воздействия на работников, строительные конструкции и материалы, выделение токсичных, пожаро- и взрывоопасных веществ и другие факторы.

## 5.2. Унификация и типизация в строительстве

Современное строительство базируется на применении сборных конструкций определенных типоразмеров, уменьшение числа которых достигается унификацией архитектурно-планировочных решений. Основными объемно-планировочными параметрами здания являются (см. рис. 51):

- ✓ шаг – расстояние между разбивочными осями поперечных рядов колонн или стен (6 или 12 м);
- ✓ пролет – расстояние между разбивочными осями продольных рядов колонн или стен. (для одноэтажных промышленных зданий 12...36 м);

✓ высота (в одноэтажном промышленном здании) – расстояние по вертикали от уровня пола (отметка  $\pm 0,00$ ) до низа несущей конструкции покрытия:

✓ сетка колонн – совокупность расстояний между колоннами в продольном и поперечном направлениях.

В основе типизации и унификации лежит единая модульная система (ЕМС) – совокупность правил взаимосвязки размеров здания и конструкций на основе применения модуля (М), равного 100 мм.

В строительной практике используют укрупненные или дробные модули. Укрупненные модули составляют следующий ряд: 6000 мм (60М); 3000 мм (30М); 1500 (15М); 1200(12М); 600(6М); 300(3М) и 200(2М). Дробные модули применяют для назначения сечений конструкций: 50(1/2М); 20(1/5М),... ,1(1/100М).

Согласно принятым в ЕМС правилам, в габаритных схемах одноэтажных зданий установлены следующие градации: пролеты до 18 м кратны 30М (6, 9, 12, 15 и 18), пролеты более 18 м – модулю 60М (18, 24, 30 и 36 м); градации высот, соответствующие модулю 600 мм, – в пределах высот от 3,6 до 4,8 м, удвоенному модулю (1200 мм) – в пределах высот от 4,8 до 10,8 м и утроенному модулю (1800 мм) – при высоте более 10,8 м.

Для рассматриваемых зданий установлены унифицированные габаритные размеры, показанные на рис. 53.

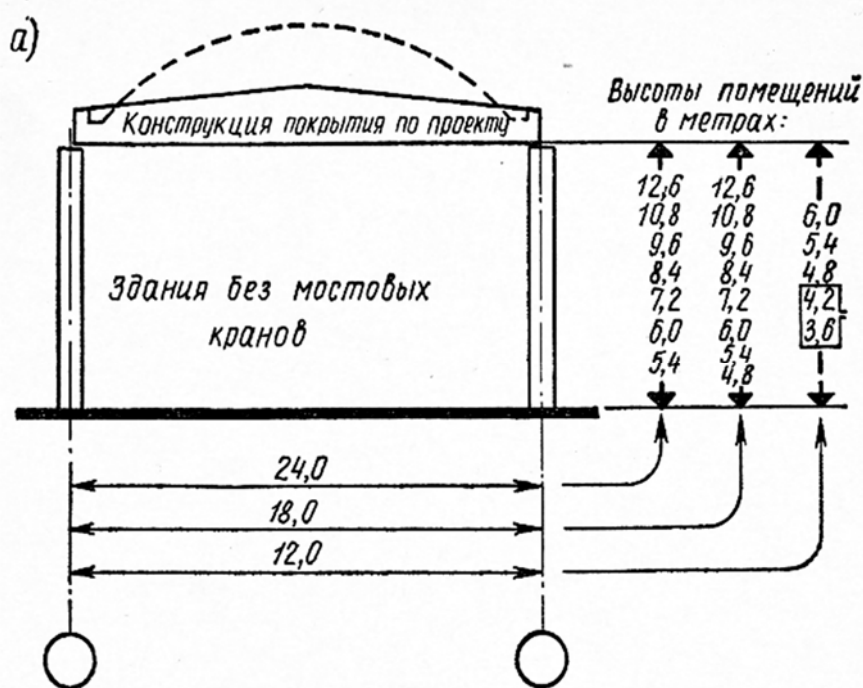


Рис. 53. Унифицированные габариты одноэтажных промышленных зданий [37]

Для отдельных отраслей промышленности разработаны габаритные схемы типовых объемно-планировочных решений промышленных зданий.

В габаритных схемах содержатся данные о планировке, шаге колонн, пролетах, высоте и этажности зданий, крановых нагрузках и т.п. (рис. 54).

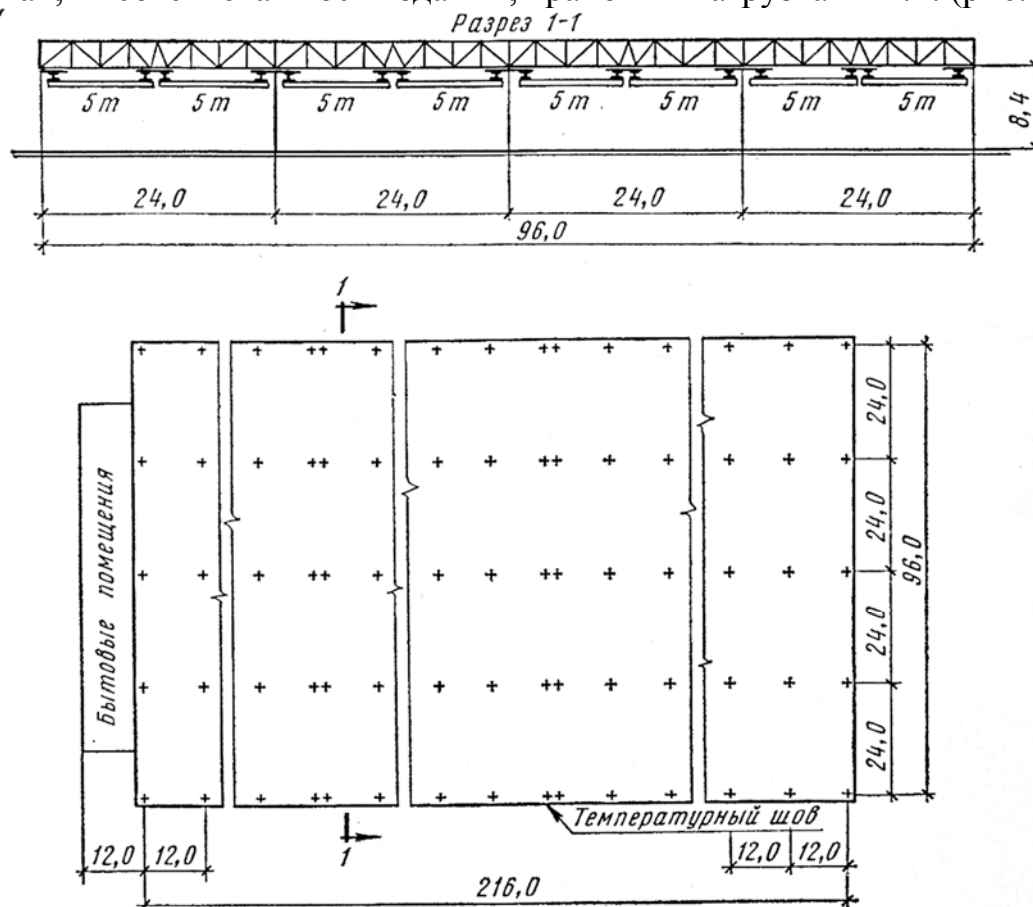


Рис. 54. Габаритная схема одноэтажного промышленного здания [37]

Наиболее рациональными для одноэтажных зданий со сплошной застройкой являются сетки колонн  $18 \times 12$ ,  $24 \times 12$ ,  $30 \times 12$ ,  $36 \times 12$  м. Сетка  $18 \times 12$  м считается основной, ее как наиболее экономичную рекомендуется применять в индустриальном строительстве предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности. Сетки  $18 \times 6$ ,  $24 \times 6$ ,  $18 \times 12$ ,  $24 \times 12$ ,  $30 \times 12$ ,  $36 \times 12$  м используются при строительстве узких зданий, а сетки  $12 \times 12$  и  $12 \times 6$  м – зданий небольших размеров.

### 5.3. Основные правила привязки колонн и стен к координационным осям

Основные размеры здания в плане измеряются между координационными (разбивочными) осями, которые образуют геометрическую основу плана.

На архитектурно-строительных чертежах поперечные оси обычно обозначают арабскими цифрами, а продольные – заглавными буквами

русского алфавита. Порядок маркировки осей: снизу вверх и слева направо по левой и нижней сторонам плана (рис. 55).

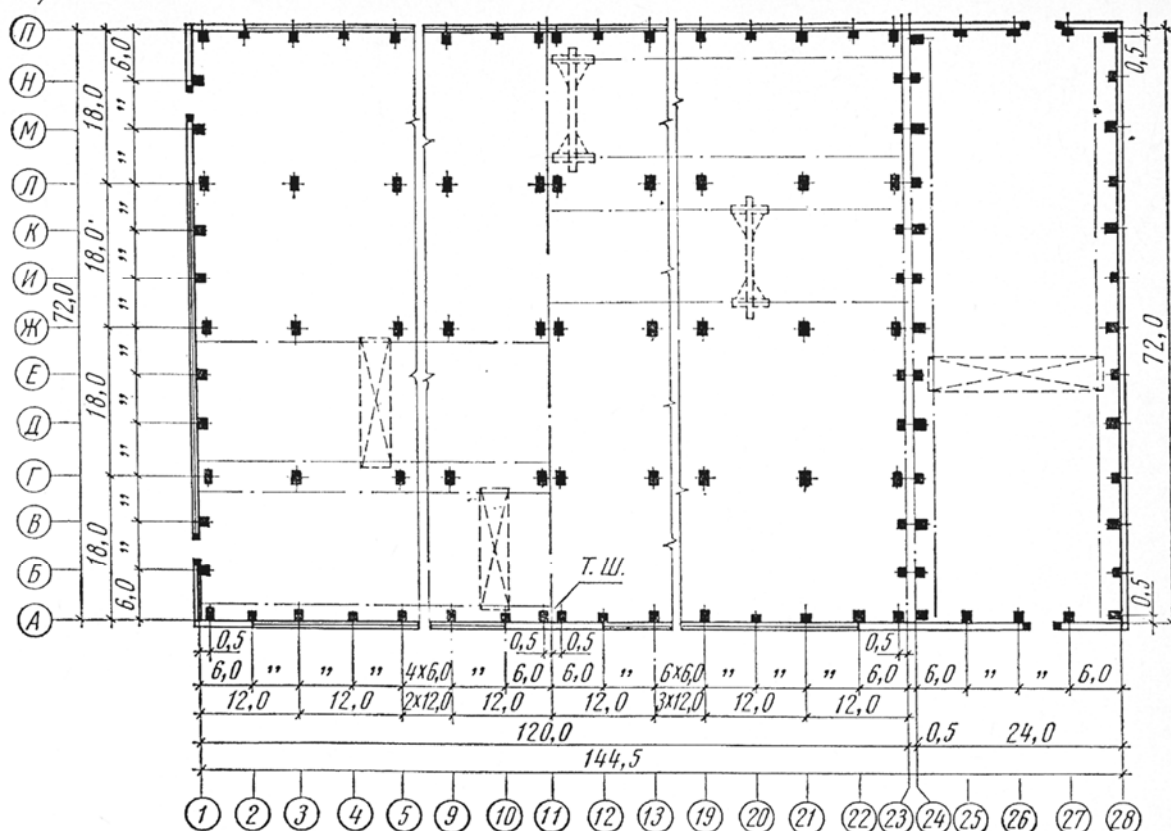


Рис. 55. План одноэтажного промышленного здания с разбивочными осями и их маркировка

Строительные конструкции располагают строго определенным образом по отношению к разбивочным осям здания, т.е. осуществляют так называемую привязку. Привязка – это расстояние от разбивочной оси до грани или геометрической оси конструктивного элемента. На плане цеха к координационным осям здания привязывают всё технологическое оборудование.

Привязку несущих конструкций здания выполняют по определенным правилам, что обеспечивает применение конструкций одного типоразмера в крайних и средних пролетах.

*В одноэтажных промышленных зданиях* наружные грани крайних колонн и внутренние поверхности стен совмещают с продольными координационными осями, производя их «нулевую привязку». Нулевая привязка применяется в зданиях без мостовых кранов (рис. 56, а) и в зданиях, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 30 т, при шаге колонн 6 м и высоте от пола до низа несущих конструкций покрытия менее 16,2 м (рис. 56, б).

Наружные грани колонн крайнего ряда и внутренние поверхности стен смещают относительно продольных координационных осей на 250 мм в зданиях, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т (рис. 57,в). Смещение осей на 250, а при соответствующем обосновании и

на 500 мм позволяет устраивать проходы для обслуживания мостовых кранов [37, 38].

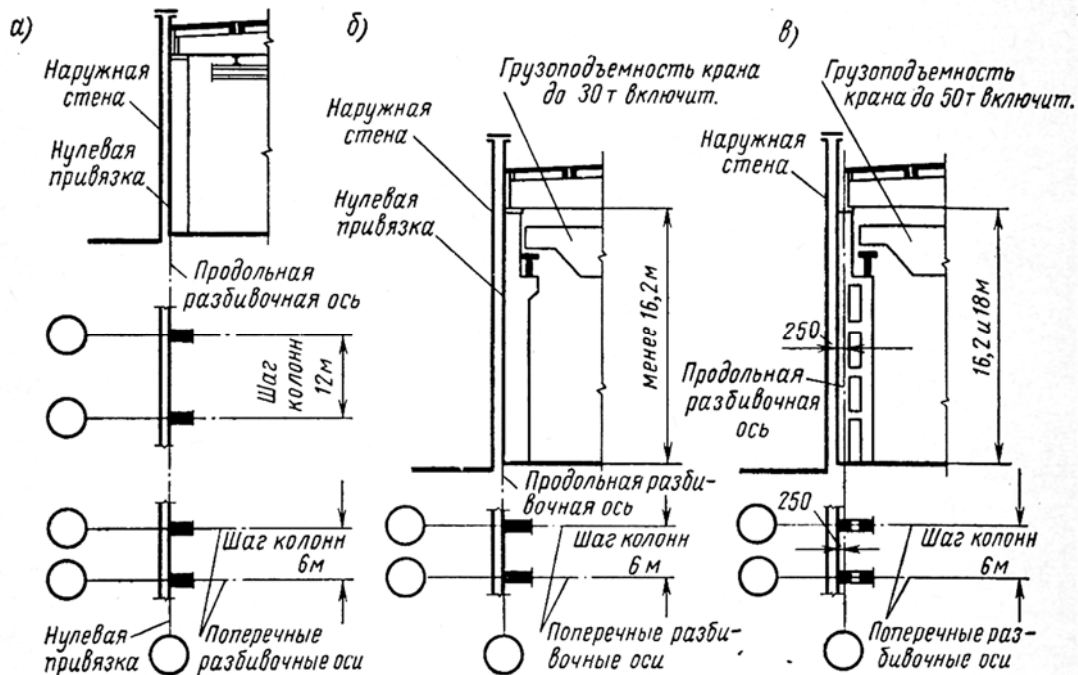


Рис. 56. Привязка колонн крайних рядов и наружных стен к продольным разбивочным осям здания:  
 а – с подвесным краном; б – с мостовыми кранами грузоподъемностью до 30 тонн; в – то же до 50 тонн

Привязку к поперечным координационным осям колонн и торцовых стен осуществляют по следующим правилам:

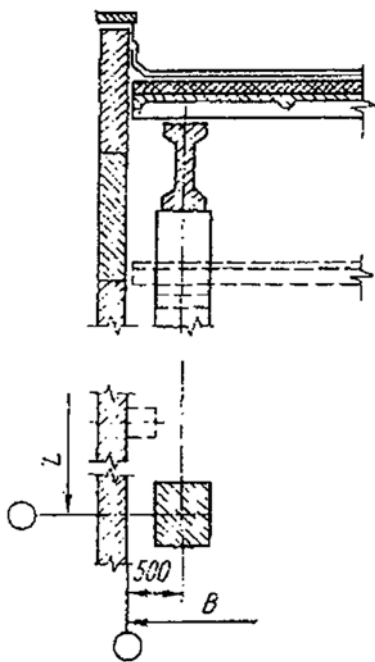


Рис. 57. Привязка колонн и торцовых стен к поперечным разбивочным осям

1) геометрические оси сечений колонн (за исключением колонн в торцах здания и колонн, примыкающих к температурным швам) надо совмещать с поперечными координационными осями (нулевая привязка);

2) геометрические оси торцовых колонн основного каркаса смещают с поперечных координационных осей внутрь здания на 500 мм, а внутренние поверхности торцовых стен должны совпадать с поперечными координационными осями (рис. 57).

В бескаркасных или в зданиях с неполным каркасом привязку несущих наружных стен осуществляют, выполняя следующие требования:

1) при непосредственном опирании плит покрытий на стены внутреннюю поверхность стены смещают относительно продольной оси

внутри здания: на 150 мм – для стен из крупных блоков и на 130 мм – для кирпичных стен (рис. 58, а);

2) при опирании на стены балок или ферм поверхность стен смещают от продольной оси внутрь здания: на 300 мм – для блочных стен толщиной 400 мм и на 250 мм – для кирпичных стен толщиной 380 мм (рис. 58, б).

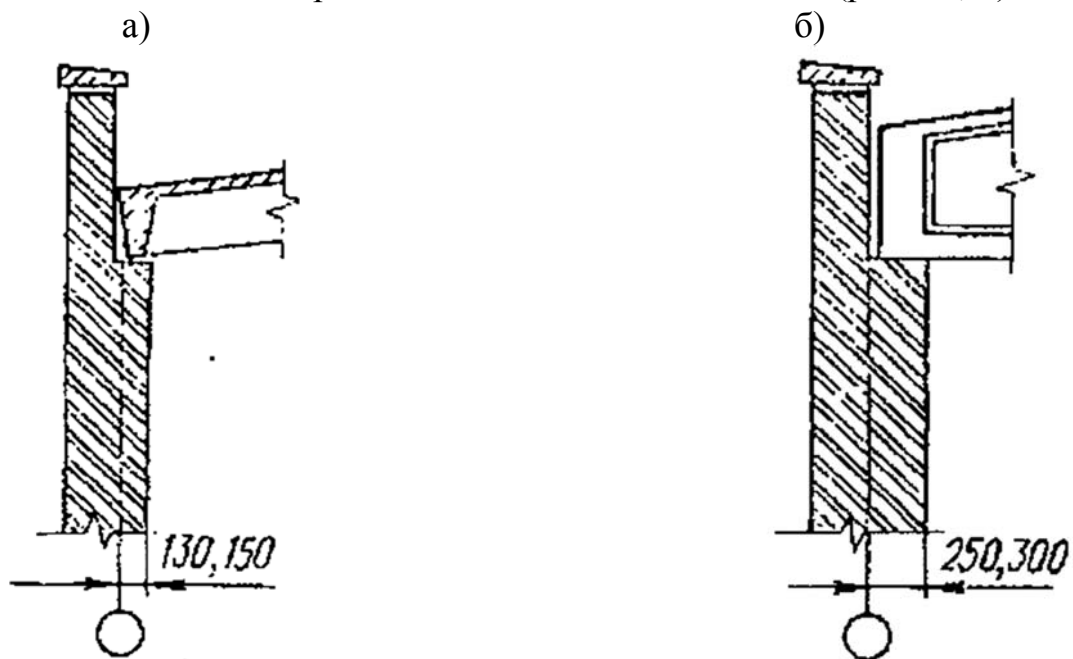


Рис. 58. Привязка несущих наружных стен из крупных блоков и кирпича к продольным осям здания

В конструкциях зданий большой протяженности из-за сезонного перепада температур возникают значительные деформации, вызывающие опасные внутренние напряжения. Для сохранения целостности здания его делят на несколько температурных блоков, разделенных между собой продольными и поперечными температурными швами. Размеры температурных блоков принимают в зависимости от типа здания. Значения максимальных расстояний между температурными швами в каркасных зданиях приведены в табл. 51.

Т а б л и ц а 51

Расстояния между температурными швами

Вид здания	Тип каркаса		
	стальной	ж/б сборный и смешанный	ж/б монолитный
Отапливаемые	230/150	60	50
Неотапливаемые и горячие цехи	200/120	40	30

П р и м е ч а н и е . В числителе – вдоль пролетов, в знаменателе – поперек пролетов.

Привязка колонн каркаса в местах устройства швов осуществляется следующим образом. В зданиях с железобетонным каркасом в местах распо-

ложения швов устанавливают парные колонны. При этом ось температурного шва должна совпадать с поперечной координатной осью, а оси колонн смещаются относительно разбивочной оси на 500 мм (рис. 59).

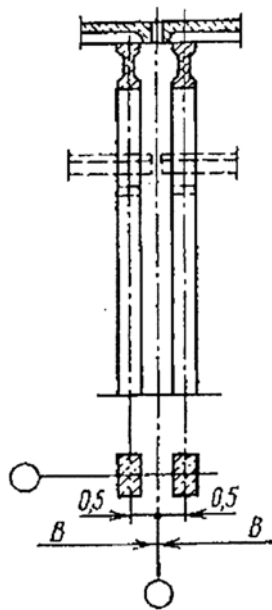


Рис. 59. Привязка колонн среднего ряда к поперечной разбивочной оси в месте температурного шва

Продольные температурные швы в зданиях с железобетонным каркасом устраивают на двух колоннах со вставкой, а в зданиях с цельнометаллическим или смешанным каркасом – на одной колонне (рис. 60).

Типичной проблемой, возникающей при эксплуатации промышленного здания, является неравномерная осадка. Ее причина – расположение здания на сложных грунтах или резкое различие эксплуатационной нагрузки по длине здания. Для предотвращения осадочных деформаций в зданиях устраивают осадочные швы. При этом фундаменты делают независимыми, а в надземной части здания осадочный шов совмещают с температурным.

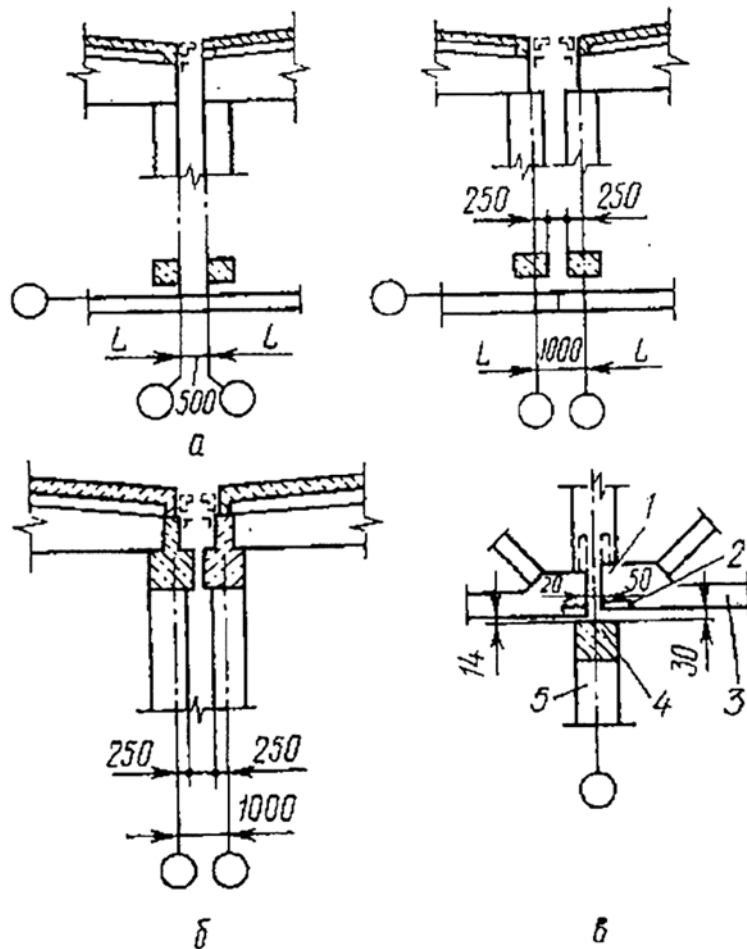


Рис. 60. Привязка колонн в местах продольных температурных швов:  
 а – без подстропильных конструкций;  
 б – с подстропильными конструкциями;  
 в – деталь опирания на одиночной колонне:  
 1 – стропильная ферма;  
 2 – выравнивающая прокладка; 3 – скользящая прокладка из фторопласта;  
 4 – подстропильная ферма;  
 5 – колонна



## 5.4. Строительные конструкции промышленных зданий

*Каркас здания.* Это несущая основа конструкции здания, состоящая из сочетания плоских элементов. В строительстве деревообрабатывающих цехов широко используют железобетонные каркасы.

Прочность и устойчивость всего здания определяется надежностью *основания и фундамента.*

*Основанием* называют грунт, прилегающий к фундаменту и воспринимающий нагрузку от сооружения. При проектировании оснований учитывают особенности строения грунта, климатические условия, конструкцию здания и фундамента, характер нагрузок. Различают естественные и искусственные основания.

Естественные основания являются наиболее пригодными, поскольку не требуют дополнительных мероприятий по их упрочнению. Они могут быть сложены грунтами различного генезиса.

Скальные грунты – это залежи горных пород в виде сплошного массива или трещиноватых пластов, характеризующихся высокой прочностью, морозо- и водостойкостью.

К нескальным грунтам относят крупнообломочные (щебень или гравий), песчаные и глинистые грунты.

Песчаные грунты состоят из частиц размером 0,14...5 мм. Для оснований предпочтительны крупнозернистые пески, так как они не вспучиваются при замерзании.

Глинистые грунты сложены из частиц слоистых алюмосиликатов ( $Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot kH_2O$ ) размером менее 0,005 мм. Сухое глинистое основание может выдерживать большие нагрузки, однако с увеличением влажности глины ее несущая способность резко падает.

Разновидностью глинистых грунтов являются супеси, суглинки и лёссы. Супесчаные грунты – это песок с примесью глины в количестве 3...10 %, при увеличении содержания глины до 10...30 % они переходят в суглинки. По прочности, несущей способности они уступают песчаным и сухим глинистым грунтам. Отдельные виды супесей, подверженных регулярному воздействию грунтовых вод, становятся подвижными. Поэтому они получили название «плывунов». Этот вид грунтов непригоден в качестве естественного основания.

Лёссовые грунты – это частицы пылеватых суглинков со сравнительно постоянным гранулометрическим составом. Лёссовые грунты в сухом состоянии могут служить надежным основанием. При увлажнении и воздействии нагрузок лёссовые грунты сильно уплотняются, в результате чего образуются значительные просадки. Поэтому они называются «просадочными».

Искусственными основаниями называют грунты, которые в своем естественном состоянии не способны воспринимать нагрузку от сооружения. Для их упрочнения применяются специальные технологии – уплотнение,

цементация, битумизация и др. К слабым относятся грунты с органическими примесями и насыпные грунты.

Современная методика расчета оснований фундаментов предусматривает проведение расчетов по двум группам предельных состояний – по несущей способности и по предельной деформации [1].

1. Расчет по несущей способности ведут, исходя из условия обеспечения прочности и устойчивости грунтов основания

$$N \leq \Phi,$$

где  $N$  – расчетная нагрузка, действующая на грунт основания и определяемая с учетом коэффициентов перегрузки,  $H$ ;

$\Phi$  – расчетная несущая способность грунта,  $H$ .

2. Расчет по деформациям ограничивает максимальные деформации конструкций пределами, обеспечивающими нормальную эксплуатацию сооружения. Расчет по деформациям выражают условием

$$S \leq S_{\text{пр}},$$

где  $S$  – перемещение фундамента, обусловленное деформациями грунтов основания (осадка фундамента, горизонтальное смещение характерной точки сооружения, крен);

$S_{\text{пр}}$  – предельное значение перемещения для данной конструкции.

Для оценки прочности грунтов и расчета фундаментов по первой группе предельных состояний необходимо определять расчетные сопротивления грунтов основания сжатию, а для оценки способности оснований деформироваться под нагрузками и определения осадок фундаментов следует знать характеристики сжимаемости грунтов.

*Фундаменты.* Их классифицируют по материалу (железобетонные, бутовые, кирпичные, деревянные и др.), по способу изготовления (сборные и монолитные) и по форме в плане (ленточные, столбчатые, сплошные, свайные).

В промышленном строительстве ленточные фундаменты используют редко, широкое распространение получили столбчатые (рис. 61), свайные, а в сложных случаях – сплошные в виде сплошной плиты под все здание.

*Фундаменты под железобетонные колонны.* Под колонны проектируют сборные или монолитные железобетонные фундаменты стаканного типа из бетона М150 и М200.

Одноблочные сборные фундаменты устанавливают с помощью крана на песчаную или щебеночную подготовку толщиной не менее 100 мм, а при влажных грунтах – на подготовку из бетона марки 50.

В сравнении со сборными аналогами монолитные фундаменты применяют гораздо реже. Это связано с растянутыми сроками их возведения, сложностью контроля работ, выполняемых путем заливки бетонной смеси в опалубку непосредственно на месте строительства.

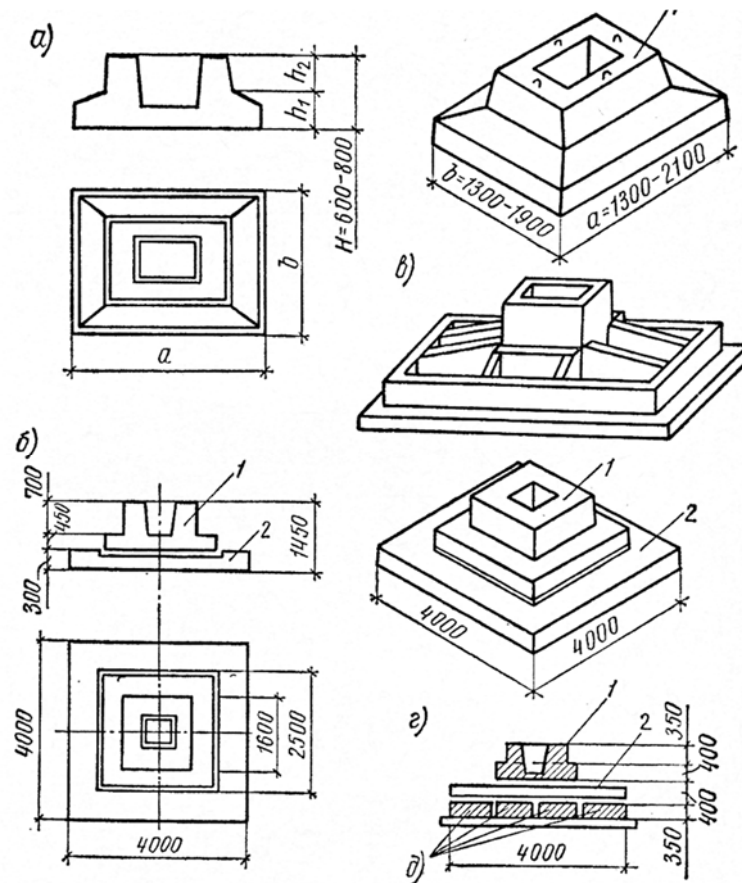


Рис. 61. Конструкции сборных столбчатых фундаментов:  
 а – одноблочных; б – двухблочных; в – облегченных ребристого типа;  
 г – многоблочных ребристого типа; 1 – стакан; 2 – плита

Стены каркасных промышленных зданий передают нагрузку на отдельно стоящие фундаменты посредством фундаментных балок (рис. 62). Балки укладывают на бетонные столбики, формируемые на уступах фундаментов, а при малой глубине заложения фундаментов – непосредственно на их уступы. По верхней поверхности балок устраивают гидроизоляцию. Пучинистые грунты из-под балок убирают и делают песчаную или шлаковую подсыпку.

В *свайном фундаменте* распределение нагрузки на грунт осуществляется посредством свай. Группы свай объединены жесткой связью с помощью специальной конструкции – ростверка. По этому признаку различают ростверковые и безростверковые свайные фундаменты (рис. 63). Устройство свайных фундаментов целесообразно при слабых водонасыщенных грунтах.

Сваи классифицируют по различным признакам. По *характеру работы* в грунте сваи делят на висячие и сваи-стойки. Сваи-стойки проходят через слабый грунт и нижними концами упираются в прочное основание, передавая на него нагрузку от здания. Висячие сваи не достигают прочного слоя, а лишь уплотняют слабый грунт. Нагрузку от здания висячие сваи воспринимают главным образом за счет сил трения между их боковой поверхностью и грунтом.

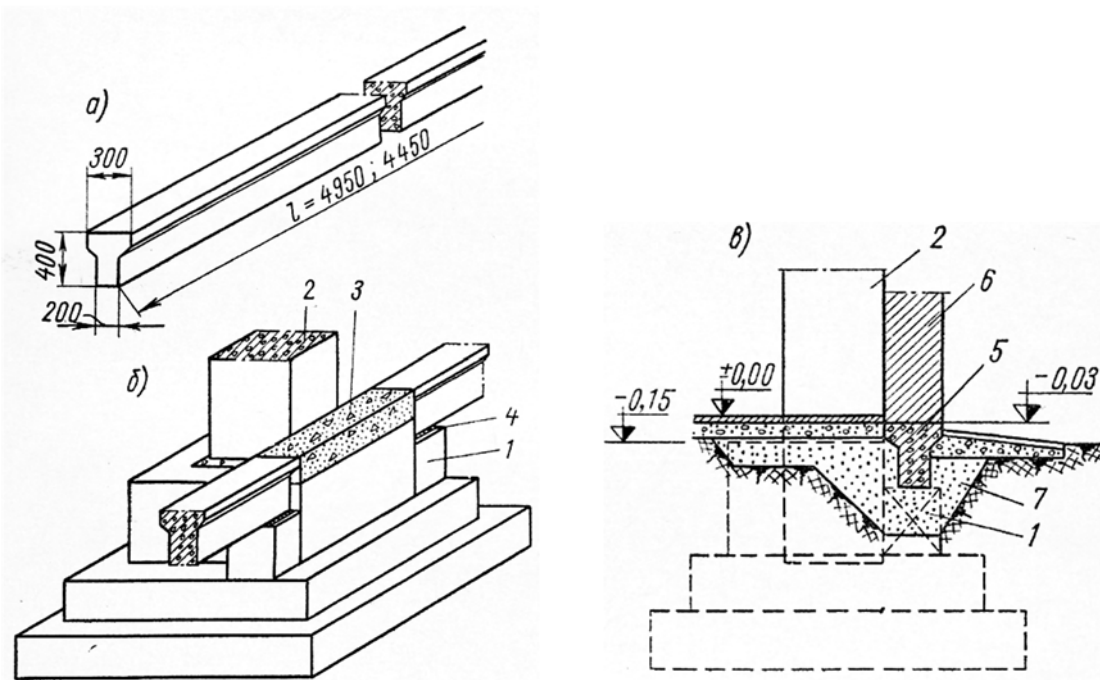


Рис. 62. Сборный железобетонный фундамент и фундаментные балки:  
 а – фундаментная балка; б – опирание балок на фундамент колонны;  
 в – поперечный разрез фундаментного узла; 1 – бетонный столбик;  
 2 – колонна; 3 – слой бетона; 4 – слой раствора;  
 5 – гидроизоляция; 6 – стена; 7 – подсыпка

По способу изготовления различают сборные и монолитные свайные фундаменты. Более распространены сборные сваи, которые изготавливают сплошными (квадратного сечения) или трубчатыми (цилиндрическими) (рис. 64). Стальные сваи применяют редко по причине дефицитности металла и подверженности коррозии. В лесной и деревообрабатывающей промышленности часто используют сваи из древесины хвойных пород, усиливая их нижний конец стальным башмаком, а верхний – бугелем (стальным кольцом).

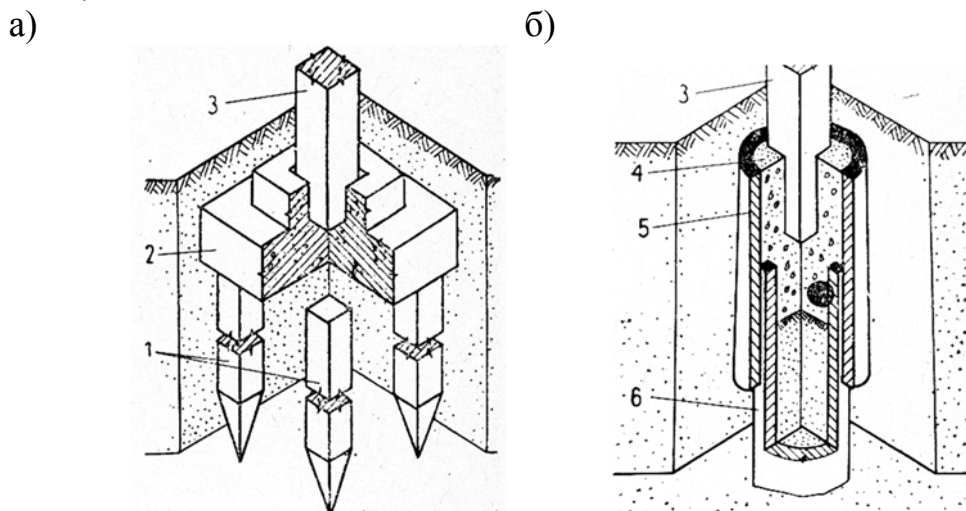


Рис. 64. Столбчатые фундаменты на железобетонных сваях:  
 а – квадратного сечения; б – трубчатого сечения; 1 – «куст» свай; 2 – ростверк;  
 3 – колонна; 4 – монолитный бетон; 5 – оболочка; 6 – трубчатая свая

По способу погружения в грунт сваи делят на забивные и набивные. Сборные забивные сваи изготавливают железобетонными, стальными или деревянными. Их помещают в грунт способами забивки, вдавливания, вибрации или ввинчивания (винтовые стальные сваи). Монолитные железобетонные сваи формируют по буронабивной технологии, предусматривающей их формовку непосредственно в грунте с помощью обсадных труб, погружаемых в предварительно устроенные скважины. Набивные сваи применяют при больших нагрузках на фундаменты. Диаметр свай достигает 1 м, а глубина залегания – 30 м.

*Колонны.* По расположению в здании различают крайние и средние колонны (рис. 65). Колонны постоянного сечения устанавливают с шагом 6 м в крайних рядах бескрановых зданий (или с легкими подвесными кранами), имеющих высоту до 9,6 м, пролеты до 24 м. Колонны среднего ряда имеют уширенный оголовок для опирания конструкций покрытия.

Колонны с консолями применяют в зданиях с высотой до 10,8 м, пролетами 18 и 24 м, при шаге 6...12 м, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т. В таких колоннах различают нижнюю (подкрановую) и верхнюю (надкрановую) части. Поперечное сечение колонн прямоугольное или двутавровое. Последнее решение более экономично по расходу бетона и массе.

Двухветвевые колонны, применяют в зданиях с высотой этажа 10,8...18 м, пролетом 18...30 м и шагом 6...12 м. В таких зданиях устанавливают мостовые краны грузоподъемностью до 50 т.

Сваи-колонны сечением 300×300 мм и длиной до 6 м используют при возведении легких производственных зданий. Их погружают в грунт на глубину не менее 2 м.

Колонны изготавливают из тяжелого бетона классов В20...В40, армированного сварными каркасами из стали А-III.

*Стены.* В промышленном строительстве широко распространены крупнопанельные стены, которые могут быть навесными или самонесущими (рис. 66). Наружные ограждения отапливаемых зданий возводят из плоских однослойных панелей:

- ✓ при шаге колонн 6 м – из легких и ячеистых бетонов;
- ✓ при шаге колонн 12 м – из керамзитобетона марки 75.

Для навесных стен (рис. 67,а) характерны ленточные проёмы и опирание надоконных панелей на стальные консоли. Такие же консоли устраивают на глухих участках стен через 4,8...6,0 м по высоте.

Особенность самонесущих стен (рис. 67,б) – наличие отдельных проемов шириной 3...4,5 м и опирание надоконных панелей на простенки.

В навесных и самонесущих стенах цокольные панели укладывают на фундаментную балку по слою гидроизоляции из цементного раствора. В углах стен отапливаемых зданий устанавливают доборные блоки.

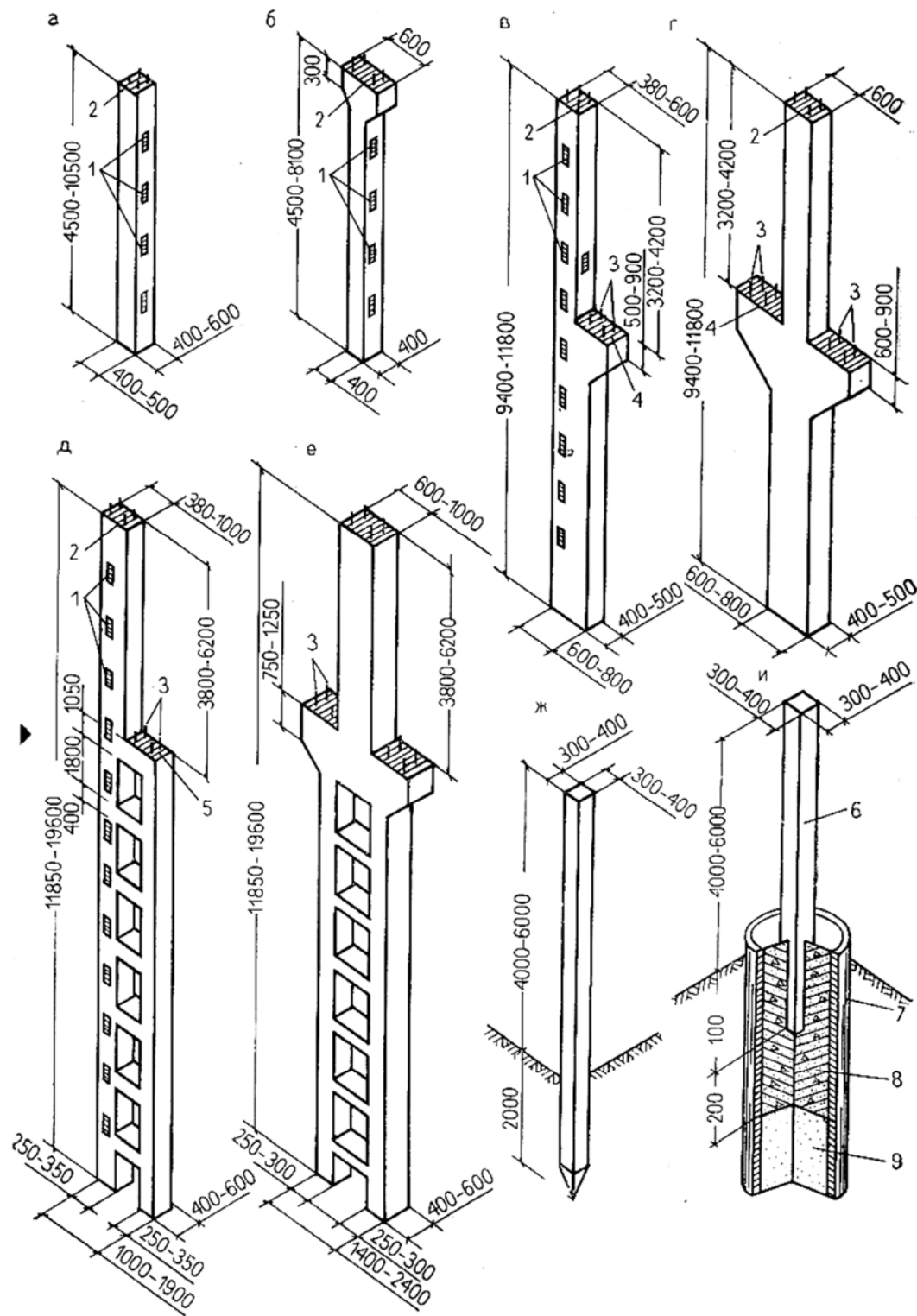


Рис. 65. Железобетонные колонны [38]:  
 а – крайнего ряда бескрановых зданий; б – среднего ряда бескрановых зданий;  
 в – крайнего ряда крановых зданий; г – среднего ряда крановых зданий;  
 д – двухветвевые для крайнего ряда крановых зданий; е – двухветвевые  
 для среднего ряда крановых зданий; ж – целые сваи-колонны; и – составные  
 сваи-колонны; 1 – закладные детали; 2 – оголовок; 3 – анкерные болты;  
 4, 5 – закладные детали; 6 – колонна; 7 – цилиндрическая свая;  
 8 – бетон; 9 – уплотненный грунт

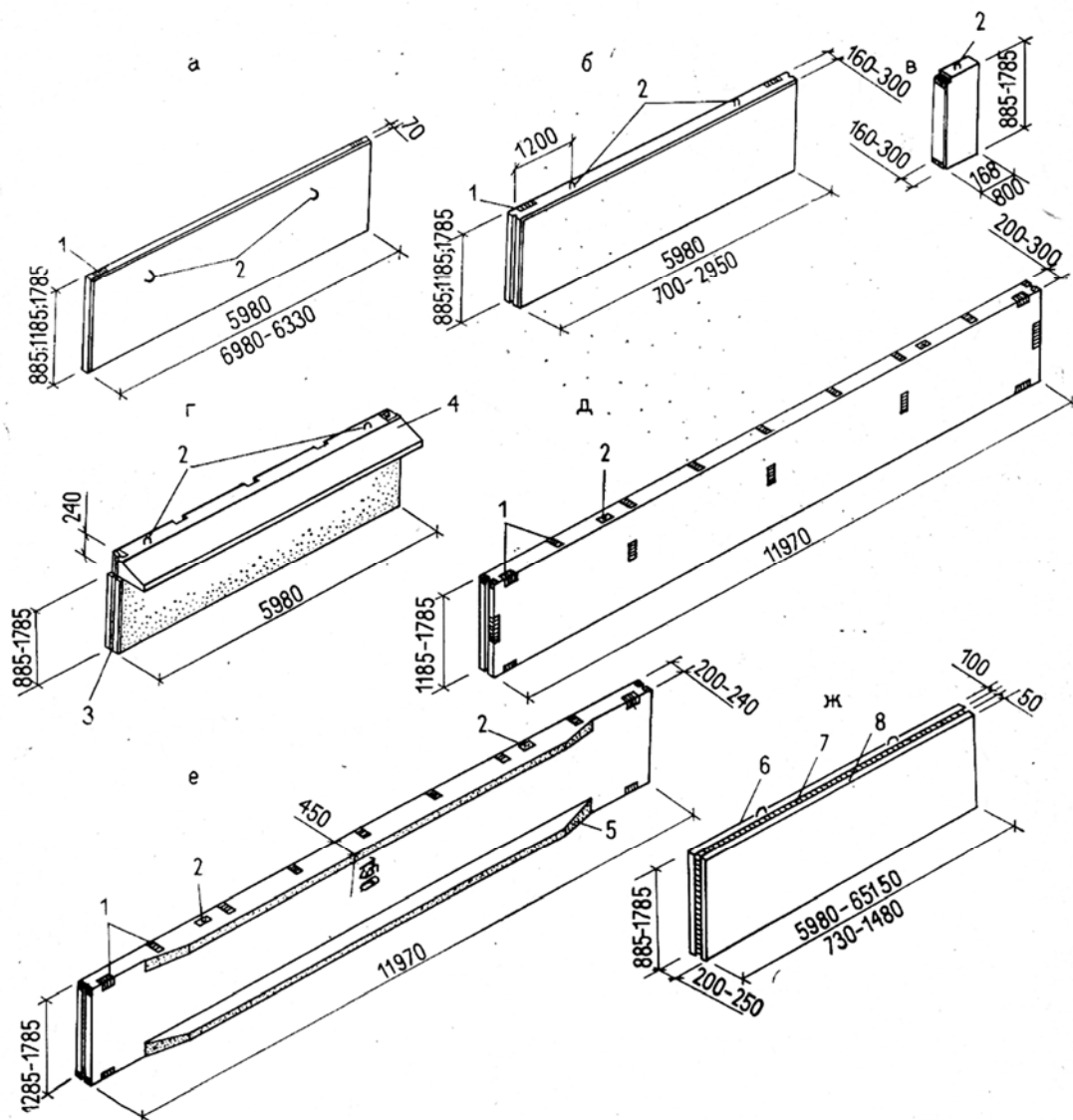


Рис. 66. Типы стеновых панелей:  
 а – плоская железобетонная (для неотапливаемых зданий); б – однослойная из легких и ячеистых бетонов; в, г – доборный угловой и карнизный блок;  
 д – однослойная из керамзитобетона; е – перемычка; ж – трехслойная;  
 1 – закладные детали; 2 – монтажные петли; 3 – подкарнизная панель;  
 4 – карнизная плита; 5 – горизонтальное ребро; 6, 8 – железобетонный слой;  
 7 – пенополистирол толщиной 50...100 мм

Раскладку панелей по высоте выполняют так, чтобы горизонтальный шов располагался на 600 мм выше оголовка колонны. Ниже этой отметки панели крепят к колоннам, выше – к конструкциям покрытия. Верх панельных стен завершает парапет или карниз.

Стены неотапливаемых зданий выполняют только навесными из плоских железобетонных панелей толщиной 70 мм. Узлы стен выполняют из удлиненных панелей, уложенных по направлению продольных стен. Панели торцовых стен закрепляют к стойкам фахверка, а продольных стен к колоннам каркаса.

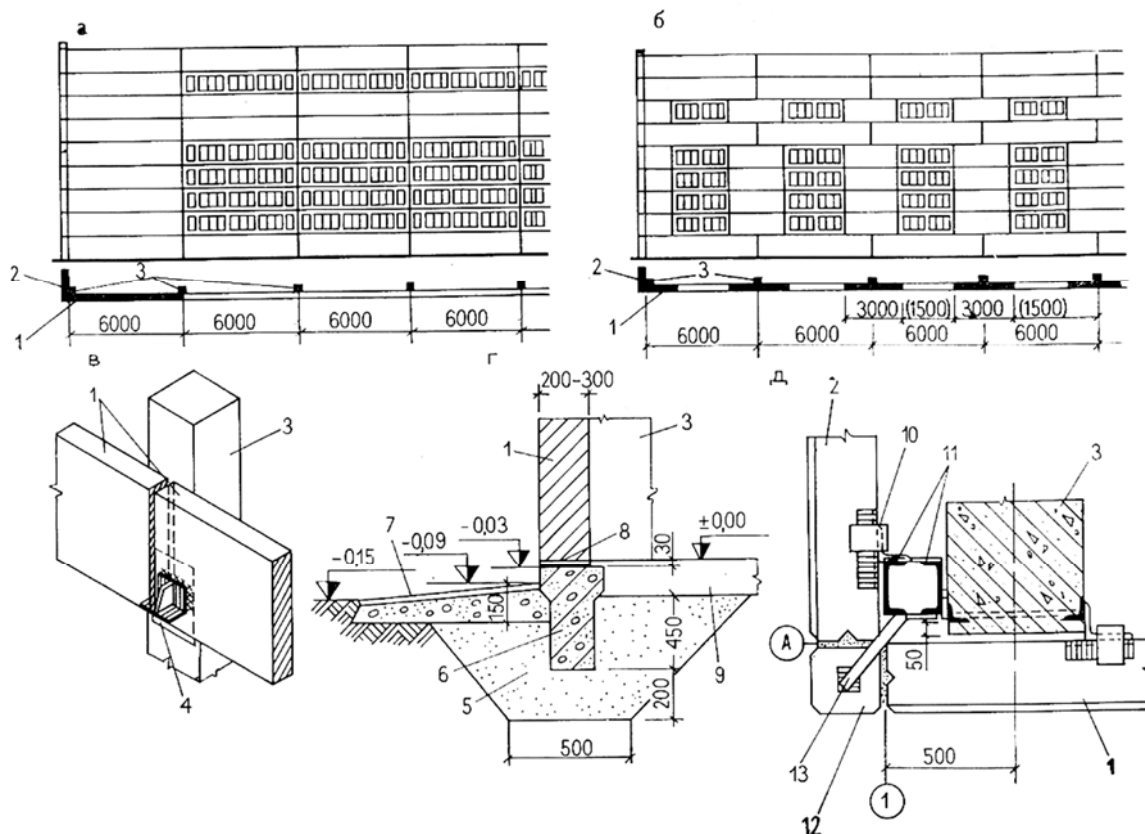


Рис. 67. Фасады и узлы крупнопанельных стен отапливаемых зданий [38]:  
 а – фасад навесной стены; б – фасад самонесущей стены;  
 в – опирание панелей на консоль-столик; г – цокольная часть стены;  
 д – угол стены (с доборным блоком);  
 1 – панель продольной стены; 2 – панель торцевой стены; 3 – колонна;  
 4 – стальная консоль; 5 – шлаковая засыпка; 6 – фундаментная балка;  
 7 – отмостка; 8 – гидроизоляция из цементного раствора; 9 – пол; 10 – крепление панелей (сцепом из двух уголков); 11 – стальная стойка фахверка;  
 12 – доборный уголкового блок; 13 – стальная накладка

**Связи.** Для обеспечения пространственной жесткости здания посередине каждого температурного блока устанавливают крестовые или порталные вертикальные связи (рис. 68). Их изготавливают из стальных профилей и располагают в продольных рядах колонн.

Кроме вертикальных связей между колоннами в здании ставят горизонтальные и вертикальные связи между фермами покрытия. Горизонтальные связи в виде ферм из стальных уголков располагают в плоскостях нижнего и верхнего поясов в основном для восприятия ветровых нагрузок, действующих на торец здания (рис. 69). Для восприятия тормозных усилий кранов и ветровых воздействий устанавливают вертикальные связи в крайних пролетах температурного отсека или в торцах здания.



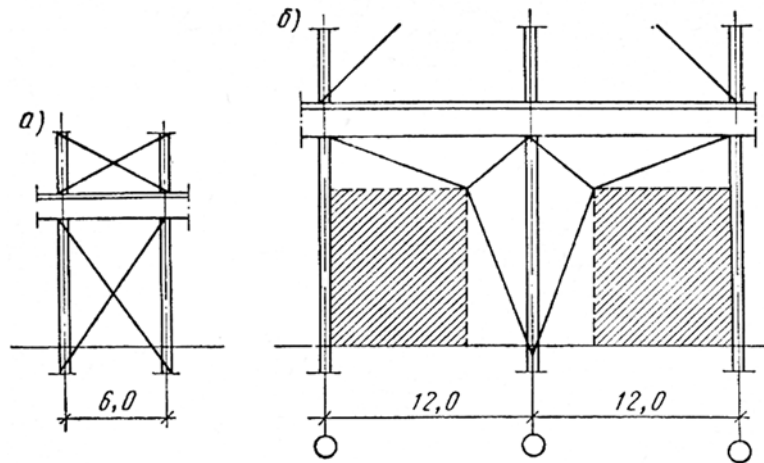


Рис. 68. Схема вертикальных связей между колоннами [37]:  
а – крестовые; б – порталные

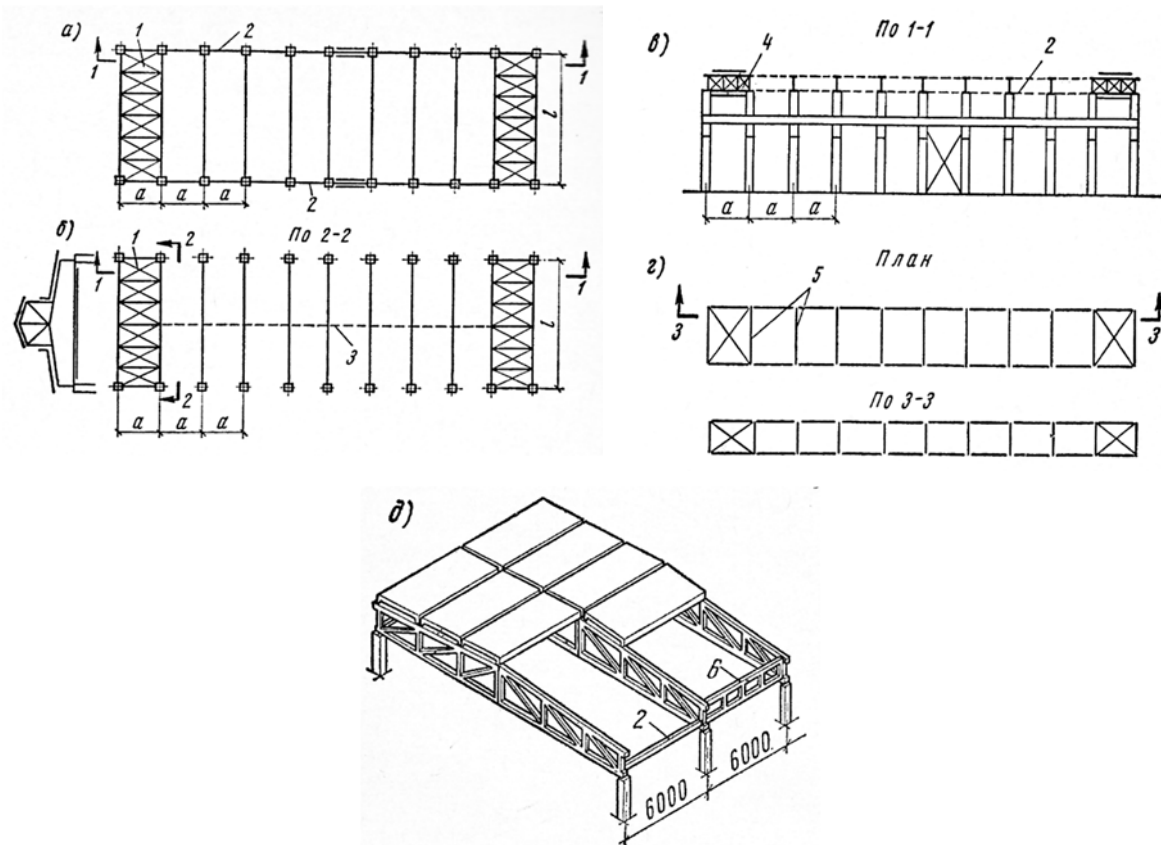


Рис. 69. Схема расположения связей покрытия:  
а – горизонтальных по нижнему поясу ферм; б – то же по верхнему поясу;  
в – вертикальных между несущими конструкциями покрытия; г – связи фонаря;  
д – вертикальные связи в виде диафрагм и распорок;  
1 – решетка; 2 – распорка; 3 – стальной тяз; 4 – вертикальная решетка;  
5 – фонарные фермы; 6 – диафрагма

*Несущие конструкции покрытия.* В зависимости от величины перекрываемых пролетов и формы крыши основными несущими конструкциями покрытий являются железобетонные одно- и двускатные балки или фермы (сегментные, арочные, безраскосные и с параллельными поясами). По виду

армирования несущие конструкции делятся на армированные и предварительно напряженные. Их изготавливают цельными на всю длину пролета или собирают из отдельных блоков непосредственно перед установкой с последующим натяжением пропущенной через них арматуры. Для небольших пролетов (6...18 м) в качестве несущих конструкций проектируют железобетонные строительные балки (рис. 70).

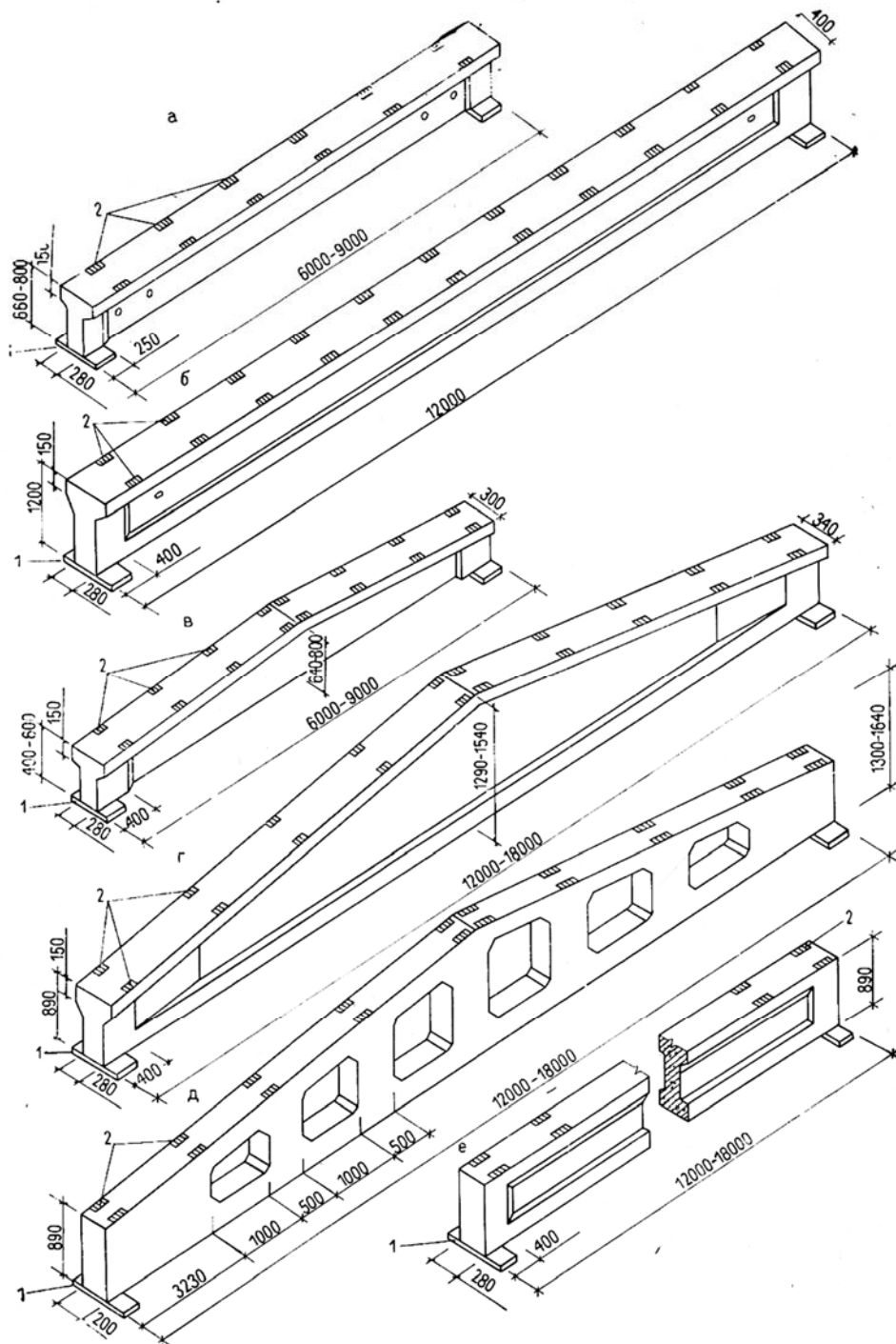


Рис. 70. Железобетонные стропильные балки [38]:  
 а – односкатная таврового сечения; б – односкатная двутаврового сечения;  
 в – двухскатная (пролетом 6...9 м); г – двухскатная (пролетом 12...18 м);  
 д – решетчатая пролетом 12...18 м; е – с параллельными поясами;  
 1 – опорный стальной лист; 2 – закладные детали

Однокатные балки применяют в покрытиях одноэтажных промышленных зданий с пролетом 6...12 м, шагом колонн 6 м и наружным водостоком. Двускатные балки – в покрытиях одноэтажных промышленных зданий с пролетами 6...18 м, шагом колонн 6 и 12 м и водостоком любого типа. Балки с параллельными поясами применяют в покрытиях промышленных зданий с плоской кровлей при пролетах 12 и 18 м и шаге колонн 6 и 12 м. Стропильные балки имеют тавровое или двутавровое сечение. Для уменьшения массы и пропуска коммуникаций в стенках балок устраивают отверстия.

*Стропильные* фермы состоят из соединенных между собой стержней. Стержни фермы, расположенные по ее верхнему контуру, формируют верхний пояс, а по нижнему контуру – нижний. Вертикальные стержни фермы называют стойками, а наклонные – раскосами. Стойки и раскосы, расположенные между верхними и нижними поясами, образуют решетку фермы, а места, в которых сходятся концы стоек и раскосов – узлы фермы.

В зависимости от очертания верхнего пояса фермы делят на сегментные, с параллельными поясами и др. (рис. 71). Их применяют в скатных и плоских покрытиях одноэтажных промышленных зданий пролетом 18 м и более. Устанавливают стропильные фермы на железобетонные колонны или подстропильные фермы. Фермы выполняют с предварительным напряжением нижнего пояса. Изготавливают их из бетона классов В30...В50, рабочую арматуру – из высокопрочной проволоки Вр-II и стержней из стали класса А-IV и др.

*Подстропильные фермы* применяют в средних рядах зданий для опирания ферм или балок покрытия при их шаге 6 м и шаге колонн средних рядов 12 м. Все фермы этого типа имеют пролет 12 м, за исключением ферм, устанавливаемых в торцах здания и у поперечных температурных швов ( $L=11,5$  м).

#### *Элементы покрытия*

В качестве элементов настила используют плиты из железобетона, керамзитобетона и автоклавного ячеистого бетона, а также металлические трехслойные панели из оцинкованного стального профилированного листа или алюминия (рис. 72). Сборный железобетонный настил укладывается из плит по прогонам или из крупных панелей без прогонов. Поскольку беспрогонное решение является более экономичным, то в основном применяют предварительно напряженные ж/б ребристые плиты размерами 1500×6000 и 3000×6000 мм или 1500×12000 и 3000×12000 мм.

В утепленных покрытиях по плитам устраивают выравнивающую стяжку из цементного раствора, затем слой пароизоляции для защиты утеплителя от увлажнения водяными парами. По пароизоляции укладывают слой утеплителя (керамзит, пенобетон, минеральная вата, пеностекло, пенополистирол), а поверх – выравнивающий слой из цементного раствора толщиной 15...30 мм и рулонный кровельный материал (2...3 слоя).

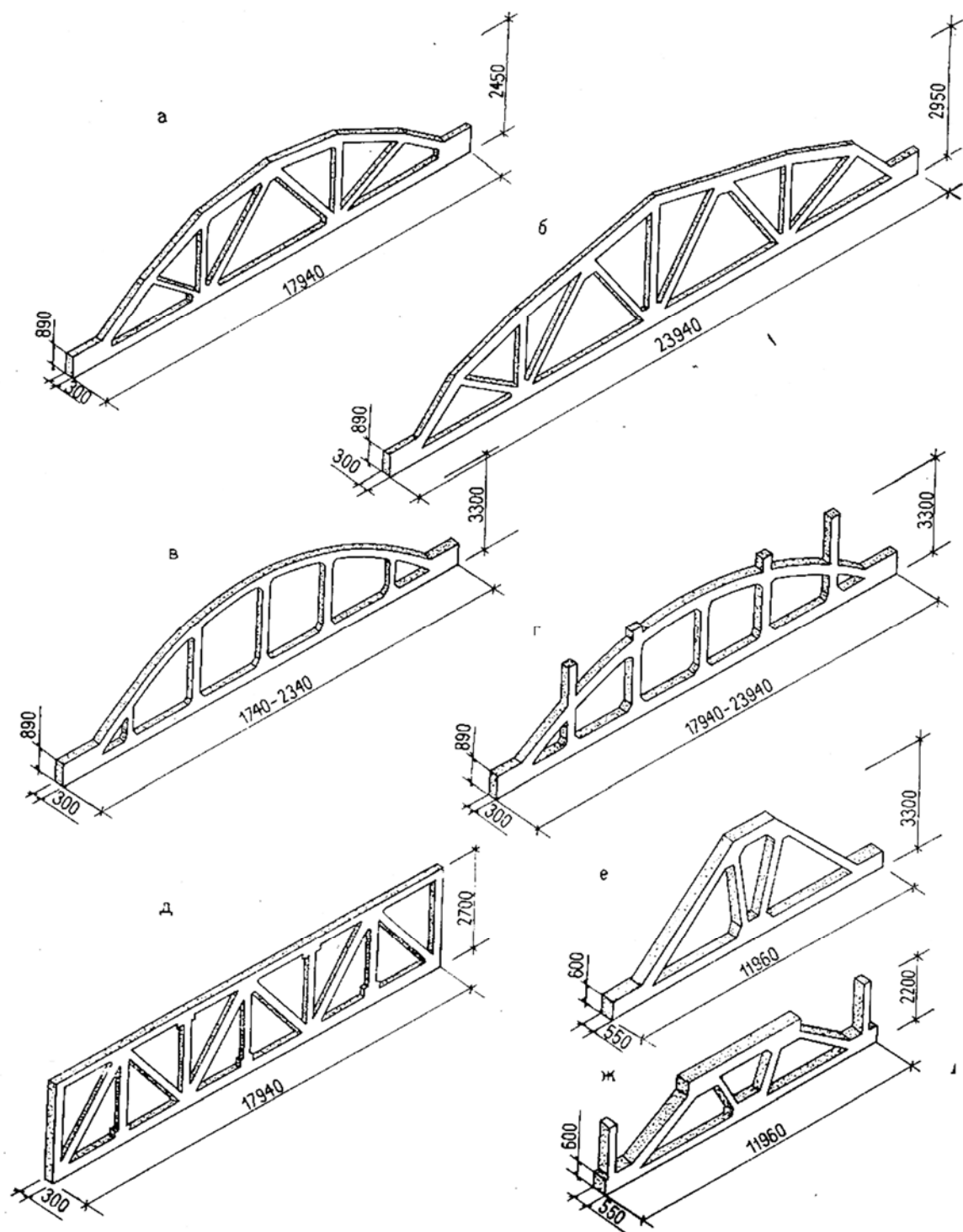


Рис. 71. Типы железобетонных стропильных ферм [38]:  
 а, б – стропильные сегментные раскосные; в – стропильная арочная безраскосная; г – стропильная безраскосная с рожками для устройства плоских покрытий; д – стропильная с параллельными поясами; е – подстропильная для скатных покрытий; ж – подстропильная для плоских покрытий

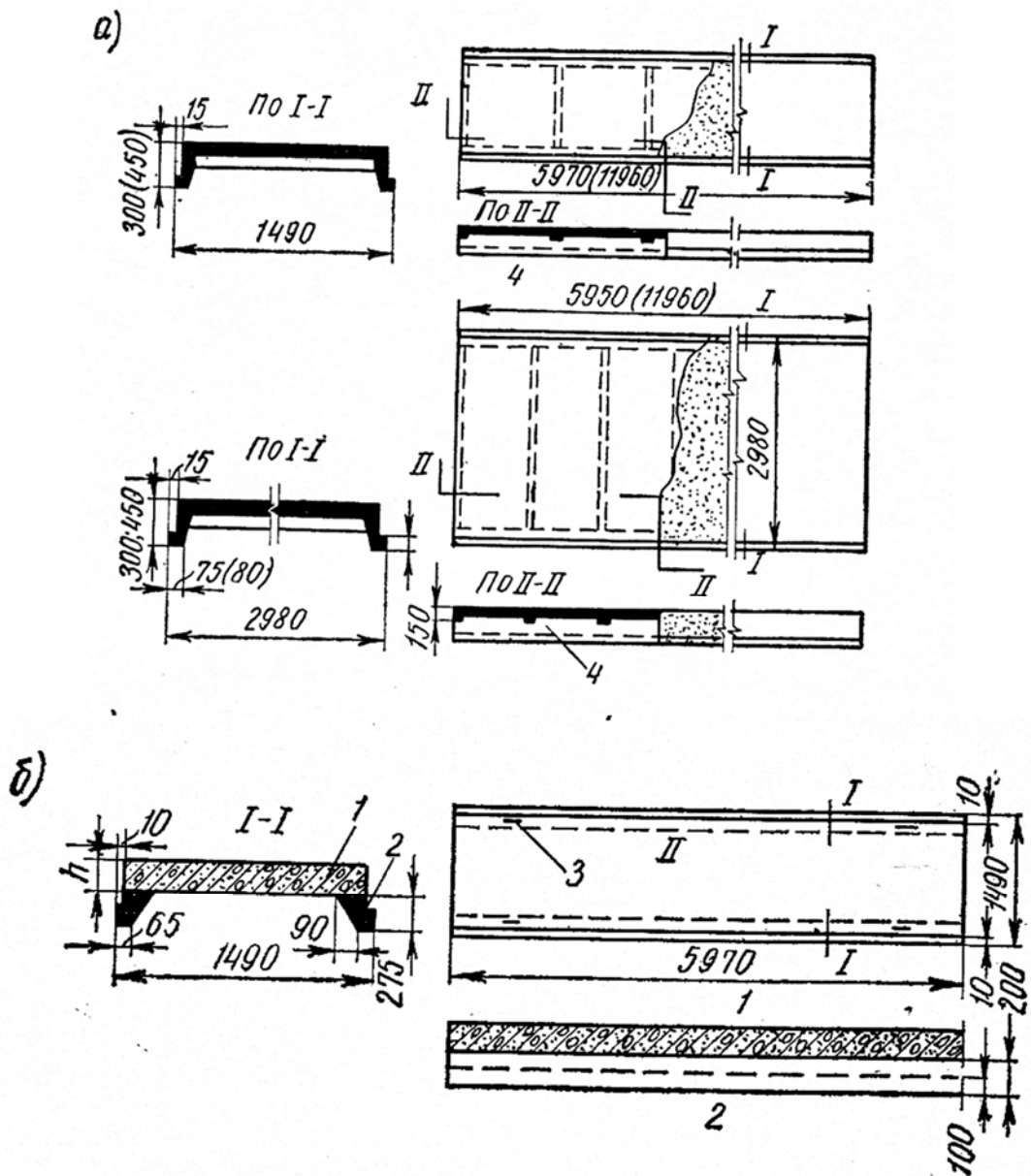


Рис. 72. Типы панелей покрытия:  
 а – железобетонные; б – керамзитобетонные;  
 1 – керамзитобетон; 2 – железобетон; 3 – монтажные петли; 4 – ребро жесткости

*Покрытия по стальным профилированным настилам.* В настоящее время в покрытиях промышленных зданий часто применяют стальной оцинкованный профилированный настил. Его укладывают по стальным прогонам из прокатного профиля, которые опираются на стальные фермы покрытия. По настилу укладывают утеплитель и устраивают кровлю. Покрытия со стальным оцинкованным профилированным настилом более совершенны и индустриальны, чем покрытия с настилом из сборных ж/б плит, имеют значительно меньшую массу.

*Водоотводы с покрытий крыш промышленных зданий и сооружений* могут быть наружными или внутренними. В одноэтажных однопролетных

зданиях устраивают неорганизованный наружный водоотвод, а в многопролетных – внутренних.

Система внутреннего водоотвода состоит из водоприемных воронок, устанавливаемых в ендовах, и сети расположенных внутри здания труб, отводящих атмосферную воду в ливневую канализацию. Воронки закрепляют на расстоянии 48...60 м друг от друга с таким расчетом, чтобы площадь кровли, приходящаяся на одну воронку, не превышала 1200 м<sup>2</sup>. Значение продольного уклона должно быть не менее 1 %.

*Полы производственных зданий.* В одноэтажных производственных зданиях полы обычно устраивают по грунту. В состав конструкции пола на грунте входят следующие элементы: основание, подстилающий слой и покрытие (т естественный грунт.

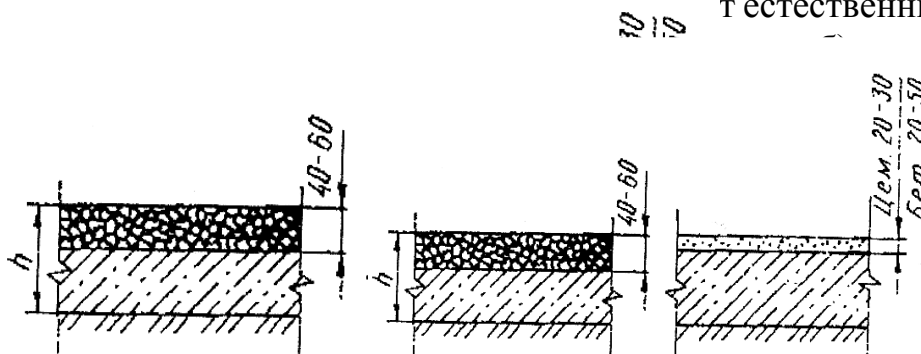


Рис. 73. Полы производственных зданий:  
а – сплошные гравийные; б – бетонные

Цементные полы выполняют из цементно-песчаного раствора толщиной 20...25 мм или бетона прочностью не ниже 20 МПа и толщиной слоя 25...40 мм. Асфальтовые полы укладывают слоем толщиной 25...50 мм, что обеспечивает водонепроницаемость, стойкость к истиранию и бесшумность.

*Окна.* Светопрозрачные ограждения выполняются в виде отдельных окон, лент или витражей. Площадь световых проемов по отношению к площади производственных помещений принимается от 12 до 20 %. Точные параметры площади остекления определяются светотехническим расчетом. Для проветривания помещений и очистки стекол не менее 20 % площади световых проемов имеют открывающиеся створки.

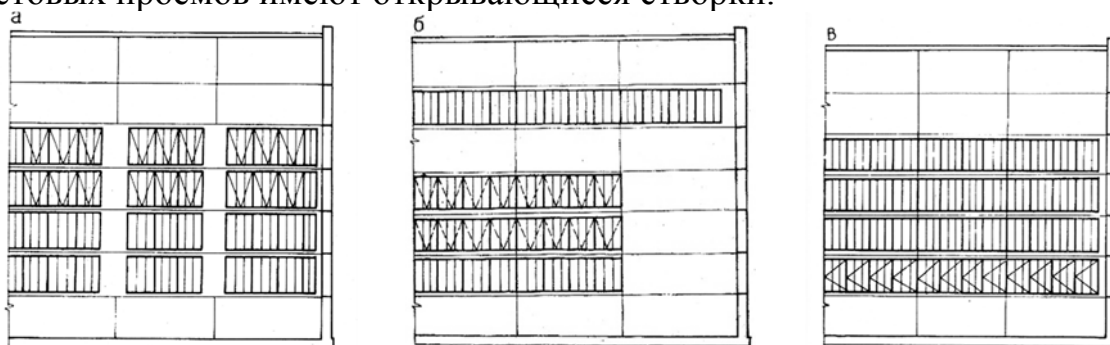


Рис. 74. Светопрозрачные ограждения в стенах промышленных зданий [38]:  
а – окна; б – ленты; в – витражи

На чертежах фасадов зданий способ навески открывающихся переплетов показывают условными обозначениями. Для этого проводят две наклонные линии, сходящиеся в одну точку у той стороны переплета, на которой не имеется петель. Если переплет открывается наружу, то линии делают сплошными, если внутрь – пунктирными. При двойных переплетах показывают две системы линий. Открывающиеся среднеподвесные переплеты изображают двумя перекрещивающимися диагоналями.

По экономическим соображениям переплеты проемов в промышленных зданиях большей частью делают одинарными. Двойные переплеты на высоту 4 м от уровня пола делают в том случае, если рабочие места расположены на расстоянии менее 2 м от окон.

*Ворота.* Конструкция ворот зависит от типа и габаритных размеров применяемых транспортных средств, а также вида и размеров технологического оборудования. Ширину ворот принимают равной: для пропуска автотранспорта – 3×3, 4×3, 4×3,6, 4×4,2; для железнодорожного транспорта – 4,8×5,4 м.

В настоящее время на промышленных предприятиях используют распашные, раздвижные, шторные и подъемно-секционные ворота (рис. 75).

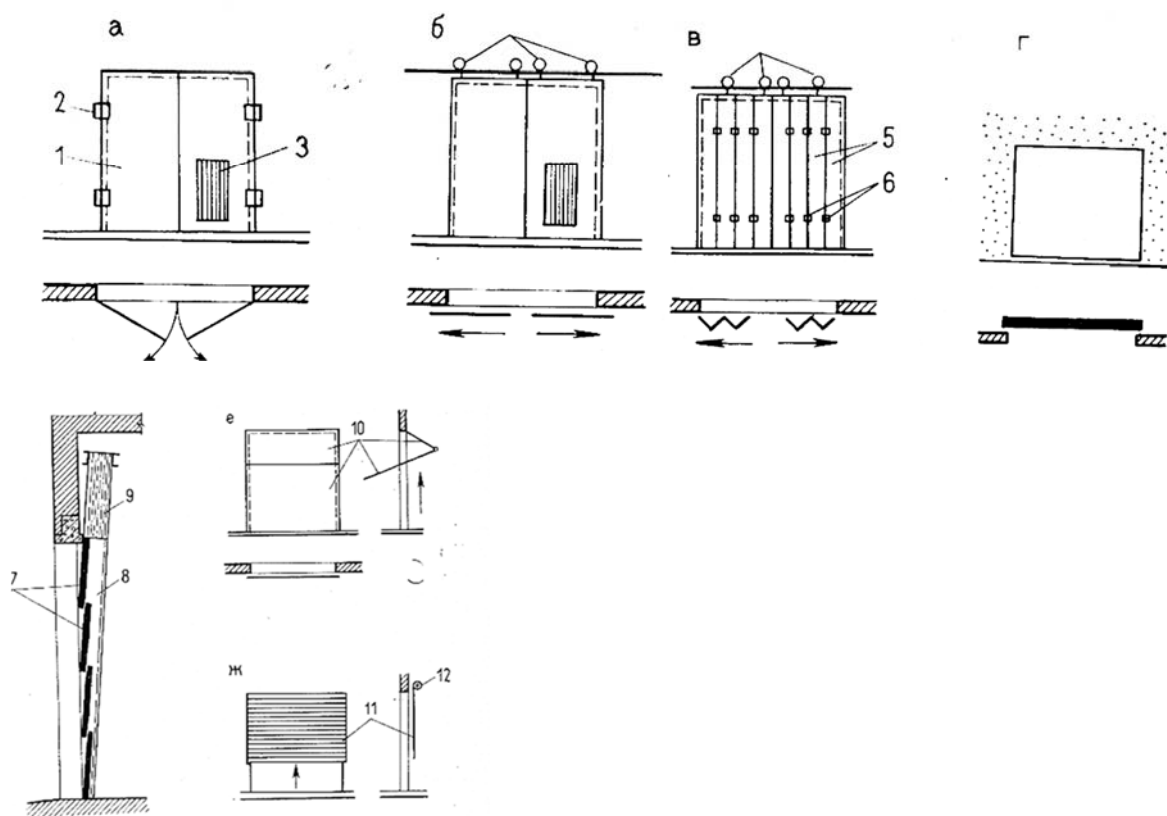


Рис. 75. Основные типы ворот производственных зданий [38]:  
 а – распашные; б – раздвижные; в – складывающиеся; г – подъемные;  
 д – подъемно-поворотные; е – подъемно-поворотные; ж – шторные;  
 1 – полотно; 2 – петли; 3 – калитка; 4 – ролики; 5 – вертикальные створки;  
 6 – шарниры; 7 – подъемные полотна; 8 – рама ворот; 9 – расположение полотен при открытых воротах; 10 – складывающиеся полотна; 11 – шторное полотно; 12 – барабан для намотки штор

## Контрольные вопросы

1. Основные конструктивные элементы и схемы зданий
2. Архитектурно-планировочные решения промышленных зданий
3. Взаимная увязка размеров сборных строительных элементов и конструкций.
4. Что называется единой модульной системой в строительстве?
5. Каковы основные правила привязки колонн и стен к координационным осям в строительстве?
6. По каким признакам осуществляют классификацию зданий?
7. Назовите основные положения расчёта строительных конструкций.
8. Что называется каркасом промышленного здания и из каких элементов он состоит?
9. Что называется ограждающими конструкциями зданий?
10. Типы светопрозрачных ограждений и ворот промышленных зданий.



## 6. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### 6.1. Подъемно-транспортное оборудование

Цехи деревоперерабатывающих предприятий оборудуют подъемно-транспортным оборудованием, в соответствии с параметрами перемещаемых грузов (рис. 76).

*Электротали* грузоподъемностью до 10 т обслуживают узкую зону в помещении цеха. Они состоят из подвижной грузовой лебедки и монорельса, подвешенного к несущим конструкциям покрытия.

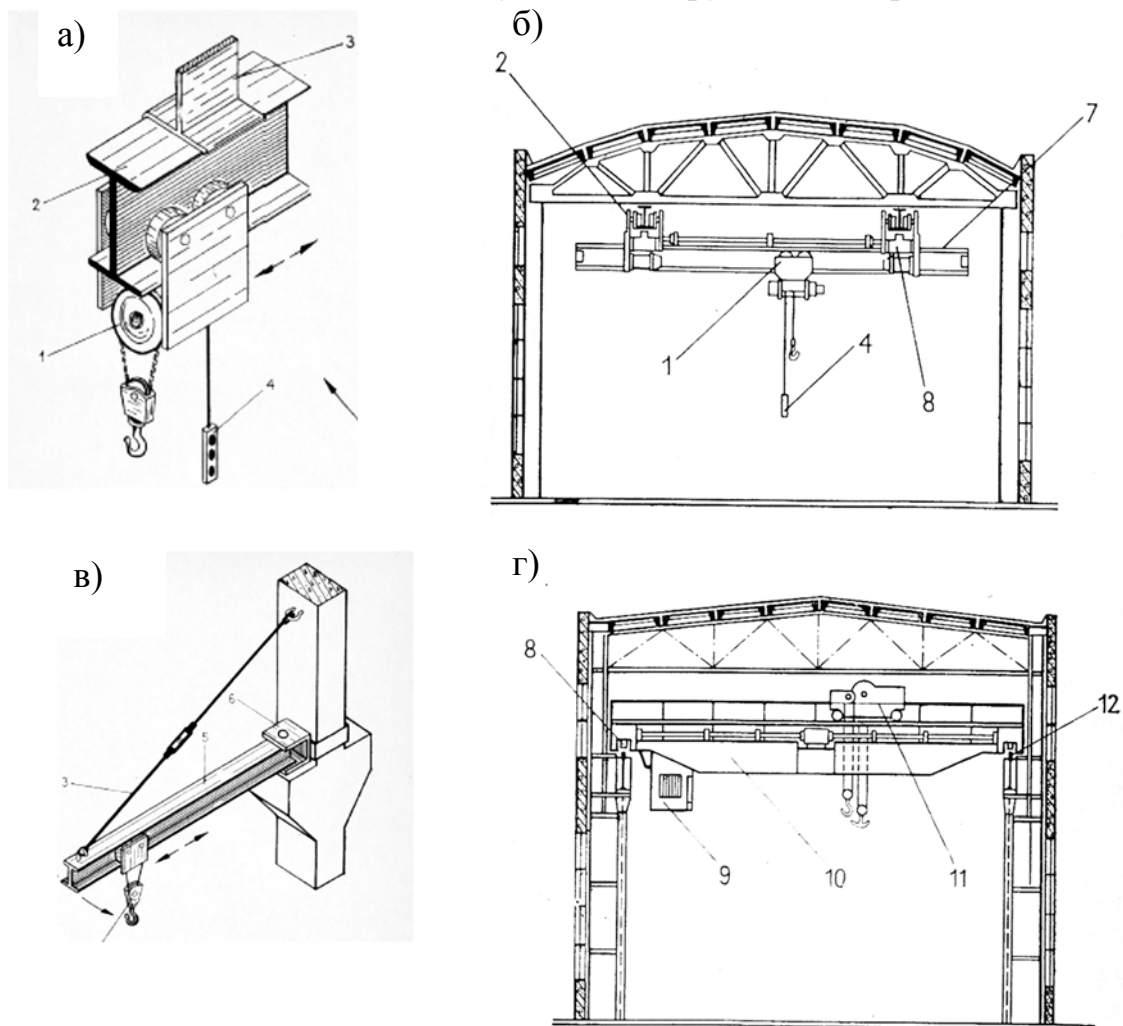


Рис. 76. Подъемно-транспортное оборудование промышленных зданий:

а – электроталь; б – подвесной кран;

в – консольно-поворотный кран; г – мостовой кран;

1 – грузовая лебедка; 2 – монорельс; 3 – подвеска; 4 – пульт управления;

5 – стрела крана; 6 – поворотный шарнир; 7 – двутавровая несущая балка;

8 – механизм передвижения; 9 – кабина управления; 10 – мост крана;

11 – тележка с грузоподъемным механизмом; 12 – подкрановый путь

*Консольно-поворотные* краны грузоподъемностью до 5 т используют для передачи грузов между смежными пролетами.

*Подвесные краны* грузоподъемностью до 5 т обслуживают всю площадь пролета. Конструктивно они состоят из двутавровой балки и электротали. Несущая балка крана с помощью катков перемещается по монорельсам, подвешенным к несущим конструкциям здания.

*Мостовые краны* грузоподъемностью от 5 до 600 т обслуживают всю площадь пролета. Кран состоит из фермы-моста, передвигающегося по рельсам, уложенным по подкрановым балкам. Перемещение объекта транспортировки в поперечном направлении обеспечивается грузовой тележкой.

В промышленных зданиях наибольшее распространение получили следующие виды напольного транспорта (рис. 77):

- безрельсовый транспорт (погрузчики, автокары и др.);
- рельсовый транспорт (железнодорожный, козловые краны и др.);
- непрерывный транспорт (транспортеры, рольганги, трубопроводы, конвейеры и др.).

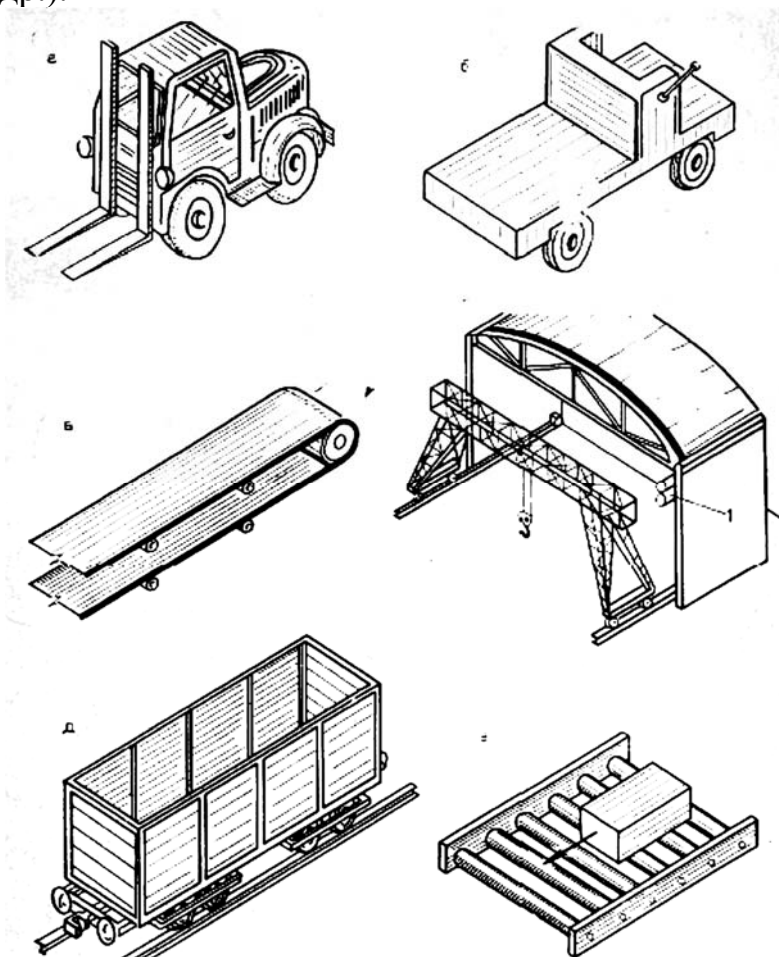


Рис. 77. Транспортное оборудование:  
а – автопогрузчик; б – автокар; в – ленточный транспортер;  
г – козловой кран; д – вагон; е – рольганг

## 6.2. Инженерные сети

### 6.2.1. Системы отопления

При проектировании системы отопления сначала устанавливают степень пожаро- и взрывоопасности сырья, вспомогательных материалов, готовой продукции и отходов производства, характеристику (пожарную и взрывную) паров, газов и пыли, выделяемых в производственных, вспомогательных и других помещениях, затем определяют допустимые концентрации этих загрязнений с точки зрения пожарной и взрывной опасности.

На основании характеристик зданий, а также расчетных отрицательной и положительной температур рассчитывают количество тепла, теряемого зданием через ограждающие конструкции, системы вентиляции и кондиционирования. Кроме того, учитывают тепло, излучаемое производственными установками (оборудование, аппараты, теплоизлучающие установки, светильники, электродвигатели) и людьми, а затем выбирают систему отопления и вид теплоносителя.

Для принятой системы отопления рассчитывают и выбирают необходимый тип котла, питательных насосов, паро- и водопроводов, расширительных сосудов, воздухопроводов, калориферов, нагревательных приборов, вентиляторов, мощность и тип электромоторов, а затем составляют схему паро- или водопроводной сети с нагревательными приборами, расширительными сосудами и другими устройствами.

В соответствии с санитарными нормами максимальная температура на поверхности нагревательных приборов должна быть в производственных помещениях без выделения пыли или с выделением невоспламеняющейся и невзрывоопасной неорганической пыли не выше 130 °С при постоянных параметрах теплоносителя и не выше 150 °С при переменных параметрах теплоносителя в течение отопительного сезона; при выделении в воздух помещения невоспламеняющейся и невзрывоопасной органической возгоняемой неядовитой пыли – не выше 110 °С при постоянных параметрах теплоносителя и не выше 130 °С при переменных параметрах теплоносителя в течение отопительного сезона.

В цехах с избыточным технологическим тепловыделением проектируется дежурное отопление, которое рассчитывают только на поддержание необходимой температуры с учетом выделяющегося тепла.

В общем случае система отопления  $Q_n$  должна генерировать количество тепла, достаточное для восстановления дисбаланса, возникающего за счет теплопотерь через ограждения  $Q_{огр}$ , а также нагрева холодного воздуха  $Q_{хв}$ , материалов и транспортных средств  $Q_m$ :

$$Q_n = Q_{огр} + Q_{хв} + Q_m. \quad (134)$$

Основная составляющая теплопотерь – утечки тепла через ограждающие конструкции здания: на нагрев холодного воздуха приходится 20...30 %, а на нагрев поступающих материалов и транспортных средств – 5..10 % от величины  $Q_n$ .

Теплопотери через ограждения рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{огр}} = \sum F_{\text{огр}} \cdot k_{\text{огр}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}), \quad (135)$$

где  $F_{\text{огр}}$  – суммарная поверхность наружных ограждений, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{вн}}, t_{\text{н}}$  – температуры воздуха в помещении и наружного воздуха, °С;

$k_{\text{огр}}$  – коэффициент теплопередачи конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

По данным расчета тепловых потерь и тепловыделений от техпроцесса составляют балансы теплоты в производственном помещении и определяют требуемую мощность отопительных установок.

В зависимости от типа используемого теплоносителя различают водные, паровые, воздушные и комбинированные системы отопления. Системы водяного отопления подразделяются на системы с нагревом воды до 100 °С и выше 100 °С (перегретая вода). В качестве побудителей движения воды применяют водяные насосы и элеваторы (эжектирующие устройства).

Системы парового отопления бывают низкого давления (до 70 кПа) и высокого давления (более 70 кПа). Паровое отопление высокого давления устраивают в производственных помещениях, где технологические процессы не сопровождаются выделением взрывоопасных или легковоспламеняющихся веществ.

В качестве нагревательных приборов применяют радиаторы, ребристые трубы и регистры из гладких труб. В производственных помещениях со значительными выделениями пыли устанавливают нагревательные приборы с гладкими поверхностями, что обеспечивает возможность их легкой очистки.

### 6.2.2. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха

Вентиляция – это организованный воздухообмен, в процессе которого некондиционный внутренний воздух в помещении частично замещается на наружный. По способу циркуляции воздуха различают три типа вентиляции: естественную, механическую и смешанную, которые, в свою очередь, могут быть общими и местными.

Общая вентиляция характеризуется циркуляцией воздуха по бесканальной системе или по системе каналов, расположенных в вентилируемом помещении. Она обеспечивает поддержание общих метеорологических и санитарно-гигиенических воздушных условий во всем объеме производственного помещения.

Местная вентиляция проектируется для формирования заданных температурно-влажностных условий на определенных рабочих местах за счет

направления воздушных потоков по воздуховодам непосредственно к нужному участку.

Параметры воздухообмена определяются тремя различными методами.

1. При нормальном микроклимате и содержании вредных веществ ниже предельно допустимых значений воздухообмен,  $\text{м}^3/\text{м}$ , определяют по формуле

$$V_{\text{общ}} = n \cdot V_1, \quad (136)$$

где  $n$  – число работающих;

$V_1$  – нормируемый расход воздуха, принимаемый в помещениях с объемом воздуха на одного работающего менее  $20 \text{ м}^3$  равным  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а в помещениях объемом  $20 \dots 40 \text{ м}^3$  –  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В помещениях с объемом воздуха на каждого работающего более  $6 \text{ м}^3$  и при наличии естественной вентиляции воздухообмен не рассчитывается. При отсутствии естественной вентиляции расход воздуха на одного работающего должен быть не менее  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

2. При наличии во внутреннем воздухе вредных веществ интенсивность воздухообмена рассчитывается по их допустимой концентрации по формуле

$$G + L \cdot q_{\text{пр}} = L \cdot q_{\text{выт}}, \quad (137)$$

где  $G$  – количество вредных выбросов,  $\text{мг}/\text{ч}$ ;

$q_{\text{пр}}$ ,  $q_{\text{выт}}$  – концентрации вредных веществ в приточном и вытяжном воздухе;

$L$  – объем приточного и вытяжного воздуха,  $\text{м}^3$ .

Концентрация  $q_{\text{выт}}$  не должна превышать предельно допустимую, определяемую по справочным данным для конкретного вещества. При одновременном выделении нескольких опасных веществ количество подаваемого воздуха рассчитывают по наиболее вредному.

3. При наличии избыточного тепла воздухообмен определяется из условий его ассимиляции. Объем приточного воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , находят по формуле

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \Delta t}, \quad (138)$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное тепло,  $\text{кДж}$ ;

$C_{\text{в}}$  – теплоемкость воздуха,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность приточного воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\Delta t$  – перепад температур вытяжного и приточного воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

Температура вытяжного воздуха рассчитывается по эмпирической формуле

$$t_{\text{выт}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t_{\text{р}} \cdot (H - 2), \quad (139)$$

где  $t_{\text{р.з}}$  – максимально допустимая температура в рабочей зоне,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{р}}$  – температурный градиент по высоте помещения ( $1 \dots 5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$ );

$H$  – расстояние от пола до центра вытяжных проемов,  $\text{м}$ .

Температура приточного воздуха при наличии избыточной теплоты должна быть на 8 °С ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

При повышенной влажности технологического процесса интенсивность воздухообмена, кг/ч, определяется по формуле

$$L = \frac{G_{в.п}}{d_2 - d_1}, \quad (140)$$

где  $G_{в.п}$  – интенсивность выделения водяных паров, г/ч;

$d_2, d_1$  – влагосодержание вытяжного и наружного воздуха, г/кг.

*Естественная вентиляция.* При естественной вентиляции воздухообмен осуществляется вследствие разности температур внутреннего и наружного воздуха, а также под воздействием ветра.

Температура воздуха в цехе, формируемая при наличии избыточных тепловыделений, превышает температуру наружного воздуха. Это обуславливает разницу их плотностей и давлений. Примерно посередине высоты здания цеха возникает плоскость равных давлений (рис. 78).

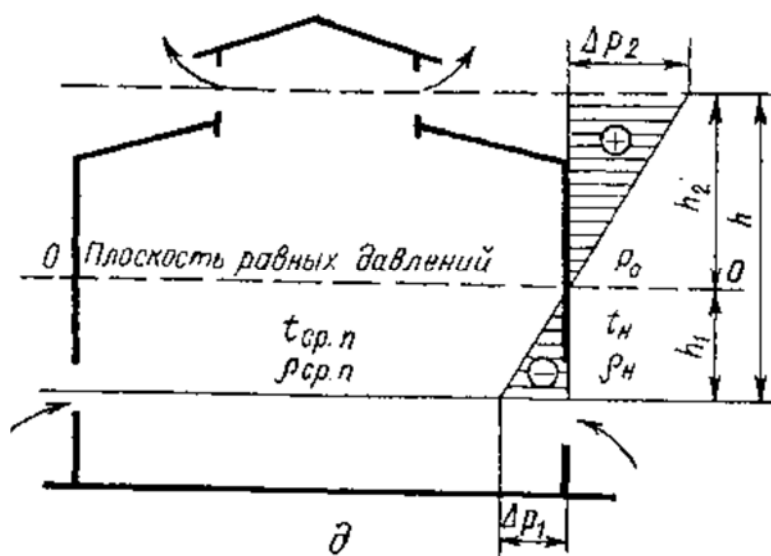


Рис. 78. Распределение давления воздуха по высоте цеха

Ниже плоскости равных давлений создается разрежение, обуславливающее поступление наружного воздуха, Па:

$$H_1 = h_1 \cdot (\rho_n - \rho_{ср.п}), \quad (141)$$

где  $\rho_{ср.п}$  – средняя плотность воздуха в помещении, определяемая по средней температуре в помещении

$$t_{ср.п} = \frac{t_{р.з} + t_{yx}}{2}; \quad (142)$$

здесь  $t_{р.з}$  и  $t_{yx}$  – температуры воздуха в рабочей зоне и удаляемого воздуха, °С.

Выше плоскости равных давлений наблюдается избыточное давление, Па, равное:

$$H_2 = h_2 \cdot (\rho_n - \rho_{\text{ср.п}}). \quad (143)$$

Общая величина гравитационного давления, под влиянием которого происходит воздухообмен в помещении цеха, равна сумме давлений, Па:

$$H_r = H_1 + H_2 = h \cdot (\rho_n - \rho_{\text{ср.п}}). \quad (144)$$

При расчете аэрации определяют площадь проемов  $F$ . Расчет производится для летнего времени, как самого неблагоприятного периода для аэрации. Сначала задаются площадью нижних проемов. Зная потребный воздухообмен  $L$ , м<sup>3</sup>/ч (по избыткам тепла), устанавливают скорость воздуха в нижних проемах (м/с):

$$v = \frac{L}{\mu \cdot F}, \quad (145)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, зависящий от конструкции створок и угла их открытия (0,15...0,65).

Потери давления в нижних проемах рассчитывают по формуле

$$H_1 = \frac{v^2 \cdot \gamma_n}{2g}, \quad (146)$$

где  $\gamma_n$  – удельный вес наружного воздуха, Н/м<sup>3</sup>.

Принимая температуру уходящего воздуха  $t_{\text{yx.}} = t_n + 12,5$ , определяют показатели  $\rho_n$  и  $\rho_{\text{ср.п}}$ , а затем величину  $H_2$ . После этого находят требуемую площадь проемов, м<sup>2</sup>:

$$F_2 = \frac{L}{\mu \cdot v_2} = \frac{L}{\mu \cdot \sqrt{\frac{H_2 \cdot 2g}{\gamma_{\text{ср.п}}}}}. \quad (147)$$

Под действием ветра с наветренной стороны здания создается повышенное давление воздуха, а с противоположной стороны – разрежение (рис. 79).

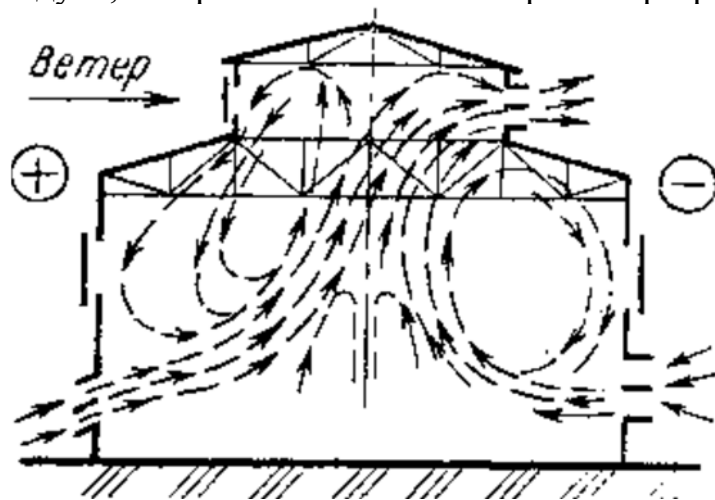


Рис. 79. Схема аэрации цеха под воздействием ветра

Величину создаваемого давления можно определить по формуле

$$H_{\text{в}} = \frac{a \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot \gamma_{\text{н}}}{2g}, \quad (148)$$

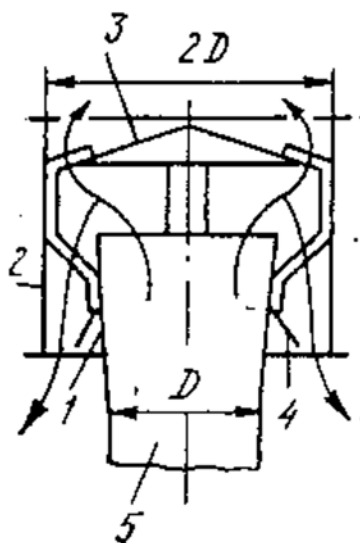
где  $H_{\text{в}}$  – избыточное ветровое давление (или разрежение), Па;

$v_{\text{в}}$  – скорость ветра, м/с;

$a$  – аэродинамический коэффициент (для наветренной стороны равен 0,7...0,85, для заветренной стороны – 0,3...0,45).

С наветренной стороны наружный воздух будет поступать через нижние проемы и, распространяясь в нижней части здания, вытеснять более нагретый и загрязненный воздух через проемы в фанаре здания наружу (рис.79). Таким образом, действие ветра усиливает воздухообмен, происходящий за счет гравитационного давления, а летом часто становится превалирующим фактором.

*Вентиляция с помощью дефлекторов.* Дефлекторы представляют собой насадки, устанавливаемые на вытяжных воздуховодах и использующие энергию ветра. Дефлекторы применяют для удаления загрязненного или перегретого воздуха из помещений сравнительно небольшого объема, а также для местной вентиляции, например для вытяжки горячих газов от прессов.



Ветер, обдувая обечайку дефлектора, создаёт на большей части его окружности разрежение, вследствие чего воздух из помещения движется по воздуховоду к патрубку и выходит наружу через две кольцевые щели (рис. 80).

При выборе дефлекторов определяют диаметр проводящего патрубка  $D$ , м, и другие конструктивные размеры дефлектора:

$$D = 0,0188 \cdot \sqrt{\frac{L_{\text{д}}}{v_{\text{в}}}}, \quad (149)$$

Рис. 80. Схема дефлектора ЦАГИ: 1 – диффузор; 2 – цилиндрическая обечайка; 3 – колпак; 4 – конус; 5 – патрубок

где  $L_{\text{д}}$  – производительность дефлектора, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{\text{в}}$  – скорость воздуха в патрубке, м/с, принимаемая равной половине скорости ветра (3...4 м/с).

Диаметр патрубков дефлекторов находится в пределах от 0,2 до 1,0 м.

*Механическая вентиляция* осуществляется вентиляторами и может быть приточной, вытяжной или приточно-вытяжной (рис. 81).



Воздух подается в рабочую зону на высоте до 2 м, причем скорость подачи воздуха ограничена допустимым шумом и скоростью движения воздуха на рабочем месте. При работе вытяжной системы чистый воздух поступает в помещение через неплотности в ограждениях.

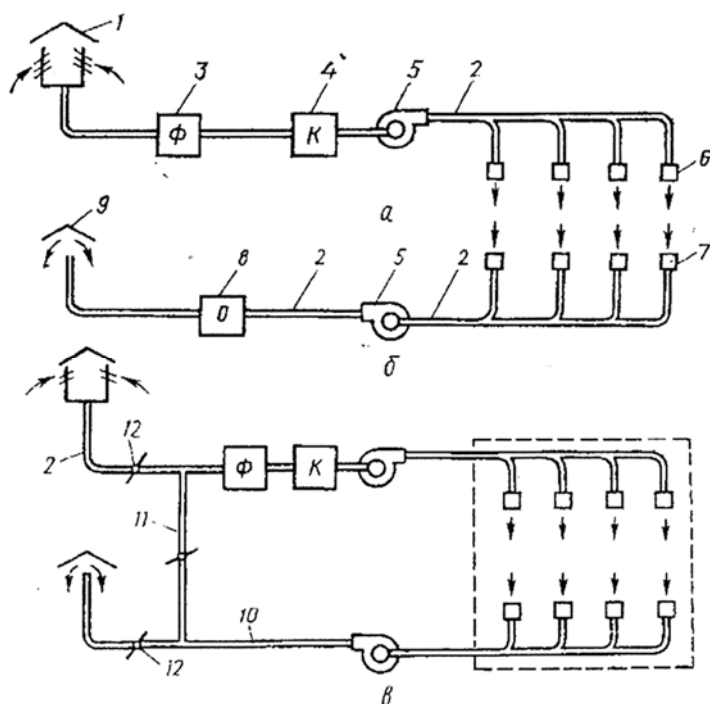


Рис. 81. Схема устройства механической вентиляции:  
 а – приточной; б – вытяжной; в – приточно-вытяжной;  
 1 – воздухоприёмник; 2, 10 – воздуховоды; 3 – фильтры; 4 – калориферы;  
 5 – вентилятор; 6, 7 – приточные и вытяжные отверстия; 8 – воздушные  
 фильтры; 9 – вытяжная труба; 11, 12 – запорная арматура

*Кондиционирование воздуха* – создание и автоматическое поддержание в помещениях независимо от наружных условий постоянных или изменяющихся по определенной программе температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, наиболее благоприятных для людей или требуемых для нормального протекания технологического процесса.

Кондиционеры бывают двух видов: 1) установки полного кондиционирования воздуха, обеспечивающие стабильность температуры, относительной влажности, скорости движения и чистоты воздуха; 2) установки неполного кондиционирования, обеспечивающие стабильность только части этих параметров или одного параметра, чаще всего температуры.

По способу подготовки и подачи воздуха кондиционеры подразделяются на центральные и местные. Центральные кондиционеры применяют в больших цехах с производительностью по воздуху 30...250 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

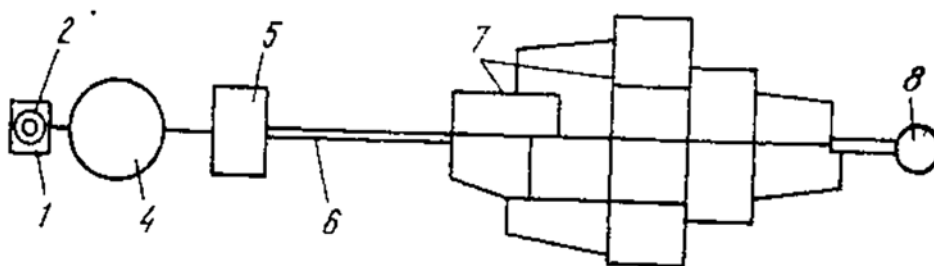
### 6.2.3. Водоснабжение предприятий

В большинстве случаев водоснабжение деревообрабатывающих предприятий является централизованным. Оно включает насосные станции, фильтры, отстойники, хлораторные, запасные резервуары и водопроводы. Водопроводные устройства подразделяют на наружные и внутренние.

Источники водоснабжения могут быть подземные (грунтовые, артезианские) и открытые (реки, пруды и т.д.). Для водоснабжения предприятия предпочтительно использовать подземную воду качество которой в большинстве случаев значительно, выше чем качество воды из открытых водоемов. Устройство и расположение наружных сетей и сооружений питьевого, производственного, хозяйственного и противопожарного водоснабжения на территории предприятия осуществляют по СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Схема наружных водопроводных сооружений приведена на рис. 82.

а)



б)

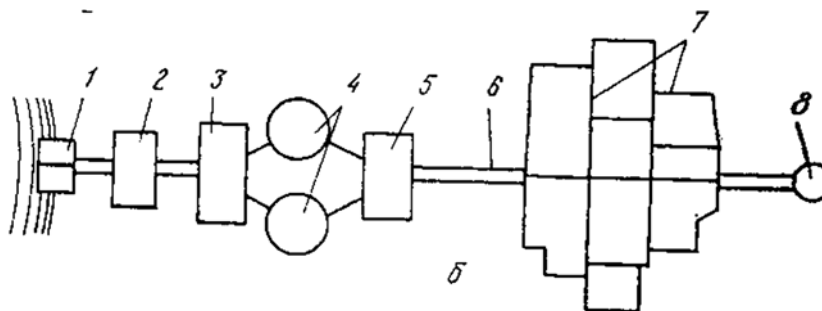


Рис. 82. Схема водопроводных сооружений:

- а – при подаче артезианской воды; 1 – погружной насос; 2 – скважина;  
3 – фильтр; 4 – резервуар чистой воды; 5 – насосная станция второго подъема;  
6 – трубы; 7 – водопроводная сеть; 8 – водонапорная башня;  
б – при подаче из открытого источника; 1 – водозаборное устройство;  
2 – насос первого подъема; 3 – очистные сооружения; 4 – резервуар чистой воды;  
5 – насос второго подъема; 6 – трубы; 7 – водопроводная сеть;  
8 – водонапорная башня

Работа водопроводной системы при подаче артезианской воды осуществляется следующим образом. Погружной насос из скважины 2 подает воду для обезвреживания на фильтровальную установку 3. Далее вода поступает в резервуары 4, предназначенные для создания запаса, необходимого для нормальной работы насосов первого и второго подъемов.

Из резервуаров 4 вода забирается насосами второго подъема и подается по водоводам в водопроводную сеть или водонапорную башню 8.

В большинстве случаев источниками систем водоснабжения предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности служат открытые источники, которые имеют по сравнению с подземными водоемами значительно больший дебит. Схема наружных водопроводных сооружений для подачи воды из открытых источников показана на рис. 82,б. Насосы первого подъема подают воду на очистку. С очистных сооружений вода поступает к насосам второго подъема, которые перекачивают ее по водоводам в сеть магистральных трубопроводов.

При решении схем водоснабжения промышленного предприятия составляют баланс использования воды на предприятии. При этом для охлаждения оборудования и аппаратов применяют, как правило, схему оборотного водоснабжения с воздушным или водяным охлаждением, что обеспечивает уменьшение забора воды из источников и их защиту от загрязнения сточными водами.

#### 6.2.4. Инженерные системы защиты окружающей среды

*Защита атмосферного воздуха.* Современным направлением защиты окружающей среды от загрязнения является создание технологий комплексного использования сырья, основанных на следующих подходах:

1. Замкнутой безотходной технологии с полным использованием отходов для получения готовой продукции или сырья.

2. Технологических процессах с возвратом в окружающую среду только очищенных и обезвреженных отходов.

3. Технологических процессах, предусматривающих полную утилизацию отходов в процессе соответствующей переработки.

Существует пять классов промышленных предприятий в зависимости от их опасности для экологии. Для них установлены минимальные безопасные расстояния от населенных пунктов: I класс – ширина санитарно-защитной зоны не менее 1000 м; II класс – 500 м; III класс – 300 м; IV класс – 100 м; V класс – 50 м.

В деревообрабатывающей промышленности широко применяют пылеулавливающее оборудование. Его классифицируют по способам улавливания пыли, группам и видам оборудования. По *способам улавливания* – на сухое и мокрое, по *группам оборудования* на группы: I – гравитационное; II – инерционное, III – фильтрационное, IV – электрическое; по *видам оборудования*: I – полое и полочное, II – камерное, жалюзийное, циклонное и ротационное, III – тканевое, волокнистое, зернистое, сетчатое и губчатое, IV – однозонное и двухзонное.

*Системы отвода сточных вод предприятий.* На деревообрабатывающих предприятиях производственные сточные воды в основном загрязнены

нефтепродуктами, лакокрасочными материалами, фенолом и древесными частицами. Такие стоки перед сбросом обязательно подвергают очистке и обеззараживанию.

Канализация может быть общесплавной, раздельной и полураздельной. В первом случае атмосферные осадки поступают в ту же канализационную сеть, что и промышленные стоки. Раздельной называют систему, когда атмосферная вода удаляется отдельно от хозяйственной. Полураздельной называется канализация, в которую спускают только цеховые наиболее загрязненные объемы сточных вод. Принципиальная схема очистки сточных вод представлена на рис. 83.

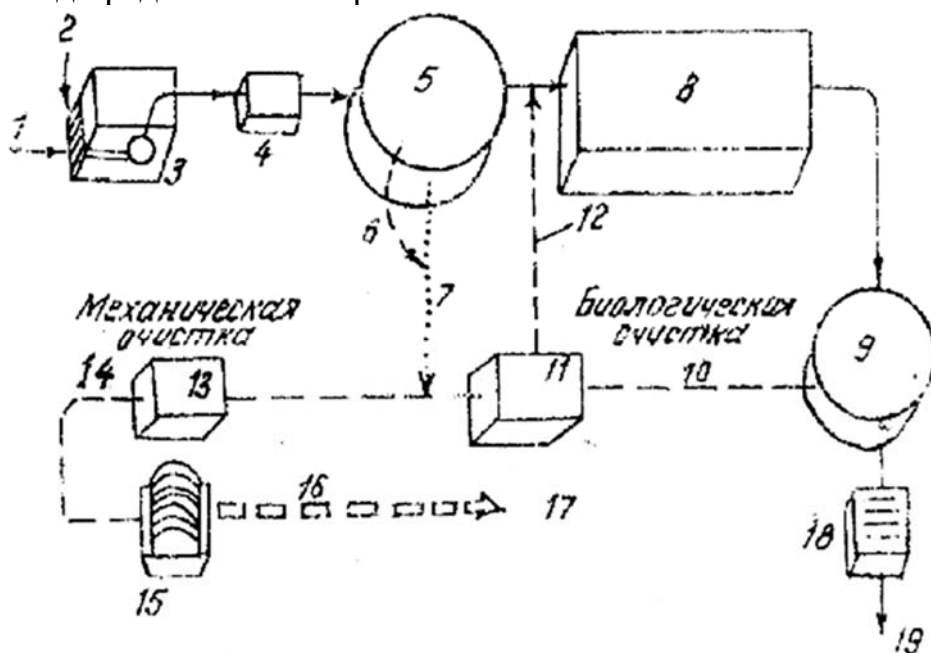


Рис. 83. Схема очистки сточных вод:

- 1 – исходная сточная вода; 2 – решетка; 3 – насосная станция; 4 – песколовка;  
 5 – первичное отстаивание; 6 – плавающие загрязнения; 7 – осадок;  
 8 – аэротенки или биофильтры; 9 – вторичное отстаивание; 10 – активный ил;  
 11 – биологическая очистка; 12 – возвратный активный ил; 13 – механическая  
 очистка; 14 – осадок и избыточный активный ил; 15 – вакуум-фильтрация;  
 16 – обезвоженный ил (кек); 17 – утилизация осадка; 18 – дезинфекция,  
 хлорирование; 19 – очищенная сточная вода

Для очистки сточных вод используют следующие способы очистки.

*Механический способ.* Система механической очистки обеспечивает очистку стоков в процессе их движения сначала от крупных, а затем и от мелких малорастворимых загрязнений. Сооружения для механической очистки составляют первую группу, в которую входят решетки, сита, песколовки, отстойники, фильтры и сооружения по обработке осадка – метантенки и отстойники с иловыми площадками (см. рис. 83).

Решетки, служащие для задержания крупных фракций, состоят из наклонных, параллельно расположенных металлических стержней. Песколовки

предназначены для отделения минеральных примесей. Принцип их действия основан на осаждении крупных частиц в процессе их движения вместе с водой.

Отстойники – это резервуары для осаждения нерастворенных коллоидных частиц органического происхождения. Для повышения эффективности их работы проводят предварительную аэрацию, при которой сточную жидкость перед отстойником продувают сжатым воздухом в течение 10...20 мин.

Фильтры (песчаные, диатомовые и сетчатые) служат для задержания взвеси, не осевшей при отстаивании.

*Биологическая очистка.* Производится на так называемых полях орошения – специально подготовленных участках земли, используемых одновременно для очистки сточных вод и для агрокультурных целей.

Сущность биологической очистки состоит в том, что фильтрующий слой земли адсорбирует коллоидные частицы из сточной воды, которые постепенно формируют в порах грунта микробную пленку. В результате последующего процесса окисления эта пленка превращает задержанные органические загрязнения в безвредные минеральные соединения.

*Химические методы очистки* включают коагулирование, нейтрализацию и окисление. Сущность процесса коагулирования заключается в добавлении к сточной воде химического реагента, обеспечивающего быстрое агрегатирование очень мелких взвешенных частиц и последующую их седиментацию. Реагент (известь, железный купорос, глинозем, полиакриламид) доставляют до подачи сточной воды в отстойники.

Производственные сточные воды деревоперерабатывающих предприятий часто содержат повышенное количество кислот и щелочей. Такие стоки нейтрализуют за счет химического взаимодействия их с веществами по схеме реакций нейтрализации.

Если другие методы очистки не позволяют удалить вредные вещества, то применяют методы химического окисления, используя в качестве реагентов гипохлориты кальция или натрия, а также хлорную известь.

Хлорирование стоков является самым дешевым способом очистки и позволяет достаточно эффективно выполнить дезинфекцию, но имеет ряд существенных недостатков. К негативным химическим свойствам хлора относят его способность вступать в реакцию с другими веществами, при этом происходит образование соединений, потенциально опасных для человека (хлорфенол, хлороформ, четыреххлористый углерод, бромдихлорметан и др.).

Метод озонирования более эффективен в сравнении с методом хлорирования. Он основан на применении озона, который губителен для большинства болезнетворных микроорганизмов. Недостатками *озонирования* являются возможность образования токсичных веществ, а также взрывоопасной смеси с воздухом.

## Контрольные вопросы

1. Основные виды санитарно-технических систем деревообрабатывающих предприятий.
2. Что называется центральным отоплением?
3. Как осуществляются проектирование и монтаж систем отопления?
4. Как осуществляется вентиляция деревообрабатывающих предприятий?
5. Основные положения расчета систем вентиляции.
6. Назовите комплекс инженерных сооружений в системе канализации деревоперерабатывающих предприятий.
7. Способы очистки промышленных стоков.

## 7. ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### 7.1. Общие сведения

Генеральный план промышленного предприятия – это масштабная схема размещения на промышленной площадке зданий, сооружений, транспортных и инженерных сетей с озеленением и благоустройством территории (рис. 84). Разработка генерального плана ведется согласно своду правил [39]. Условные графические обозначения и изображения элементов генерального плана приведены в государственном стандарте [40].

При планировке земельных участков объектов и их групп следует, как правило, выделять планировочные зоны:

- а) предзаводскую;
- б) производственную, включая зоны исследовательского назначения и опытных производств;
- в) подсобную;
- г) складскую.

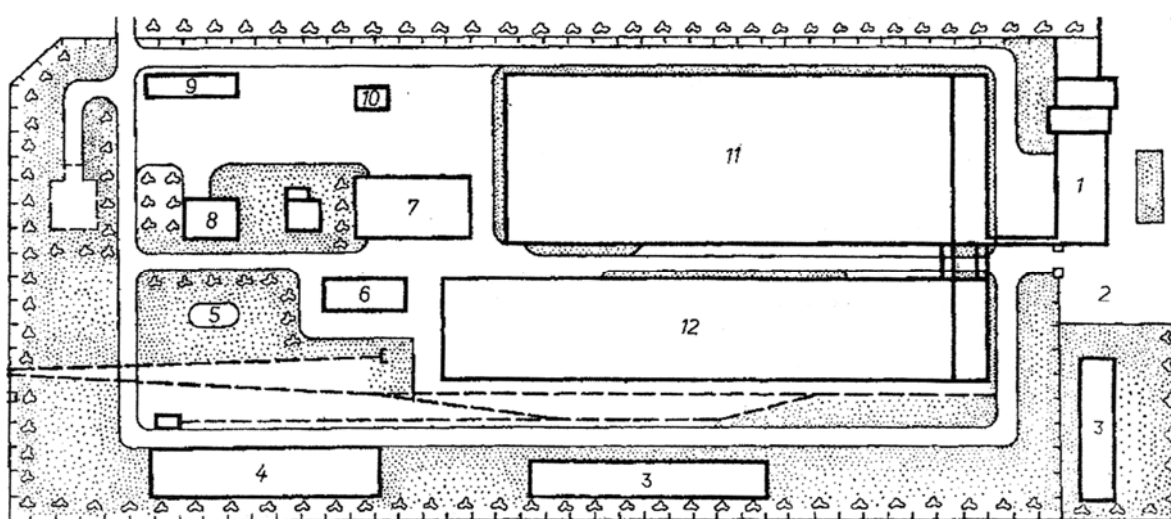


Рис. 84. Схема генерального плана мебельной фабрики:  
1 – заводоуправление; 2 – стоянка; 3 – спортплощадки; 4 – склад; 5 – резервуар ГСМ; 6 – склад легковоспламеняющихся жидкостей; 7 – ремонтно-механический цех; 8 – котельная; 9 – гараж; 10 – компрессорная; 11 – отделочно-сборочный цех; 12 – цех по выпуску щитовых изделий

На схеме генерального плана показывают [39]:

- 1) здания производственного и вспомогательного назначения;
- 2) транспортные линии и основные транспортные сооружения (погрузочно-разгрузочные площадки, конвейеры, краны, циклоны);
- 3) основные сооружения водоснабжения и канализации (главные колодцы, пожарные водоемы, насосные станции, водонапорные башни);

4) детали благоустройства территорий (ограды, зеленые насаждения, места отдыха).

При проектировании генерального плана выполняют следующие основные требования:

1. Производственные здания и сооружения располагают в соответствии с поточностью технологического процесса, это обеспечивает поступательную (без возвратных перемещений и взаимного пересечения) транспортировку материалов по кратчайшим путям.

2. Разделение людских и грузовых потоков (их пересечение не допускается).

3. Силовые подстанции, ремонтно-механические мастерские и иные вспомогательные сооружения проектируют рядом с обслуживаемыми цехами.

4. Соблюдение противопожарных и экологических норм, а также требований по охране труда.

5. Зонирование промышленной площадки – группирование по территории отдельных однородных участков для облегчения их эксплуатации.

6. Расположение зданий по отношению к господствующим ветрам должно обеспечивать эффективное удаление вредных выбросов от близлежащего населенного пункта. Направление господствующих ветров указывает роза ветров (рис. 85), которую изображают в левом верхнем углу чертежа.

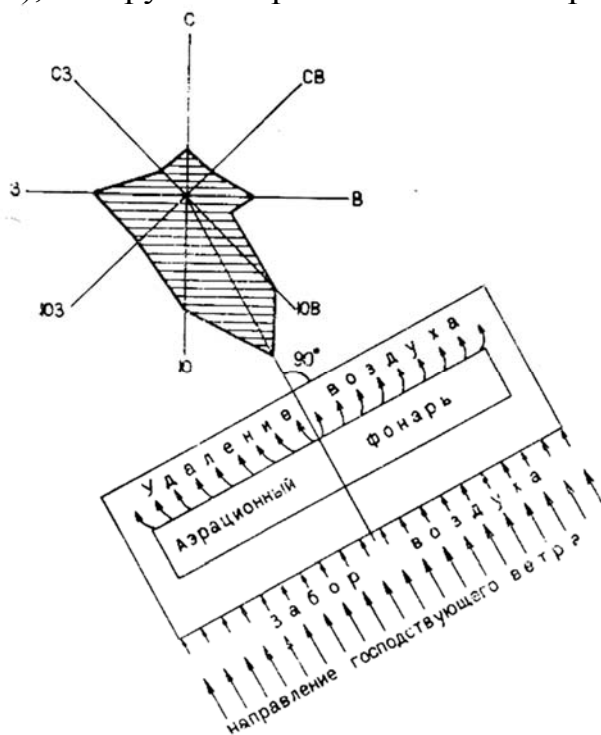


Рис. 85. Схема расположения предприятия по отношению к розе ветров

Для рациональной организации производственного процесса территорию предприятия условно разделяют на четыре основные зоны:



предзаводскую (за пределами границы предприятия), производственную, подсобную и складскую.

В предзаводской зоне, располагаемой со стороны главных ворот, размещают заводууправление, инженерно-лабораторные корпуса и другие объекты общезаводского назначения, а также стоянки для автотранспорта.

Размеры предзаводских зон объектов (1 га на 1000 работающих) следует принимать из расчета: 0,8 – при численности работающих до 0,5 тыс.; 0,7 – от 0,5 до 1 тыс.; 0,6 – от 1 до 4 тыс.

Предзаводская площадка и въездная магистральная дорога формируют главный композиционный узел для архитектурного оформления всей промышленной площадки. Смежные проходные предприятия обустройства на расстоянии, не превышающем 1,5 км, с уменьшением до 1 км в северных широтах. Расстояние от проходных пунктов до входов в санитарно-бытовые помещения основных цехов не должно превышать 800 м. При больших расстояниях на предприятии предусматривают внутризаводской пассажирский транспорт.

Исходя из условия максимального использования естественной освещенности, продольные оси здания размещают под углом  $45\ldots 110^\circ$  к меридиану. Здания с преимущественно естественной вентиляцией ориентируют перпендикулярно или под углом не менее  $45^\circ$  относительно преобладающего направления ветра летнего периода (см. рис. 85). Координационные оси противостоящих зданий на площадке, как правило, должны совпадать.

В подсобной зоне размещают вспомогательные цехи и производства (котельная, трансформаторные подстанции, ремонтно-механические мастерские и т.п.).

Склады сырья размещают с учетом наилучшего использования фронта разгрузочно-погрузочных работ. При доставке леса сплавом по реке склад располагают ниже по течению реки, чем рейд приплава.

Склады пиломатериалов и готовых изделий должны находиться с наветренной стороны котельной, чтобы они не загрязнялись и не подвергались опасности возгорания. Склады легковоспламеняющихся материалов (ГСМ, лакокрасочные материалы, клеи) размещают на удаленных изолированных участках с подветренной стороны по отношению к складам лесоматериалов и производственным зданиям.

Оптимальной формой промышленного здания является прямоугольная, поскольку она обеспечивает минимальный расход стройматериалов и технологичность процесса возведения. Рекомендуются типом застройки деревообрабатывающих предприятий является одноэтажная сплошная или комбинированная (ряд одноэтажных многопролетных зданий с верхними фонарями), что позволяет блокировать в одном здании производственные, вспомогательные и обслуживающие цехи, а также складские, административные и бытовые помещения.

В одном здании желательно объединять производства:

- близкие по характеру и структуре технологического процесса (фанерное и древесностружечных плит);
- однородные по используемым материалам – фанерное и столярных плит, фанерное и клеевых лыж, фанерное и гнуклееных деталей, лесопильное и ящичное и т.д.

Строительные параметры промышленного здания диктуются технологическими требованиями размещаемого производства. Варианты решений строительной части проекта оценивают, сравнивая основные технико-экономические показатели – приведенные и эксплуатационные затраты, сметную стоимость.

При расположении элементов генплана предприятия предусматривают разрывы между промышленной площадкой и селитебной зоной, между зданиями, складами и сооружениями, а также проезды и коммуникации для пожаротушения.

Ширина защитной зоны предприятия от жилой застройки составляет:

- для лесопильных и фанерных заводов, заводов строительных деталей и комбинатов деревянного стандартного домостроения – 100 м;
- для мебельных предприятий, судостроительных верфей, выпускающих мелкие деревянные суда, – 50 м.

На территории промышленного предприятия здания и сооружения размещают с учетом их благоприятного естественного освещения и проветривания. Разрывы между ними принимают с учетом санитарно-гигиенических, противопожарных и технологических требований.

*Санитарные разрывы* между зданиями (рис. 86) с естественным освещением через окна должны быть не менее наибольшей высоты противостоящих зданий; между длинными сторонами и торцами зданий, а также между торцами зданий с оконными проемами – не менее 12 м.

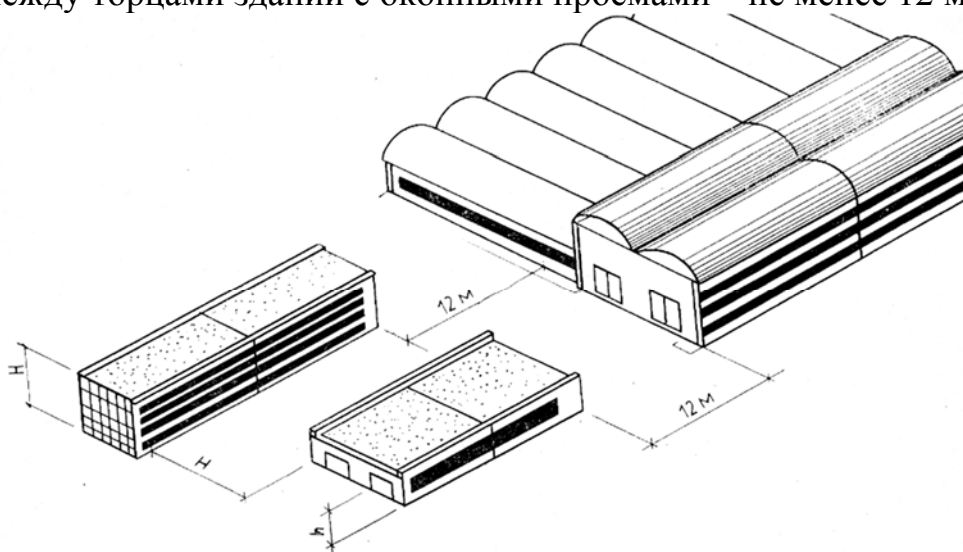


Рис. 86. Санитарные разрывы между зданиями, освещаемыми через проемы [38]

*Противопожарные разрывы* зависят от степени огнестойкости зданий и назначаются в пределах 10...20 м. Разрывы между зданиями и складами топлива, горючих материалов и жидкостей устанавливают от 10 до 300 м. На разрывы между зданиями влияют динамические нагрузки, вызывающие вибрацию грунта. Здания и сооружения удаляются от источников вибрации на 10...80 м.

Компактность застройки повышается, если однородные по характеру производства здания объединить под одной крышей. Блокировка сокращает периметр наружных стен, протяженность коммуникаций и транспортных путей.

Транспорт, обслуживающий промышленные предприятия, подразделяют на внешний (рельсовый, безрельсовый и водный) и внутризаводской.

Заводской железнодорожный транспорт применяется на предприятиях, выпускающих тяжеловесную продукцию или имеющих суточный грузооборот более 10 вагонов. Рельсовые пути прокладывают в складской зоне и вводят в производственные здания. Их пересечение (в одном уровне) с основными автодорогами не допускается.

Автомобильные (внутризаводские) дороги проектируют с твердым покрытием и шириной проезжей части 3,5...9,5 м. Въезд автомобилей (двухполосный) на территорию предприятия предусматривают со стороны, противоположной железнодорожному вводу.

Внутризаводскую сеть автодорог проектируют с кольцевым проездом. Для разворота автомобилей в конце тупиков устраивают площадки размером 12×12 м или петлевые объезды.

Пешеходные пути прокладывают по кратчайшим направлениям и устраивают в виде тротуаров шириной не менее 1,5 м. Край тротуара от проезжей части дорог располагают не ближе 2 м, а от зданий (с неорганизованным водоотводом) – не ближе 1,5 м.

## 7.2. Инженерная подготовка и благоустройство территории

Инженерные коммуникации промышленных предприятий – трубопроводы для централизованной подачи пара, горячей воды, сжатого воздуха, газа, лака, хозяйственно-питьевой воды и воды для противопожарных целей; канализационные трубопроводы для удаления сточных технологических вод, жидкостей и ливневых вод, кабельные сети электроснабжения, связи и сигнализации.

Подземные сети прокладывают вне проезжей части дороги в тоннелях и каналах (рис. 87).

Надземные сети размещают на опорах в галереях или на стенах зданий и сооружений. Высота от уровня земли до низа труб в местах прохода людей должна быть не менее 2,2 м, местах пересечения с автодорогами – 5 м, а с внутренними железнодорожными путями – до 7 м.

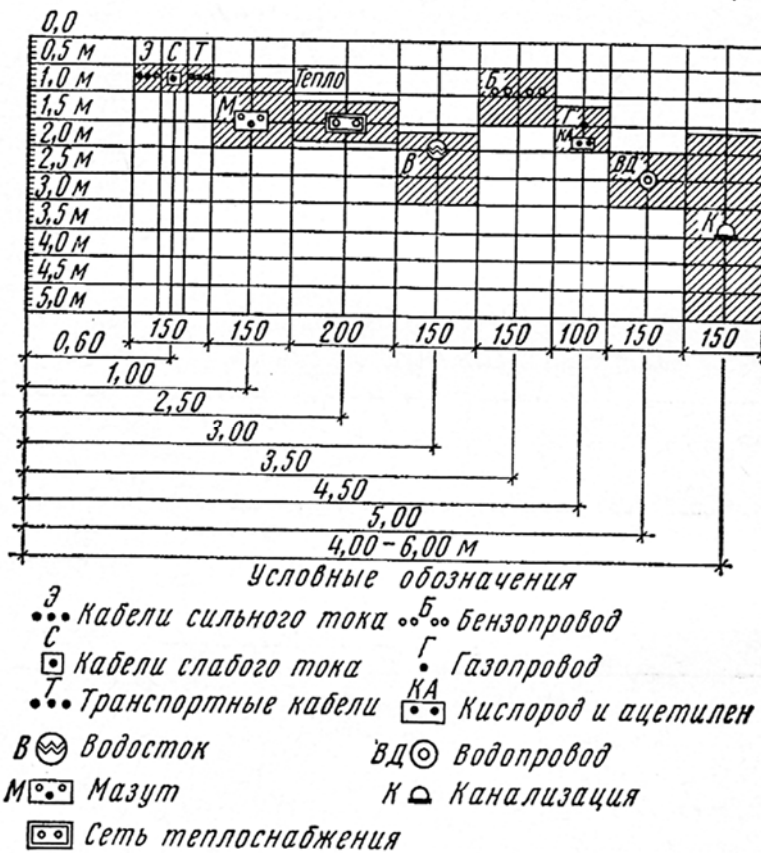
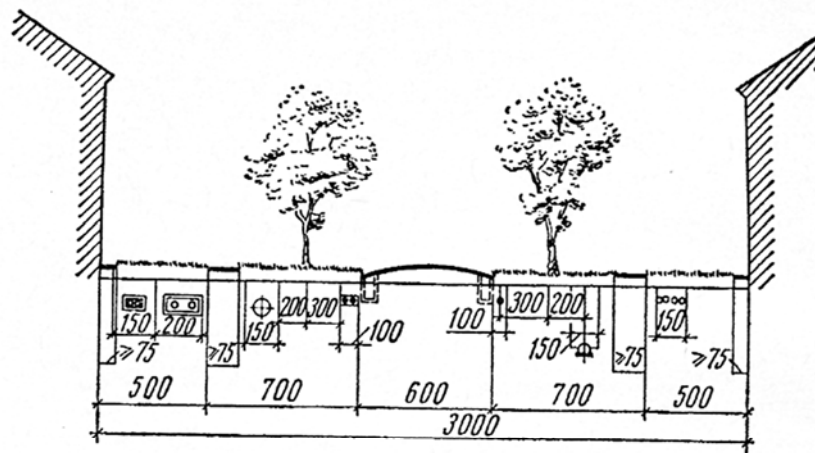


Рис. 87. Расстояния от подземных коммуникаций до зданий, см [37]

Вертикальная подготовка планировки территории заключается в подготовке естественного рельефа местности для размещения зданий и сооружений на площадке, обеспечения транспортных связей и отвода поверхностных вод. Правильно запроектированный рельеф обеспечивает естественный отвод ливневых вод, а также взаимную увязку высот складов сырья и готовой продукции, полов зданий и сооружений, при которой транспортировка между ними осуществляется без превышения допустимых уклонов. При этом объем земляных работ по срезке и подсыпке грунта должен быть минимальным.

Уклоны поверхности спланированной территории надлежит принимать не менее 0,003 и не более: 0,05 – для глинистых грунтов; 0,03 – для песчаных грунтов; 0,01 – для грунтов легкоразмываемых (лесс, мелкие пески) и 0,03 – для вечномёрзлых грунтов.

В условиях просадочных грунтов II типа минимальные уклоны планируемой поверхности следует принимать 0,005.

Сплошную планировку рельефа земельного участка объектов применяют при плотности застройки более 25 %, а также при большой насыщенности земельного участка объектами дорогами и инженерными сетями.

Для крупных лесопильно-деревообрабатывающих и фанерных заводов может быть использована смешанная система вертикальной планировки: сплошная – на участках расположения производственных и вспомогательных зданий, выборочная – на участках складов. При резком колебании рельефа – с уклоном более 0,03 и скатом поверхности более 100 м – проектируют размещение отдельных производств на разных террасах. Особенно рационально террасное расположение цехов и складов для лесопильных предприятий, получающих сырьё сплавом. В этом случае склады сырья и бассейны размещают на нижней террасе, а лесопильный цех – на верхней. Перепад террас определится расстоянием от бассейна до второй террасы и допустимым углом наклона конвейеров круглого леса.

Вдоль трасс внутризаводского транспорта и пешеходных путей, между цехами и около бытовых помещений высаживают зеленые насаждения. Ширина озеленения принимается не менее 2 м. Площадь озеленения должна занимать не менее 10...20 % всей территории предприятия.

Для озеленения используют древесно-кустарниковые и цветочно-травянистые виды растений: древесно-кустарниковые насаждения для защиты от ветра, солнца, снега выполняются из хвойных и лиственных деревьев, высокорастущего кустарника, для защиты от пыли и шума используют посадки с большой вертикальной плотностью.

Для безопасного пешеходного движения необходимо предусматривать территориальное разделение транспортных и пешеходных потоков. Во всех случаях устраивают тротуары вдоль магистральных и производственных дорог. Ширина тротуара принимается кратной полосе движения шириной 0,75 м. Число полос движения по тротуару устанавливают в зависимости от числа работающих, занятых в наиболее многочисленной смене в здании, к которому ведет тротуар, из расчета 750 чел. в смену на одну полосу движения. Минимальная ширина тротуара составляет 1,5 м. При интенсивности движения менее 100 чел. в обоих направлениях допускается устройство тротуаров шириной 1 м.

Расстояние от тротуаров до железнодорожного пути – не менее 3,75 м, до бордюрного камня автомобильной дороги – не менее 2 м. Размещение тротуаров вплотную к проезжей части дороги допускается только при реконструкции.

### 7.3. Техничко-экономические показатели генерального плана

Рациональность проекта генерального плана промышленного предприятия характеризуется технико-экономическими показателями, выражаемыми количественно и качественно.

К количественным показателям относят следующие: площадь территории (га); площадь застройки (т.е. площадь, занятая зданиями и сооружениями) в га; площадь, занятая открытыми складами (га); площадь озеленения (га); протяженность ограждения (км); площадь и протяженность рельсовых и безрельсовых дорог и инженерных сетей в га и км, общая стоимость оборудования и благоустройства территории.

Для качественной оценки генеральных планов предприятий применяют следующие показатели: плотность застройки – процентное отношение площади застройки к общей площади территории (табл. 52); коэффициент использования территории (т.е. процентное отношение площади, занятой зданиями, сооружениями, открытыми складами, дорогами, к общей площади предприятия); процент озеленения (т.е. отношение площади зеленых насаждений к общей площади предприятия).

Т а б л и ц а 52

Плотность застройки площадок деревоперерабатывающих предприятий

Предприятия (производства)	Минимальная плотность застройки, %
1. Лесозаготовительные с примыканием к железной дороге МПС: без переработки производственной мощностью, тыс.м <sup>3</sup> /год: до 400 более 400 с переработкой производственной мощностью, тыс.м <sup>3</sup> /год: до 400 более 400	   28 35  23 20
2. Лесозаготовительные с примыканием к водным транспортным путям при отправке леса в хлыстах: с зимним плотбищем без зимнего плотбища	  17 44
3. То же при отправке леса в сортиментах: с зимним плотбищем мощностью, тыс.м <sup>3</sup> /год: до 400 более 400 без зимнего плотбища мощностью, тыс.м <sup>3</sup> /год: до 400 более 400	  30 33  33 38
4. Пиломатериалов, стандартных домов, комплектов деталей, столярных изделий и заготовок: при поставке и отправке по железной дороге при поставке сырья по воде	  40 45
5. Древесно-стружечных плит	45
6. Фанеры	47
7. Мебельные	53

Пример генерального плана лесопромышленного комплекса, включающего лесопильно-деревообрабатывающие и химические производства, обеспечивающие полное использование сырья, показан на рис. 86. При проектировании предприятий по комплексной переработке древесины появляется возможность широкой кооперации инженерных и транспортных сетей, вспомогательных производств и элементов основного производства. Так, цех подготовки древесины может обслуживать производство древесностружечных и древесноволокнистых плит, а общие склады сырьевых материалов обеспечивать хранение и доставку хлыстов, пиловочника, коры, пиломатериалов, щепы, угля и др.

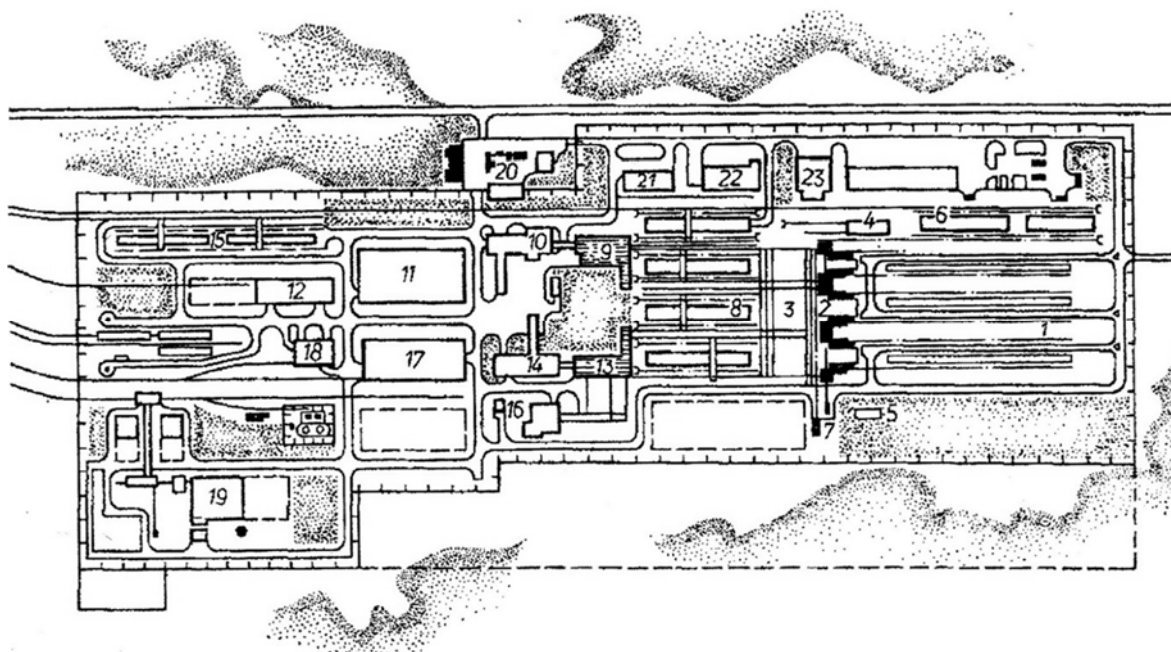


Рис. 86. Генеральный план лесопильно-деревообрабатывающего комбината:  
 1, 2 – нижний склад; 3 – склад сортиментов; 4 – разделочный цех; 5 – бытового корпус; 6 – склад древесины; 7 – цех топливной щепы; 8 – склад пиловочника; 9 – бассейн лесопильного цеха; 10 – лесопильный цех; 11 – участок камерной сушки; 12 – склад-навес сухих пиломатериалов; 13 – бассейн лесотарного цеха; 14 – тарный цех; 15 – установка антисептирования; 16 – цех подготовки сырья; 17 – цех ДСтП; 18 – склад клея; 19 – котельная; 20 – заводоуправление; 21 – склад; 22 – РМЦ; 23 – гараж

На генеральном плане четко видны производственная зона, в которой осуществлено прямоточное движение перерабатываемой древесины, зона вспомогательных производств и административно-общественный центр. Котельная вынесена на край площадки и расположена с подветренной стороны. Хорошо решено распределение грузовых и людских потоков. Проведено группирование отдельных производств – цеха деревообработки и сушильного участка.

Перед въездом на площадку организована предзаводская площадка с корпусом заводоуправления в блоке с магазином, столовой и приемным пунктом комбината бытового обслуживания. На предзаводской площадке

предусмотрены стоянки для автомашин, площадки для отдыха. Вспомогательные здания и сооружения сосредоточены в отдельной зоне. Осуществлено озеленение – посадки деревьев хвойных и лиственных пород, кустарников, устройство газонов и цветников.

### Контрольные вопросы

1. Что является основой для разработки генеральных планов промышленных предприятий?
2. Основные требования к планировке площадки предприятия и их обеспечение.
3. Техничко-экономические показатели генеральных планов.
4. Что входит в инженерную подготовку территории предприятия?
5. Задачи благоустройства территории площадки предприятия и его элементы.
6. Санитарные разрывы между зданиями, освещаемыми через проемы.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение курса «Проектирование лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» дает возможность студентам систематизировать знания, полученные по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» в рамках дисциплин профессионального цикла. Это достигается комплексным подходом к изучению (при необходимости повторению) вопросов, охватывающих всю специфику процесса проектирования предприятий деревоперерабатывающей отрасли.

Естественно, в рамках одного учебного курса невозможно полностью охватить все задачи, стоящие перед проектировщиком. Поэтому вопросы, связанные с экономикой производства продукции, оставлены для самостоятельной работы.

Содержание данного издания структурировано таким образом, чтобы облегчить студенту работу над выполнением курсового проекта. Крайне желательно, чтобы тематика курсового проекта была созвучна с темой будущей выпускной квалификационной работы. Это позволит бакалавру более детально разобраться с целым рядом непростых и взаимосвязанных задач, возникающих при проектировании технологических линий и размещении их в производственных зданиях.

В конце книги приведен список использованной литературы, в том числе нормативной и информационно-справочной, необходимой для более углубленного изучения материала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ясинский, В.С. Основы проектирования деревообрабатывающих предприятий [Текст]: учебник для вузов / В.С. Ясинский, А.С. Щербаков, Ю.И. Юрьев. – М.: Экология, 1991. – 320 с.
2. СНиП 11-01-95. Инструкция о составе, порядке разработки, согласовании и утверждении проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений [Текст]. – М.: Минстрой РФ, 1995. – 21 с.
3. Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений [Текст]. – М.: Минстрой России, 1995. – 15 с.
4. Хасдан, М.М. Лесопильно-деревообрабатывающее производство (курсовое и дипломное проектирование) [Текст]: учеб. пособие для лесотехнических техникумов / М.М. Хасдан, М.Л. Ратнер. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 184 с.
5. СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 35 с.
6. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст]. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.
7. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ
8. Сборник разъяснений по предпроектной и проектной подготовке строительства [Текст]. – М.: ОАО «Центринвестпроект», 2008. – 30 с.
9. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – с.15.
10. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – с.9.
11. ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2007. – с.7.
12. ГОСТ 2695-83. Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2007. – с.5.
13. ГОСТ 9685-61 «Заготовки хвойных пород. Технические условия» [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – с. 11.
14. ГОСТ 7897-83 «Заготовки лиственных пород. Технические условия» [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – с. 9.
15. ГОСТ 10632-89 «Плиты древесностружечные. Технические условия» [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – с. 10.
16. ГОСТ 13715-78. Плиты столярные. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1992. – с. 11.
17. ГОСТ 4598-86. Плиты древесноволокнистые. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – с. 11.
18. ГОСТ 39161.1-89. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2008. – с.12.

19. ГОСТ 2977-82. Шпон строганный. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – с. 12.
20. ГОСТ 6782.1-75. Пилопродукция из древесины хвойных пород. Величина усушки [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – с. 10.
21. ГОСТ 7307–75. Детали из древесины и древесных материалов. Припуски на механическую обработку [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – с. 13.
22. ГОСТ 19414-79. Древесина клееная массивная. Общие требования к зубчатым клеевым соединениям [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – с. 5.
23. ГОСТ 862.1-85. Изделия паркетные. Паркет штучный, Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – с. 8.
24. Системы машин и оборудование для лесопильных предприятий. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1978. – с. 56
25. Чубинский, А.Н. Основы проектирования предприятий. Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств [Текст]: учеб. пособие / А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, Т.А. Шагалова. – СПб.: СПбГЛТУ, 2010. – 169 с.
26. Дягтерев, В.И. Системный анализ и исследование операций [Текст] / В.И. Дягтерев. – М.: Высшая школа, 1996. – 335 с.
27. Соломатов, В.И. Полиструктурная теория строительных материалов [Текст] / В.И. Соломатов // Новые композиционные материалы в строительстве. – Саратов. – 1981– С. 5–9
28. Рыбьев, И.А. Материаловедение в строительстве [Текст] / И.А. Рыбьев, Е.П. Казеннова. – М.: Академия, 2008. – 528 с.
29. Яцун, И.В. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки [Текст] / И.В. Яцун О.Н. Чернышев – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – Ч. 2. – с. 48.
30. Технология изделий из древесины [Электронный ресурс] / сост. О.В. Юрова. – Сыктывкар: СЛИ, 2009. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>.
31. Шимкевич, Ю.Б. Справочник по лесопилению [Текст] / Ю.Б. Шимкевич. – СПб.: ПРОФИКС, 2006. – 200 с.
32. Волынский, В.Н. Технология клееных материалов [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.Н. Волынский. – 2-е изд., исправленное и дополненное. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. – 280 с.
33. Кириллов, А.Н. Технология фанерного производства [Текст] / А.Н. Кириллов, Е.И. Карасев – М.: Лесная промышленность, 1974. – 307 с.
34. Нуч, В. Деревообработка [Текст]: справочник / В. Нуч. – М.: Техносфера, 2007. – 848 с.
35. Стовпюк, Ф.С. Технология изделий из древесины [Текст]: учеб. пособие / Ф.С. Стовпюк, Е.Н. Кандакова. – СПб.: ЛТА, 2007. – 94 с.

36. Справочник мебельщика. Станки и инструменты. Организация производства и контроль качества [Текст] / под ред. В. П. Бухтиярова. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 379 с

37. Сербинович, П.П. Архитектура [Текст]: учебник для строительных вузов / П.П. Сербинович, Б.Я. Орловский. – М.: Высшая школа, 1970. – 408 с.

38. Неелов, В.А. Промышленные и сельскохозяйственные здания [Текст] / В.А. Неелов. – М.: Стройиздат, 1980. – 223 с.

39. Свод правил СП 18.13330.2011. Генеральные планы промышленных предприятий Актуализированная редакция СНиП II-89-80\* [Текст]. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – с. 44

40. ГОСТ 21.204-93 «Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – С. 23.







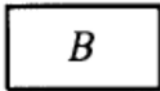
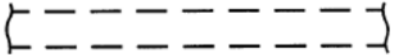

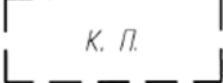

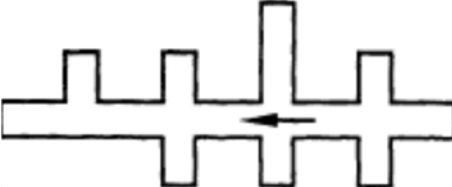
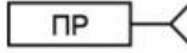
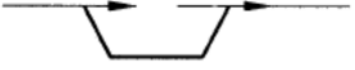


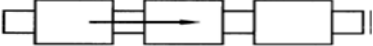

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

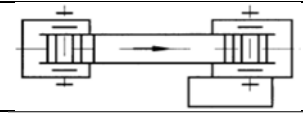
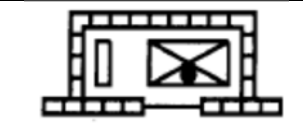
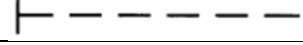
### Условные обозначения на плане цеха

Строительные материалы и конструкции	
Металлы	
Утеплитель	
Древесина	
Природные каменные материалы	
Керамические и силикатные стеновые материалы	
Бетон	
Железобетон	
Предварительно напряженный железобетон	
Стекло	
Капитальная стена	
Сплошная перегородка	
Легкая перегородка	
Перегородка из стеклоблоков	
Проем в перегородке или стене	
Окно в стене	
Железобетонные и металлические колонны	
Граница участка (не огороженная)	
Двухпольные ворота (распашные)	
Подъемные ворота (двери)	
Откатные двухпольные ворота (двери)	
Инженерные сети и элементы рабочего места	
Точка подвода: – воды	
– сжатого воздуха	
– электрокабеля к оборудованию	
– сжатого воздуха (цифра – давление)	
– пара	

Продолжение прил. 1

– постоянного тока	
– переменного тока	
Пожарный кран	
Вытяжная вентиляция	
Место рабочего у станка	
Место рабочего при обслуживании двух станков	
Верстак	
Проезды и проходы (не огороженные)	
Место складирования заготовок и деталей (не огороженное)	
Контрольный пункт	
Технологическое оборудование	
Автоматическая линия	
Промышленный робот	
Конвейер подвесной толкающий	
Конвейер подвесной	
Спуск и подъем подвешенного конвейера (цифры показывают высоту от пола)	
Конвейер напольный	
Роликовый неприводной конвейер	

Продолжение прил. 1

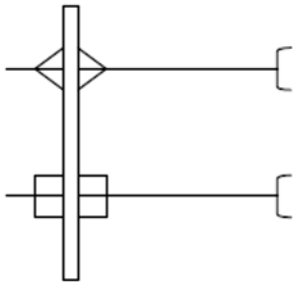
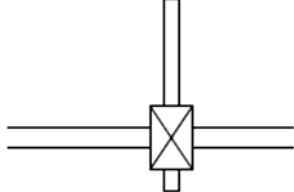



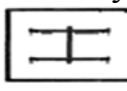

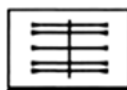

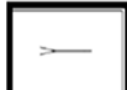
Роликовый приводной конвейер	
Пластинчатый конвейер	
Винтовой шнековый конвейер	
Рольганг:	-однорядный  -двухрядный 
Тележка рельсовая	
Подъемник пневматический напольный с сетчатым ограждением	
Станция приводная	
Путь подкрановый	
Монорельс (подвесной рельсовый путь)	
Таль: – электрическая на монорельсе	 $P=5 \text{ кВт}$ $Q=2 \text{ т}$
– ручная на монорельсе	
Консольный поворотный с электроталью	 $P=1 \text{ кВт}$ $Q=0,5 \text{ т}$
Мостовой кран	 $P=7 \text{ кВт}$ $Q=10 \text{ т}$
Подвесной однопролетный кран-штабелёр	 $P=3 \text{ кВт}$ $Q=0,75 \text{ т}$
элементов лесного склада	
Железная дорога	

Продолжение прил. 1

<p>Транспортер с лесонакопителями</p>	
<p>Поперечный цепной транспортер</p>	
<p>Площадка разгрузочно-растаскивающая</p>	
<p>Манипулятор двухстреловой</p>	
<p>Автоматизированная раскряжевочная установка</p>	
<p>Многопильная раскряжевочная установка типа «слешер»</p>	
<p>Скиповый погрузчик</p>	
<p>Козловой кран</p>	



Продолжение прил. 1

Консольно-козловой кран	
Башенный кран	
станков и агрегатов	
Окорочные	
Лесопильная рама	<p>I ряда</p>  <p>II ряда</p> 
Круглопильные станки	<p>– брусующий двухпильный</p>  <p>– брусующий многопильный</p>  <p>– развальный многопильный</p> 
Ленточнопильный	<p>– вертикальный</p>  <p>-горизонтальный</p> 

Окончание прил. 1

Фрезерный	
Круглопильный фрезерно-брусующий станок (агрегат)	
Круглопильный фрезерно-пильный станок (агрегат)	
Обрезной станок	<p>-двухпильный</p>  <p>-многопильный</p> 
Устройство для ориентирования сырья	

Схема технологического процесса дверных блоков

№ п/п	Наименование деталей (сборочных единиц)	Материал	Число деталей в изделии	Размеры деталей, мм			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
				Д	Ш	Т																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.	Дверной блок ДД 21-9																							
2.	Дверная коробка																							
2.1	Брусок вертикальный		2	2071	74	45																		
2.2.	Брусок горизонтальный		2	870	74	45																		
3.	Дверное полотно																							
3.1.	Брусок вертикальный		2	2000	40	40																		
3.2.	Брусок горизонтальный		2	800	40	40																		
3.3.	Облицовка	ДВП	2	2000	800	3																		
3.4.	Заполнение		48	720	40	40																		

Приложение 3

Карта технологического процесса изготовления изделия

Номер участка	Наименование и содержание операции (обозначение технологического документа по технике безопасности)	Обозначение деталей по чертку			Размеры деталей после обработки, мм			Оборудование (наименование, марка)	Инструмент, приспособление средств защиты работающего по ГОСТу	Инструкция по контролю или средствам контроля	Код профессии	Разряд		Код-во рабочих		Код		Норма времени		Расценка, руб.	
		Д	Ш	Т	Д	Ш	Т					тарифная ставка	вид норм.	леталь	изделье	леталь	изделье				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			

Приведенная производственная программа

технологическая группа (КТП)	Конструкторско-технологическая характеристика	Сборочные единицы (детали), входящие в один набор или условный комплект		Габаритные размеры главного изделия (КТП), мм			Проведенная программа, шт.
		наименование	обозначение изделия	Д	Габаритные размеры изделия, мм		
					Ш	Т	

Расчет приведенной производственной программы

Номер уча-стка	Наименование и содержание операции (обозначение технологического документа по технике безопасности)	Обозначение деталей по чертежу	Размеры деталей после обработки, мм			Оборудование (наименование, марка)	Инструмент, приспособление средств защиты	Инструкция по контролю или средствам контроля
			Д	Ш	Т			
1	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раскрой плиты на заготовки	КП.01.01.00	1000	500	16	Форматно-раскройный станок МА 3200	Пила подрезная Ø 120 мм, пила основная дисковая с пластинами из твердого сплава, Ø 315 мм ГОСТ 9769	Рулетка измерительная, ГОСТ 7502-89, длиной 5 м
		КП.01.02.00	704	400	16			
		КП.01.03.00	484	350	16			
		КП.01.04.00	380	365	16			
		КП.01.05.00	638	368	16			
		КП.01.06.00	400	368	16			
		КП.01.07.00	652	396	16			
		КП.01.08.00	368	50	16			
2	Облицовка кромок	КП.01.01.00	1000	500	16	Односторонний автоматический кромокоблицовочный станок Olimpic K201		Визуально
		КП.01.02.00	704	400	16			
		КП.01.03.00	484	350	16			
		КП.01.04.00	380	365	16			
		КП.01.06.00	400	368	16			
		КП.01.07.00	652	396	16			
		КП.01.08.00	368	50	16			

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ .....	5
1.1. Основные понятия и определения .....	5
1.2. Основные участники капитального строительства и типы проектов .....	6
1.3. Проектные организации и основные стадии проектирования .....	8
1.4. Выбор места и инженерные изыскания на площадке под строительство .....	10
1.5. Состав проектной документации .....	12
1.6. Системы автоматизированного проектирования. Программное обеспечение САПР .....	13
1.7. Принятие проектных решений .....	16
1.7.1. Метод экспертных оценок .....	17
1.7.2. Метод ранжирования приоритетов .....	19
2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	26
2.1. Проектирование древесных материалов .....	26
2.1.1 Критерии качества древесных материалов .....	26
2.1.2. Выбор приоритетов при проектировании составов .....	30
2.2. Проектирование производственных систем .....	32
2.3. Алгоритм технологического проектирования производственных систем .....	36
2.4. Обоснование уровня автоматизации производства .....	39
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	43
3.1. Сырьевая база .....	43
3.2. Планировка оборудования и организация рабочих мест .....	45
3.3. Технологическое проектирование лесопильных предприятий .....	51
3.3.1. Структурные технологические схемы лесопильных потоков и оценка их эффективности .....	51
3.3.2. Выбор технологического и транспортного оборудования .....	55
3.3.3. Расчет числа единиц оборудования для выполнения годовой программы .....	65
3.3.4. Производственная программа лесопильного цеха .....	71
3.3.5. Планировка оборудования лесопильных предприятий .....	77
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	87
4.1. Проектирование предприятий по производству фанеры .....	87
4.1.1. Производственная программа фанерных предприятий .....	87

4.1.2. Расчет потребного числа оборудования.....	92
4.1.3. Выбор схем технологического процесса и планировка оборудования .....	94
4.1.4. Планировка фанерного предприятия.....	98
4.2. Проектирование предприятий по выпуску древесных плит.....	100
4.2.1. Производственная программа .....	100
4.2.2. Выбор схемы технологического процесса .....	102
4.3. Технологическое проектирование мебельных предприятий.....	105
4.3.1. Производственная программа и ее расчет .....	105
4.3.2. Выбор схем технологических процессов и оценка их экономичности.....	109
4.3.3. Расчет числа единиц оборудования по нормам времени и годовому фонду полезного времени рабочего места .....	113
4.3.4. Расчет числа единиц оборудования по производительности станков и годовому объему работы.....	115
4.3.5. Расчет производительности оборудования.....	119
5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	126
5.1. Общие сведения о промышленных зданиях.....	126
5.2. Унификация и типизация в строительстве .....	130
5.3. Основные правила привязки колонн и стен к координационным осям.....	132
5.4. Строительные конструкции промышленных зданий .....	137
6. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	153
6.1. Подъемно-транспортное оборудование .....	153
6.2. Инженерные сети .....	155
6.2.1. Системы отопления .....	155
6.2.2. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха.....	156
6.2.3. Водоснабжение предприятий.....	162
6.2.4. Инженерные системы защиты окружающей среды.....	163
7. ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	167
7.1. Общие сведения.....	167
7.2. Инженерная подготовка и благоустройство территории.....	171
7.3. Техничко-экономические показатели генерального плана.....	174
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	177
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	178
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	181

Учебное издание

Береговой Виталий Александрович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
И ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Учебное пособие

Редактор            М.А. Сухова  
Верстка             Н.В. Кучина

---

Подписано в печать 13.07.2015.    Формат 60x84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 11,16.    Уч.-изд.л. 12,0.                            Тираж 80 экз.

Заказ № 293.



---

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