

А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, Т.А. Шагалова

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕVOOБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2010

Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия
имени С.М. Кирова

А.Н. Чубинский, доктор технических наук, профессор
А.А. Тамби, кандидат технических наук, доцент
Т.А. Шагалова, доцент

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие
по дисциплинам «Основы проектирования предприятий» и «Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств» для студентов, обучающихся по специальностям 250403, 080502 и направлению 250300

Рекомендовано УМО по образованию в области лесного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности 250403 «Технология деревообработки».

Санкт-Петербург
2010

Рассмотрено и рекомендовано к изданию научно-методическим советом Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии имени С.М. Кирова

Отв. редактор
доктор технических наук, профессор **А.Н. Чубинский**

Рецензенты

кафедра технологии заготовки и переработки древесных материалов
Тихоокеанского государственного университета

доктор технических наук А.Г. Гороховский

УДК 338.24

Чубинский А.Н., Тамби А.А., Шагалова Т.А. Основы проектирования предприятий. Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств. Учебное пособие. СПб.: 169 с.

Представлено кафедрой технологии лесопиления и сушки древесины.

Изложены основные положения проектирования деревообрабатывающих производств. Рассмотрены методы и методики принятия проектных решений, технологического проектирования, принципы и содержание проектирования основного производства и его материально-технического обеспечения, определения экономической эффективности инвестиций.

Библиогр. 13. Табл. 68. Ил. 69.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Общие вопросы проектирования объектов промышленного назначения.....	6
1.1 Проектные работы.....	6
1.2 Выбор площадки для размещения производства.....	11
1.3 Инженерные изыскания.....	14
1.4 Бизнес-планирование.....	15
2 Принятие проектных решений.....	17
2.1 Общие положения.....	17
2.2 Метод экспертных оценок.....	18
2.3 Метод расстановки приоритетов.....	20
3 Деревообрабатывающее предприятие как производственная система.....	28
3.1 Классификация деревообрабатывающих производств.....	28
3.2 Классификация производственных процессов.....	30
3.3 Процедуры технологического проектирования производственных систем.....	39
4 Маркетинговые исследования.....	40
4.1 Общие положения.....	40
4.2 Древесные материалы, развитие их производства и потребления.....	41
4.3 Состояние производства древесных материалов в России.....	57
5 Технологическое проектирование.....	62
5.1 Структура технологических процессов.....	62
5.2 Формализованное представление технологических процессов.....	70
5.3 Выбор оборудования.....	75
5.3.1 Общие положения.....	75
5.3.2 Классификация и принципы выбора оборудования для производства пиломатериалов.....	76
5.3.3 Оценка конкурентоспособности оборудования.....	104
5.4 Обоснование параметров режимов обработки.....	106
6 Материально-техническое обеспечение технологического процесса.....	112
6.1 Расчет оборудования.....	112
6.2 Расчет инструмента.....	113
6.3 Расчет транспорта.....	116
6.4 Расчет потребности в энергии на технологические нужды.....	117
6.5 Баланс сырья. Использование отходов.....	119
6.6 Расчет производственных площадей и разработка плана цеха с размещением оборудования.....	122
7 Организационные структуры управления.....	129
8 Эффективность инновационной деятельности.....	137
Библиографический список.....	164
Приложения.....	165

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в связи с принятием ряда новых законодательных и нормативных правовых актов Российской Федерации /1-4/ претерпели существенные изменения основные положения, регламентирующие порядок проектирования, состав и содержание проектной документации. Знание новых положений принципиально важно для выпускников лесотехнических вузов, связавших свою судьбу с проектной деятельностью в области деревообрабатывающих производств.

Вопросы проектирования объектов капитального строительства промышленного назначения изучаются на факультетах механической технологии древесины и экономики и управления в рамках дисциплин «Основы проектирования предприятий» и «Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств», соответственно.

Одной из задач этих предметов является подготовка студентов к выполнению итоговой аттестационной работы.

Дипломное проектирование (подготовка выпускной аттестационной работы) является итогом, характеризующим качество подготовки специалиста, бакалавра и магистра, показывает степень усвоения студентом знаний, которые будут необходимы выпускнику для управления производством, как на этапе его создания (при проектировании), так и на этапе функционирования. Выпускник академии в будущем, как правило, занимается управленческой деятельностью различного уровня: мастер, начальник цеха, руководитель отдела (службы) или управления, главный инженер проекта, заместитель директора, директор и др. В этой связи, принципиальное отличие проектных выпускных работ студентов академии специальностей 250403 и 080502 заключается в более глубоком технологическом (250403) и экономическом (080502) анализе и обосновании проектных и/или управленческих технологических (технических) решений.

1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 Проектные работы

Градостроительный кодекс Российской Федерации /4/ установил нормы и правила, в соответствии с которыми проводятся работы по строительству и реконструкции предприятий от выполнения инженерных изысканий, разработки проектной документации до выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию /5/. Проектными документами в соответствии с /1/ являются проектная и рабочая документация.

Проектная документация на объекте капитального строительства производственного назначения включает 12 разделов:

1. Пояснительная записка;
2. Схема планировочной организации земельного участка;
3. Архитектурные решения;
4. Конструктивные и объемно-планировочные решения;
5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений;
6. Проект организации строительства;
7. Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства;
8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды;
9. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;
10. Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов;
11. Смета на строительство объектов капитального строительства;
12. Иная документация в случаях, предусмотренных Федеральными законами.

Пояснительная записка должна содержать:

- реквизиты документов, в соответствии с которыми проводится проектирование;
- реквизиты правоустанавливающих, разрешительных и нормативных документов: градостроительный план земельного участка; технические условия на подключение к сетям инженерно-технического обеспечения общего пользования; задание на проектирование; результаты инженерных изысканий и др.
- краткую характеристику продукции и ее производства;
- сведения о производственной мощности; значимости производства для развития поселения, района, региона;

- сведения о потребности производства в материальных (сырье, материалы, электроэнергия, вода, топливо, газ) и трудовых ресурсах;
- сведения о комплексном и рациональном использовании древесины, в том числе для получения энергии;
- сведения о категории земель и размерах средств для возмещения убытков правообладателей, а также затрат по сносу (переносу) имеющихся объектов, включая инженерные сети, и по переселению людей;
- сведения об использовании в проекте изобретений, патентов, компьютерных программ, иной интеллектуальной собственности;
- укрупненные технико-экономические показатели проектируемого предприятия (организации).

Во втором разделе проектной документации «Схема планировочной организации земельного участка» должны найти отражение: характеристика земельного участка, обоснование границ санитарно-защитных зон, технико-экономические показатели и обоснование планировочной организации земельного участка, обоснование решений по инженерной подготовке, схема планировочной организации, ситуационный план размещения зданий и сооружений, схемы транспортных и инженерных коммуникаций и другие решения.

В третьем разделе «Архитектурные решения» описывают пространственную, планировочную и функциональную организацию зданий и сооружений; обосновывают их объемно-пространственные и архитектурно-художественные решения, решения по естественному освещению, отделке помещений, защите от вибрации и т.п., а также изображают фасады, поэтажные планы зданий и сооружений с экспликацией помещений, представляют другую информацию, указанную в задании на проектирование.

Четвертый раздел «Конструирование и объемно-планировочные решения» включает в себя информацию об инженерных изысканиях на земельном участке, являющемся площадкой для строительства, с обязательным указанием характеристики грунтов, их несущей способности, уровня грунтовых вод; обоснование и графическое изображение конструктивных, объемно-планировочных и технических (теплозащита, защита от шума и вибраций; пожарная безопасность и т.п.) решений; характеристику ограждающих конструкций и другую информацию.

Пятый раздел, включающий технологическое проектирование, «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений» состоит из семи подразделов:

- система электроснабжения;
- система водоснабжения;
- система водоотведения;

- системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тепловые сети;

- сети связи;

- система газоснабжения;

- технологические решения.

В каждом из этих подразделов должен быть выполнен обоснованный выбор той или иной системы обеспечения, приведены соответствующие расчеты и на их основе приняты инженерные проектные решения, обеспечивающие надежное функционирование объекта.

Подраздел «Технологические решения» направлен на обоснование технологии и оборудования для изготовления продукции намеченной к выпуску. В нем приводятся:

- сведения о производственной программе, краткая характеристика и номенклатура продукции, ее трудоемкость, требования к качеству;

- краткая характеристика принятой технологии и требования к организации производства;

- обоснование потребности в основных видах ресурсов для технологических нужд и источников их поступления;

- обоснование вспомогательного оборудования, включая грузоподъемные и транспортные средства и механизмы;

- перечень мероприятий, направленных на обеспечение выполнения требований, предъявляемых к зданиям, сооружениям, оборудованию и техническим устройствам на опасных производственных объектах;

- наличие сертификатов соответствия требованиям промышленной безопасности технологического оборудования и технических устройств;

- расчет численности работающих, их профессионально-квалификационный состав, число рабочих мест и их оснащенность;

- разработка мероприятий по охране труда;

- описание автоматизированных систем, используемых в производственном процессе;

- определение состава и расчет количества вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водоемы с разработкой мероприятий по снижению выбросов и сбросов в окружающую среду;

- расчет баланса сырья, сведения об отходах, подлежащих захоронению, с указанием класса опасности отходов;

- разработка технологических параметров и обоснование проектных решений, направленных на выполнение требований регламентов.

В графической части разрабатываются принципиальные схемы технологических процессов, планы цехов (технологические планировки) с раз-

мещением оборудования, транспортных средств, мест технологических выдержек и т.п.

В шестом разделе «Проект организации строительства» дается характеристика района строительства, земельного участка – площадки для строительства, оценивается транспортная и инженерная инфраструктура, обосновывается последовательность возведения зданий и сооружений, строительства инженерных и транспортных коммуникаций, потребность во всех видах ресурсов: материальных (оборудование, стройматериалы), энергетических, трудовых.

Седьмой раздел «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства» выполняется в случае необходимости проведения этих работ.

Восьмой раздел посвящен разработке мероприятий по охране окружающей среды. В нем приводятся результаты оценки воздействия проектируемого объекта на окружающую среду, разрабатывается перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению вредного влияния хозяйственной деятельности проектируемого объекта на окружающую среду, расчет затрат на природоохранную деятельность и компенсационные выплаты.

Перечень мероприятий должен содержать:

- расчеты концентраций загрязняющих веществ и обоснование их уменьшения;
- проектные решения по защите водного и воздушного бассейнов, включая очистку сточных вод, оборотное водоснабжение, охрану водных объектов и т.п.;
- проектные решения по использованию земельных ресурсов и почвы;
- мероприятия по работе с опасными отходами, по минимизации вероятности аварий на проектируемом объекте;
- мероприятия по охране недр, растительного и животного мира и среды их обитания.

В графической части разрабатывается ситуационный план района строительства с указанием:

- границ земельных участков (площадки для строительства) с указанием границ санитарно-защитных, водоохранных и других охранных зон;
- расположения источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и устройств по их очистке;
- контрольных пунктов для отбора проб воды, включая подземные; а также карты-схемы и сводные таблицы расчетов по загрязнению атмосферы в неблагоприятных погодных условиях.

В девятом разделе разрабатываются мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Они включают обоснование системы обеспечения пожарной безопасности, в том числе:

- соблюдение требований по безопасному расстоянию между зданиями, сооружениями, установками, возможности подъезда к ним;
- проектные решения по противопожарному водоснабжению, обеспечению безопасности людей, пожарной охраны при возникновении и ликвидации пожара;
- обоснование категоричности зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности, а также их конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций.

Кроме этого, обосновываются методы и средства противопожарной защиты и пожаротушения, организационно-технические мероприятия по пожарной безопасности.

В графической части на ситуационном плане указываются въезды (выезды) на территорию объекта, пути подъездов к пожарной технике и пожарным резервуарам, схема противопожарного водопровода с местами расположения гидрантов и насосных станций; схема эвакуации людей, а также схемы технических систем пожаротушения.

Десятый раздел «Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов» предусматривает обоснование конструктивных и иных решений, позволяющих работать на предприятии людям с ограниченными возможностями, включая решения, направленные на обустройство рабочих мест, а также эвакуацию инвалидов в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

В одиннадцатом разделе разрабатывается смета на строительство объектов капитального строительства.

В случае необходимости разрабатывается раздел 12 проекта «Иная документация, предусмотренная Федеральными законами», включающий декларацию промышленной безопасности опасных объектов, разрабатываемую на стадии проектирования.

Анализ содержания проекта, законодательных актов и нормативных правовых документов в области проектирования объектов промышленного назначения /1-5/, практики проектирования показывает необходимость проведения следующих работ для успешной подготовки проектной документации:

- выбор площадки для строительства с проведением соответствующих инженерных изысканий;
- разработку бизнес-плана (технико-экономического обоснования) будущего производства.

1.2 Выбор площадки для размещения производства

Выбор земельного участка (площадки для строительства) – одна из основных проектных функций, выполняемая при проектировании объектов капитального строительства.

Выбор площадки осуществляется на основе требований, разрабатываемых исходя из:

- общих сведений о проектируемом предприятии, в том числе перечне основных производств и их мощности;
- краткого описания технологии производства с указанием основного оборудования, норм расхода, видов и количества отходов;
- сведений об электроснабжении, в том числе установленной и максимальной потребляемой мощности, режиме работы и потреблении электроэнергии;
- характеристики систем водоснабжения и канализации;
- сведений о тепло- и топливообеспечении с указанием источников теплоснабжения и теплоносителей, видов топлива и его расхода;
- данных, направленных на защиту окружающей среды (состав отходов и мероприятий по их утилизации, очистке, транспортировании, размеров санитарно-защитной зоны и др.);
- схемы генерального плана с указанием состава объектов и сооружений, их габаритов и примерного расположения, транспортных сетей и грузооборота;
- основных технико-экономических и финансовых показателей.

Как правило, требования к площадке определяют возможность строительства на этом участке местности зданий и сооружений с учетом гео- и гидрологии, специфики технологии, охраны природы и т.п.

Целесообразно принимать к рассмотрению несколько возможных земельных участков (площадок). Процедуре выбора обычно предшествует обследование, в результате которого устанавливают:

- местоположение, размеры и конфигурацию участка;
- инженерно-геологические и гидрологические условия (тип грунтов, допускаемая нагрузка на грунт, уровень грунтовых вод, наличие просадочности, оползневые явления и др.);
- рельеф и средние уклоны участка;
- климатические условия;
- затапливаемость и границы затопления;
- наличие строений, подлежащих сносу, и размеры компенсации;
- расстояние до ближайшего населенного пункта;

- состояние имеющихся путей сообщения (водных, железнодорожных, автомобильных);
- источники питьевой и технической воды;
- возможности кооперирования с другими предприятиями района и городским коммунальным хозяйством;
- наличие местных строительных материалов и возможность их переработки;
- наличие трудовых ресурсов;
- возможность увеличения площадки при развитии производства.

При принятии решения о выборе руководствуются следующими соображениями:

- форма и размеры промышленной площадки должны соответствовать технологии проектируемого производства и допускать размещение зданий и сооружений в последовательности технологического процесса;
- географическое положение площадки должно отвечать условиям защиты окружающей среды от вредных воздействий производства, а также обеспечивать выполнение требований охраны труда в отношении воздухообмена и солнечного облучения;
- предприятия не следует располагать в местах залегания полезных ископаемых, на землях, пригодных для сельского хозяйства, в природоохранных зонах; площадка не должна находиться на оползневых участках, путях ливневых стоков и т.п.;
- участок должен быть вблизи населенных пунктов, водных, железно- и автодорожных трасс, источников водо- и энергообеспечения;
- по отношению к населенному пункту площадку для строительства необходимо размещать ниже по течению реки и со стороны меньшей интенсивности ветров;
- грунт на площадке должен отвечать требованиям строительных норм с минимальными затратами на производство работ по нулевому циклу;
- уровень грунтовых вод должен быть ниже глубины залегания фундаментов, туннелей, путепроводов и т.п.;
- поверхность площадки должна иметь естественный уклон порядка 0,004 для отвода сточных вод от центра к краям либо от одного конца к другому.

Как правило, по результатам обследования составляют акт (протокол), частью которого является характеристика вариантов площадок, выполняемая по форме табл. 1.

Таблица 1

Характеристика вариантов площадок

Показатели	Единица измерения	Варианты площадок		
		1	2	3
1. Место размещения площадки: 1.1. Под основные производства 1.2. Под складирование твердых отходов 1.3. Для размещения сооружений водоснабжения и канализации				
2. Размеры площадки, в т.ч. 2.1. Под основные производства 2.2. Под складирование твердых отходов 2.3. Под сооружения водоснабжения и канализации	га га га			
3. Наличие топографической съемки				
4. Рельеф 4.1. Средний уклон 4.2. Максимальный перепад отметок 4.3. Затопляемость	% м			
5. Климатические условия района 5.1. Климат 5.2. Среднегодовое количество осадков 5.3. Абсолютный минимум температуры 5.4. Абсолютный максимум температуры	мм °С °С			
5.5. Нормативная глубина промерзания 5.6. Преобладающее направление ветров 5.7. Максимальное из средних скоростей ветров по румбам: - за январь - за июль 5.8. Количество метелей	м м/с м/с дн/год			
6. Характеристика геологических условий площадок 6.1. Характеристика грунтов 6.2. Уровень грунтовых вод 6.3. Наличие потенциальных оползневых явлений 6.4. Просадочность 6.5. Затопляемость паводковыми водами 6.6. Сейсмичность района	м балл			
7. Другие особые условия 7.1. Протяженность подъездного железнодорожного пути от станции до площадки 7.2. Протяженность подъездной автодороги 7.3. Протяженность внеплощадочных трасс электроснабжения 7.4. Протяженность внеплощадочного водопровода питьевой воды	км км км			

Продолжение таблицы 1

7.5. Протяженность внеплощадочного водопровода технической воды	км			
7.6. Протяженность внеплощадочной канализации	км			
7.7. Протяженность внешней линии телефонной сети	км			
8. Сооружения водозабора и очистки воды				
9. Сооружения очистки бытовых стоков				
10. Необходимость строительства очистных сооружений				
11. Необходимость строительства защитных сооружений				
12. Обеспечение трудовыми ресурсами				
13. Место размещения жилой зоны				
14. Условия доставки рабочих				

1.3 Инженерные изыскания

В соответствии с /3/ в комплекс работ, проводимых при проектировании объектов капитального строительства входят основные инженерные изыскания, а в ряде случаев и специальные изыскания.

Основные виды инженерных изысканий:

1. Инженерно-геодезические.
2. Инженерно-геологические.
3. Инженерно-гидрометеорологические.
4. Инженерно-экологические.
5. Инженерно-геотехнические.

Специальные виды инженерных изысканий:

1. Геотехнические исследования.
2. Обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций.
3. Поиск и разведка подземных вод для целей водоснабжения.
4. Локальный мониторинг компонентов окружающей среды.
5. Разведка грунтовых строительных материалов.
6. Локальные обследования загрязнения грунтов и грунтовых вод.

В соответствии с Постановлением /3/ состав и содержание инженерных изысканий устанавливаются Министерством регионального развития Российской Федерации. Порядок выполнения инженерных изысканий может разрабатываться и утверждаться органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации по согласованию с Минрегионразвития.

В результате выполнения инженерных изысканий:

- разрабатывают план земельного участка в горизонталях в масштабе 1:2000, 1:1000, 1:500, зависящем от размера площадки. Горизонтали наносят через 1,0 или 0,5 м. На плане указывают все географические объекты, а также транспортные магистрали, линии электропередач, газопроводы и др.

План является исходным документом для установления уклона площадки и расположения зданий и сооружений будущего предприятия;

- устанавливают вид и свойства грунтов, наличие полезных ископаемых, возможность оползневых явлений, уровень залегания грунтовых вод, глубину промерзания грунта на предполагаемой площадке для строительства и близлежащей местности;

- изучают акватории водоемов, рек, озер, проводят обследование берегов, определяют места причалов, заводей, возможность хранения лесоматериалов в воде; устанавливают также уровень паводковых вод, изменение горизонта воды, сроки навигации и ледостава, скорости течения;

- определяют климат местности, преобладающие направления ветров, количество осадков, солнечных дней, значения средней, минимальной и максимальной температур и т.п.

- проводят исследования, направленные на предотвращение нанесения ущерба экологии региона, и другие.

Полученные в процессе проведения инженерных изысканий данные используют не только для выбора площадки для строительства и определения места расположения зданий и сооружений, но и для определения типов и конструкций зданий, их отдельных элементов, видов инженерных коммуникаций и способов их сооружения, других целей.

1.4 Бизнес-планирование

В проектной документации, утвержденной Постановлением Правительства /1/, бизнес план как обособленный документ не предусмотрен. Но в пояснительной записке проектной документации необходимо представить технико-экономические показатели проектируемого объекта капитального строительства. В этой связи, проведение предварительного технико-экономического обоснования проектируемого объекта вполне целесообразно.

При его разработке необходимо основываться на результатах маркетинговых исследований о спросе и предложении на соответствующую продукцию, перспективных направлениях развития науки и технологии, обеспечивающих рациональное использование всех видов ресурсов.

Целесообразно, чтобы бизнес план был выполнен для нескольких вариантов организации производства, основных технологических решений.

Как показывает практика, он содержит следующую информацию:

- исходные данные для проектирования нового предприятия, реконструкции, расширения или технического перевооружения действующего производства с анализом его хозяйственной деятельности;

- номенклатуру товара, объем его производства (мощность предприятия), уровень диверсификации, установленный на основе анализа рынка продукции и производителей;

- потребности и источники обеспечения предприятия всеми видами ресурсов, также выполненные на основе изучения соответствующих рынков;

- структуру предприятия, организацию производства и управления с обоснованием технологии и оборудования, производственной структуры;

- обоснование района, пункта, площадки (земельного участка) для строительства на альтернативной основе и их характеристика;

- основные строительные решения и организация строительства;

- сведения об охране труда и окружающей среды;

- укрупненные расчеты технико-экономических показателей строительства и будущего производства, оценки коммерческой эффективности инвестиций; финансовый анализ, оценка чувствительности и устойчивости проекта;

- выводы и рекомендации с оценкой экономической эффективности инноваций, перечень научно-исследовательских, опытно-конструкторских, экспериментальных и изыскательских работ, которые необходимы для проектирования, строительства, функционирования и уничтожения объекта.

К бизнес-плану прикладываются ситуационный план, габаритные чертежи наиболее крупных и сложных зданий и сооружений, сводный расчет стоимости строительства.

2 ПРИНЯТИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

2.1 Общие положения

Проектные решения, являющиеся полной информационной моделью объекта проектирования, в зависимости от степени общности бывают общие, частные и элементные.

При проектировании производственной системы принимается множество общих, частных и элементных решений, которые находят свое отражение в итоговом документе.

Принятие проектного решения – специфический вид проектной деятельности, который выполняется в определенной последовательности: обоснование цели и задач проектирования, выбор способов решения проектных задач, сбор информации и изучение состояния вопроса, обоснование возможных альтернативных вариантов проектного решения, выбор оптимального варианта, оценка решения и его документирование. Основными методами, которыми пользуется проектировщик, могут быть:

- анализ и синтез;
- аналогия и ассоциация;
- эмпатия (вхождение в образ), фантазия, интуиция, инверсия (противоположно обычному подходу к решению), эвристика;
- экономический анализ;
- математическое моделирование;
- геометрическое моделирование;
- натурные испытания.

При использовании трех первых групп методов принятое решение на основе одного проекта является субъективным и умозрительным, основанном на опыте и образованности проектировщика. В процессе проектирования производственной системы проектировщик принимает, как правило, технические решения (принятие решения в области финансирования и экономической эффективности, как правило, осуществляет заказчик), где элемент субъективности может привести к ошибке.

В этой связи целесообразно пользоваться методами, позволяющими объективно принять решение на основе сравнения нескольких вариантов проектов. Такие возможности предоставляет моделирование, в первую очередь математическое, так как для работы с математическими моделями может быть привлечена вычислительная техника при наличии специального программного обеспечения.

Задачи, решаемые при проектировании, обычно поликритериальны, т.е. оценивать принятое решение необходимо по многим критериям: качественным и количественным, экономическим, техническим, социальным и

другим. Для решения подобных задач целесообразно использовать системный подход, включающий декомпозицию системы, ее диагностику, математическое описание, качественную и количественную оценки. 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 того или иного варианта 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 (решение хуже, лучше и равно по качеству сравниваемому) или количественной (каждое решение может быть оценено в баллах либо, если решение поддается измерению, в соответствующих единицах).

2.2 Метод экспертных оценок

Метод экспертных оценок применяется для обоснования перспективных видов продукции, выбора технологии, оборудования, основных и вспомогательных материалов и т. п.

Принципиально важной является подготовка анкеты (опросного листа) и выбор специалистов – экспертов. Примеры анкет, на основе которых проводились исследования студентов, приведены в приложении 1, а методика обработки экспертных оценок следующая:

1. Расчет среднего значения $\bar{x}_{ij}$ среднего квадратического отклонения $\bar{S}_{ij}$ по каждому ряду ответов:

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

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

где x_{ij} – оценка j -го эксперта по i -му вопросу; m – количество экспертов.

Сравнивая средние квадратические отклонения ответов по каждому вопросу можно установить в каком из них больше рассеяние ответов экспертов вокруг среднего значения. Таким образом устанавливается устойчивость результатов средней оценки экспертов. Чем меньше среднее квадратическое отклонение, тем более согласованной является оценка экспертов, тем выше коэффициент согласия экспертов $K_{эij}$. Для сравнения устойчиво-

сти оценок разных вопросов можно использовать значение коэффициента вариации, характеризующего относительное рассеяние результата:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Чем меньше коэффициент вариации, тем согласованнее мнение экспертов, тем выше коэффициент согласия экспертов K_{ϑ} и $K_{\vartheta j}$.

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

$$a_{ij \max} = \bar{x}_{ij} + t_{k,p} \frac{S_{ij}}{\sqrt{m}}, \quad (4)$$

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

где $t_{k,p}$ – критерий Стьюдента, определяется по таблицам математических статистик в зависимости от числа степеней свободы ряда наблюдений k ($k=m-1$) и доверительной вероятности p (вероятности попадания «истинного» результата в задаваемый доверительный интервал $\pm \varepsilon$).

3. Статистическое выравнивание ряда исходя из условия:

$$a_{ij \min} \leq x_{ij} \leq a_{ij \max}, \quad (6)$$

с последующим определением статистик $\bar{x}_{ij}$, S_{ij} , V_{ij} для нового ряда.

4. Определение коэффициента согласия экспертов:

$$K_{\vartheta} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\vartheta ij} \cdot m_{ij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}; \quad (7)$$

$$K_{\vartheta ij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}}; \quad (8)$$

где n – количество вопросов в анкете; $n; \forall i=1; m_{ij}$ – число оценок по i -ому вопросу в каждом из выровненных рядов, $\forall i=1; m$.

При $0,5 \leq K_{\vartheta} \leq 1$ мнение экспертов считается согласованным.

В табл. 2 в качестве примера приведены результаты экспертной оценки по определению эффективности производства разных видов фанеры.

Широкое распространение в последние годы для принятия решений получил метод расстановки приоритетов, основанный на экспертной оценке объектов с последующей соответствующей математической обработкой полученных данных.

Таблица 2

Результаты экспертной оценки по определению эффективности производства различных видов фанеры

Вид фанеры	Статистические показатели оценок экспертов						K_o
	x_{ij}	S_{ij}	V_{ij}	a_{ijmin}	a_{ijmax}	$K_{эij}$	
1.1. На фенолформальдегидных клеях	2,6	0,71	27,3	2,1	3,1	0,73	0,79
1.2. На карбамидоформальдегидных клеях	2,0	0,13	6,5	1,9	2,1	0,94	
2.1. Большеформатная	2,8	0,4	14,3	2,51	3,19	0,86	
2.2. Квадратная	1,9	0,71	27,3	1,4	2,4	0,73	
3.1. Березовая	2,8	0,4	14,3	2,51	3,19	0,94	
3.2. Хвойная	1,8	0,4	14,3	1,3	2,3	0,94	
3.3. Березовая (комби)	2,0	0,63	31,5	1,56	2,44	0,68	
3.4. Хвойная (комби)	1,3	0,7	53,8	0,81	1,79	0,46	
4.1. Ламинированная	2,9	0,13	6,5	2,8	3,0	0,94	
4.2. Шлифованная	2,5	0,5	20	2,15	2,85	0,80	
4.3. Нешлифованная	1,3	0,45	34,6	0,98	1,62	0,65	

2.3 Метод расстановки приоритетов

Сущность метода расстановки приоритетов заключается в попарном качественном сравнении конкурирующих объектов (один либо лучше, либо хуже, либо равноценен по какому-то свойству другому) с дальнейшим переходом на количественные оценки и с использованием конкретных значений показателей свойств конкурентов, а при их отсутствии – экспертных оценок. Сравнение проводят в матричной форме, что позволяет в дальнейшем при соответствующей математической обработке получить количественные значения приоритетов конкурирующих решений (объектов) по каждому свойству в отдельности и по комплексу показателей (признаков).

Допустим, в конкурсе участвуют n объектов (систем) $\forall i = 1, n$, характеризуемых m показателями $\forall j = 1, m$. Каждый i -й объект по определенному j -му показателю имеет количественную оценку X_{ij} .

Рассмотрим методику решения задачи.

1. Для качественного сравнения i -х объектов по j -м признакам строят матрицы бинарных отношений (см. ниже) с размером $n \times n$ (в одной матрице сравнивают i -е объекты, i -й объект строки с i -м объектом столбца), а соотношение объектов выражают символами лучше $>$, равно $=$, хуже $<$.

Таких матриц будет столько, сколько показателей принято для оценки объектов, т.е. m . Затем таким же образом сравнивают сами показатели по их приоритетности (весомости) в оценке объектов, для этого строят матрицу размером $m \times m$.

Матрица бинарных отношений

I	1	2	3	...	n
1	=	<	>	...	>
2	>	=	>	...	>
3	<	<	=	...	<
•	•	•	•	...	•
•	•	•	•	...	•
n	<	<	>	...	=

2. Для перехода к количественным оценкам на основе имеющейся информации или с помощью балльной экспертной оценки определяют по каждому показателю, во сколько раз наилучший объект отличается от наихудшего:

$$K_j = \frac{X_{ij \max}}{X_{ij \min}}, \quad (9)$$

где $X_{ij \max}$ – максимальная оценка i -го объекта по j -му показателю; $X_{ij \min}$ – минимальная оценка i -го объекта по тому же признаку.

По найденному коэффициенту K_j определяют коэффициент ω_j , а затем члены a_{ij} матриц смежности A_j , заменяющих матрицы бинарных отношений. Коэффициент ω равен:

$$\omega_j = \left(\frac{K-1}{K+1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right) \cdot \beta_v, \quad \beta_1 = 1, \quad (10)$$

где β_v – поправочный коэффициент, равный на первой итерации $\beta_1 = 1$.

Члены a_{ij} матриц смежности $A_j = ||a_{ij}||$ определяют следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 + \omega & \text{при } X_{ij} > X_{ej} \\ 1 & \text{при } X_{ij} = X_{ej} \\ 1 - \omega & \text{при } X_{ij} < X_{ej} \end{cases} \quad (11)$$

$$A_j = \left\{ \begin{array}{cccccc} a_{11}, & a_{12}, & \dots, & a_{1i}, & \dots, & a_{1n} \\ a_{21}, & a_{22}, & \dots, & a_{2i}, & \dots, & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ a_{i1}, & a_{i2}, & \dots, & a_{ii}, & \dots, & a_{in} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ a_{n1}, & a_{n2}, & \dots, & a_{ni}, & \dots, & a_{nn} \end{array} \right\} \quad (12)$$

т.е. вместо символов лучше $>$, равно $=$, хуже $<$ ставят соответствующее значение a_{ij} .

3. Для определения приоритета каждого i -го объекта по j -му показателю P_{ij} и приоритета показателя P_j вводят понятие мощности критерия L -го порядка $P(L)$, рассчитываемого построчно:

$$P(L) = A \cdot P(L-1), \quad (13)$$

$$P_i(1) = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (14)$$

$$P_j(1) = \sum_{j=1}^m a_j, \quad (15)$$

P_{ij} и P_j определяют из выражения:

$$P_{ij}(L) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{i=1}^n P_{ij}(L)}; \quad (16)$$

$$P_j(L) = \frac{P_j(L)}{\sum_{j=1}^m P_j(L)} \quad (17)$$

при условии:

$$|P_{ij}(L) - P_{ij}(L-1)| \leq E, \quad (18)$$

$$|P_j(L) - P_j(L-1)| \leq E, \quad (19)$$

где E – задаваемая точность расчета, принимаемая равной 0,01.

При достижении заданной точности определяют новое уточненное значение K^* по формуле:

$$K^* = \frac{P_{ij \max}}{P_{ej \min}} \quad (20)$$

и поправочный коэффициент β_v :

$$\beta_v = \frac{K}{K^*}. \quad (21)$$

$$\beta_1 < \beta_v \quad (22)$$

При выполнении условия (22) решение задачи закончено. В противном случае решение возвращается к пункту 2.

4. Комплексную оценку (приоритет) каждого объекта по всем j -м показателям определяют по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} P_j. \quad (23)$$

Чем выше значение приоритета, тем эффективнее проектируемый объект (система).

Рассмотрим на примере использование метода расстановки приоритетов по выбору четырехстороннего продольно-фрезерного станка для обработки в размер по сечению брусковых элементов оконных блоков*. Краткая характеристика станков приведена в табл. 3.

Таблица 3

Краткая характеристика станков

№ п/п	Наименование модели	Страна производитель	Суммарная потребляемая мощность электродвигателей, кВт	Скорость подачи, м/мин	Максимальная ширина обрабатываемой заготовки, мм	Цена, тыс. руб.
1	Profimat 23S (4PM-230/4)	Болгария	20	6 – 12	230	778,5
2	Compact 18S (4FM-180/4)	Россия	16,1	6 – 12	180	562,5
3	Beaver 620	Тайвань	44,1	6 – 45	200	904,5
4	G-240P/6	Италия	38	6 – 30	160	1705,5

* Расчет выполнен инж. Федяевым А.А.

Составляем матрицу бинарных отношений для сравнения оборудования по потребляемой мощности (табл. 4), по скорости подачи (табл. 5), по ширине обрабатываемой заготовки (табл. 6) и по цене (табл. 7), исходя из следующих соображений.

Таблица 4

Матрица сравнения оборудования по суммарной потребляемой

	мощности				
	X	X	X	X	
	1	2	3	4	
X ₁	=	<	>	>	K ₁ =2,74
X ₂	>	=	>	>	ω ₁ =0,58
X ₃	<	<	=	<	
X ₄	<	<	>	=	

В рассматриваемом примере (табл. 3) обработку заготовок требуемого качества могут выполнять станки с минимальной мощностью. С целью экономии энергии, чем меньше потребляется мощность, тем лучше, что и показано в табл. 4.

При сравнении оборудования по скорости подачи исходим из необходимости повышения производительности оборудования, которая зависит от скорости подачи, чем последняя выше, тем больше производительность (табл. 5).

Таблица 5

Матрица сравнения оборудования по скорости подачи

	X	X	X	X	
	1	2	3	4	
X ₁	=	=	<	<	K ₂ =3,75
X ₂	=	=	<	<	ω ₂ =0,69
X ₃	>	>	=	>	
X ₄	>	>	<	=	

Не требует дополнительных пояснений сравнение станков (табл. 3) по ширине обрабатываемой заготовки, чем больше возможности станка, тем лучше, т.к. можно расширять ассортимент выпускаемой продукции (табл. 6).

Таблица 6

Матрица сравнения оборудования по ширине обрабатываемой

	заготовки				
	X	X	X	X	
	1	2	3	4	
X ₁	=	>	>	>	K ₃ =1,44
X ₂	<	=	<	>	ω ₃ =0,29
X ₃	<	>	=	>	
X ₄	<	<	<	=	

Сравнивая оборудование по цене, исходим из необходимости уменьшения капиталовложений, т.е. чем дешевле станок, тем он лучше (знак больше), (табл. 7).

Таблица 7

Матрица сравнения оборудования по цене

	X	X	X	X
	1	2	3	4
X ₁	=	<	>	>
X ₂	>	=	>	>
X ₃	<	<	=	>
X ₄	<	<	<	=

$$K_4=3,03$$

$$\omega_4=0,62$$

Рассчитав значения ω_1 , ω_2 , ω_3 и ω_4 по формуле (10), определяют по выражению (11) члены соответствующей матрицы смежности (табл. 8 – 11). В эти же таблицы заносим последующие расчеты приоритетов по формулам (13, 14, 16).

Таблица 8

Матрица смежности для сравнения оборудования по потребляемой мощности

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	$P_{i1}(1)$	$P^*_{i1}(1)$	$P_{i1}(2)$	$P^*_{i1}(2)$	$P_{i1}(3)$	$P^*_{i1}(3)$
X ₁	1	0,42	1,58	1,58	4,58	0,29	15,96	0,28	55,76	0,28
X ₂	1,58	1	1,58	1,58	5,74	0,36	21,95	0,38	77,75	0,38
X ₃	0,42	0,42	1	0,42	2,26	0,14	8,03	0,14	28,71	0,14
X ₄	0,42	0,42	1,58	1	3,42	0,21	11,32	0,2	39,93	0,2

Таблица 9

Матрица смежности для сравнения оборудования по скорости подачи

	X1	X2	X3	X4	$P_{i2}(1)$	$P^*_{i2}(1)$	$P_{i2}(2)$	$P^*_{i2}(2)$	$P_{i2}(3)$	$P^*_{i2}(3)$
X1	1	1	0,31	0,31	2,62	0,16	8,57	0,15	29,02	0,15
X2	1	1	0,31	0,31	2,62	0,16	8,57	0,15	29,02	0,15
X3	1,69	1,69	1	1,69	6,07	0,38	22,85	0,41	77,91	0,42
X4	1,69	1,69	0,31	1	4,69	0,29	15,42	0,28	51,49	0,28

Таблица 10

Матрица смежности для сравнения оборудования по ширине обрабатываемой заготовки

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	$P_{i3}(1)$	$P^*_{i3}(1)$	$P_{i3}(2)$	$P^*_{i3}(2)$
X ₁	1	1,29	1,29	1,29	4,87	0,3	19,2277	0,31
X ₂	0,71	1	0,71	1,29	3,71	0,23	14,2513	0,22
X ₃	0,71	1,29	1	1,29	4,29	0,27	16,5713	0,27
X ₄	0,71	0,71	0,71	1	3,13	0,2	12,2677	0,2

Таблица 11

Матрица смежности для сравнения оборудования по цене

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	$P_{i4}(1)$	$P^*_{i4}(1)$	$P_{i4}(2)$	$P^*_{i4}(2)$	$P_{i4}(3)$	$P^*_{i4}(3)$
X ₁	1	0,38	1,62	1,62	4,62	0,29	15,79	0,28	53,8	0,28
X ₂	1,62	1	1,62	1,62	5,86	0,37	22,29	0,4	77,41	0,4
X ₃	0,38	0,38	1	1,62	3,38	0,21	10,83	0,19	37,3	0,19

X ₄	0,38	0,38	0,38	1	2,14	0,13	7,41	0,13	25,99	0,13
----------------	------	------	------	---	------	------	------	------	-------	------

При достижении условия (18, 22) расчеты приоритетов оборудования по единичным показателям завершены.

Для определения комплексного приоритета необходимо прежде всего установить приоритеты (весомость влияния на общую оценки) единичных показателей: потребляемой мощности, скорости подачи, ширины обрабатываемой заготовки и цены. Воспользуемся методом экспертных оценок (раздел 2.2).

Результаты экспертной оценки сведены в табл. 12.

Таблица 12

Экспертная оценка приоритетов показателей

№ п/п	Наименование показателя	Бальные оценки, выставленные соответствующим экспертом									Среднее значение балла	$K_{эij}$	$K_{э}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Потребляемая мощность	1	3	2	3	2	2	2	1	1	1,89	0,59	0,63
2	Скорость подачи	4	4	4	2	1	3	3	4	3	3,11	0,66	
3	Ширина обрабатываемой заготовки	2	2	1	1	3	1	1	2	2	1,67	0,57	
4	Цена	3	1	3	4	4	4	4	3	4	3,33	0,69	

Зная количественное значение весомости показателя (среднее значение оценки экспертов), выполняем расчеты аналогичные определению приоритетов единичных показателей. Строим матрицу бинарных отношений (табл. 13), по формулам 9 и 10 находим значения K_j и ω_j , затем строим матрицу смежности (табл. 14), предварительно заменив символы «>, =, <» на числовые значения по выражению 11.

Таблица 13

Матрица бинарных отношений

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	
Y ₁	=	<	>	<	K_j $=1,99$ ω_j $=0,44$
Y ₂	>	=	>	<	
Y ₃	<	<	=	<	
Y ₄	>	>	>	=	

Таблица 14

Матрица смежности для сравнения показателей, характеризующих оборудование

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	$P_j(1)$	$P_j^*(1)$	$P_j(2)$	$P_j^*(2)$
Y ₁	1	0,56	1,44	0,56	3,56	0,22	12,88	0,21
Y ₂	1,44	1	1,44	0,56	4,44	0,28	16,40	0,28
Y ₃	0,56	0,56	1	0,56	2,68	0,17	10,14	0,17
Y ₄	1,44	1,44	1,44	1	5,32	0,33	20,7	0,34

Зная приоритеты оборудования по единичным показателям и приоритеты показателей, строим итоговую матрицу для расчета комплексного приоритета станка (табл. 15) по формуле 23.

Таблица 15

Итоговая матрица

Модель станка	Приоритет станка по единичным показателям				Приоритет показателя		Комплексный приоритет станка
	1	2	3	4	номер	значение	
Profimat 23S	0,28	0,15	0,31	0,28	1	0,21	0,25
Compact 18S	0,38	0,15	0,22	0,4	2	0,28	0,29
Beaver 620	0,14	0,42	0,27	0,19	3	0,17	0,26
G-240P/6	0,2	0,28	0,2	0,13	4	0,34	0,2

Из табл. 15 видно, что максимальным приоритетом обладает станок Compact 18S, который и будет принят проектировщиком для формирования технологического процесса изготовления оконных блоков.

3 ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ КАК ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА

3.1 Классификация деревообрабатывающих производств

Под *производством* понимают один из четырех видов операционной деятельности /7/, направленный на преобразование исходных сырья и материалов в продукцию с последующей её реализацией (рис. 1).

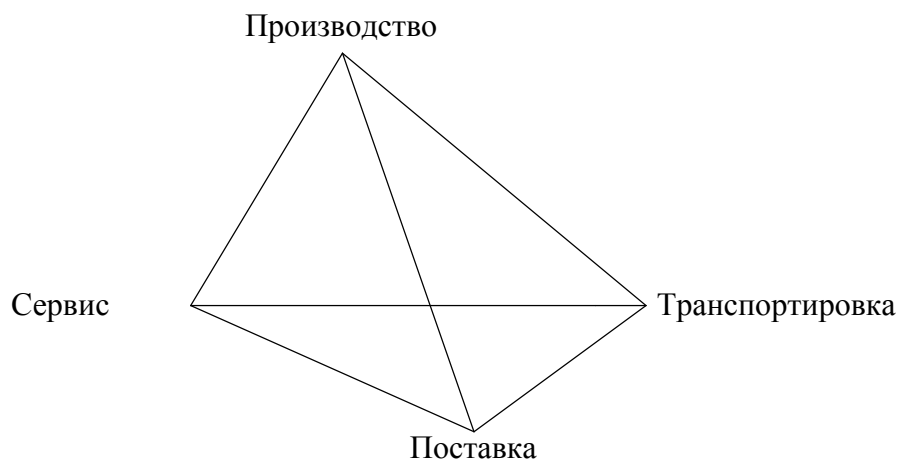


Рис. 1 Тетраэдр операций (по Armistead и Killeya) /7/

Производство продукции реализуется на различных предприятиях, которые можно классифицировать по многим признакам, в том числе по:

- объему производства или размеру: малые, средние, крупные;
- отраслевой принадлежности: лесозаготовительные, лесопильно-деревообрабатывающие, целлюлозно-бумажные, мебельные и др. (рис. 2);
- широте производственного профиля: специализированные и диверсифицированные;
- организационно-правовой форме: ОАО – открытое акционерное общество; ЗАО – закрытое акционерное общество; ООО – общество с ограниченной ответственностью и др.

Специализированные предприятия выпускают конструктивно и/или технологически однородную продукцию, например, только пиломатериалы, или только фанеру, или только корпусную мебель и т.д.

Диверсифицированные предприятия изготавливают не один, а несколько видов товара с использованием как одного, так и несколько видов исходных сырья и материалов. Широко распространенными в лесоперерабатывающей отрасли являются и прямая, и обратная диверсификация на базе одного ресурса – древесины.



Рис. 2 Лесоперерабатывающие производства

Под прямой диверсификацией понимают развитие производства с расширением ассортимента продукции путем углубления степени переработки древесины, например на базе специализированного лесопильного завода создается цех по изготовлению клееных брусков и балок, что позволит повысить эффективность производства. Обратная диверсификация предполагает развитие производственного процесса вниз по технологической цепочке, например организация на лесопильном заводе лесозаготовительного цеха, что позволяет снизить транзакционные издержки.

Каждое предприятие является элементом системы экономических отношений страны и представляет собой сложную *производственную систему* (рис. 3, 4), набор элементов которой зависит от размера предприятия, его организационно-правовой формы и других факторов.

Элементы производства (рис. 4) классифицируют по способу формирования затрат (рис. 5) /11/.

3.2 Классификация производственных процессов

В основе производственной системы находятся производственные процессы (рис. 6), экономической сущностью которых является создание добавочной стоимости. Чем глубже степень переработки сырья, тем выше добавочная стоимость. Под производственным процессом понимают совокупность трудовых и естественных процессов, в результате взаимодействия которых сырье и материалы преобразуются в готовую продукцию. Производственные процессы классифицируют по многим признакам, к основным из которых относят:

- отношение к труду:
 - трудовые, выполняемые с участием человека;
 - естественные;
- назначение:
 - основные;
 - вспомогательные;
- размер партии предметов труда:
 - единичные;
 - серийные: мелкосерийные, среднесерийные, крупносерийные;
 - массовые;
- характер движения предметов труда:
 - непрерывные;
 - дискретные;
- стадийность:
 - заготовительные;
 - обрабатывающие;

- сборочные.

На специализированных лесопильных заводах реализуются обрабатывающие производственные процессы с различными размерами партии предметов труда. Диверсифицированные лесопильно-деревообрабатывающие предприятия могут включать и заготовительные (валка леса), и обрабатывающие (лесопиление, сушка пиломатериалов, механическая обработка пиломатериалов и др.), и сборочные (например сборка оконных блоков) процессы.

Основой производственного процесса (рис. 6) *являются технологические процессы*, в результате выполнения которых изменяются форма, размеры и/или свойства предметов труда. В результате выполнения операции, например раскроя пиловочника на пиломатериалы изменяется его форма и размеры, а операции сушки и пропитки древесины направлены на изменение свойств древесины.

Одной из основных характеристик производственного процесса является производственный цикл выпуска продукции от длительности которого зависит как производительность труда на отдельной операции, так и производственная мощность предприятия.

В соответствии со структурой производственного процесса (рис. 6.) продолжительность производственного цикла (рис. 7) включает в себя время на выполнение технологических операций, транспортирование предмета труда, контроль его качества и продолжительность хранения. Так, производственный цикл выпуска сухих обрезных пиломатериалов включает в себя (при наличии сырья на складе) время на определение размерно-качественных характеристик (сортирование и учет) пиловочника, время на транспортирование пиловочника к окорочному станку, продолжительность окорки, время на транспортировку окоренного пиловочника к бревнопильному станку, продолжительность раскроя пиловочника на пиломатериалы, продолжительность транспортирования пиломатериалов на дальнейшую технологическую обработку (снятие обзола, торцевание), время на обработку пиломатериалов, продолжительность транспортировки пиломатериалов к сортировочной линии (участку сортирования), время на транспортировку пиломатериалов к штабелеукладчику и формирование штабеля, продолжительность загрузки пиломатериалов в сушильную камеру, время сушки пиломатериалов, продолжительность выгрузки пиломатериалов и их выдержки после сушки, время на сортирование, маркировку и упаковку сухих пиломатериалов. Основные затраты времени приходятся на сушку пиломатериалов.

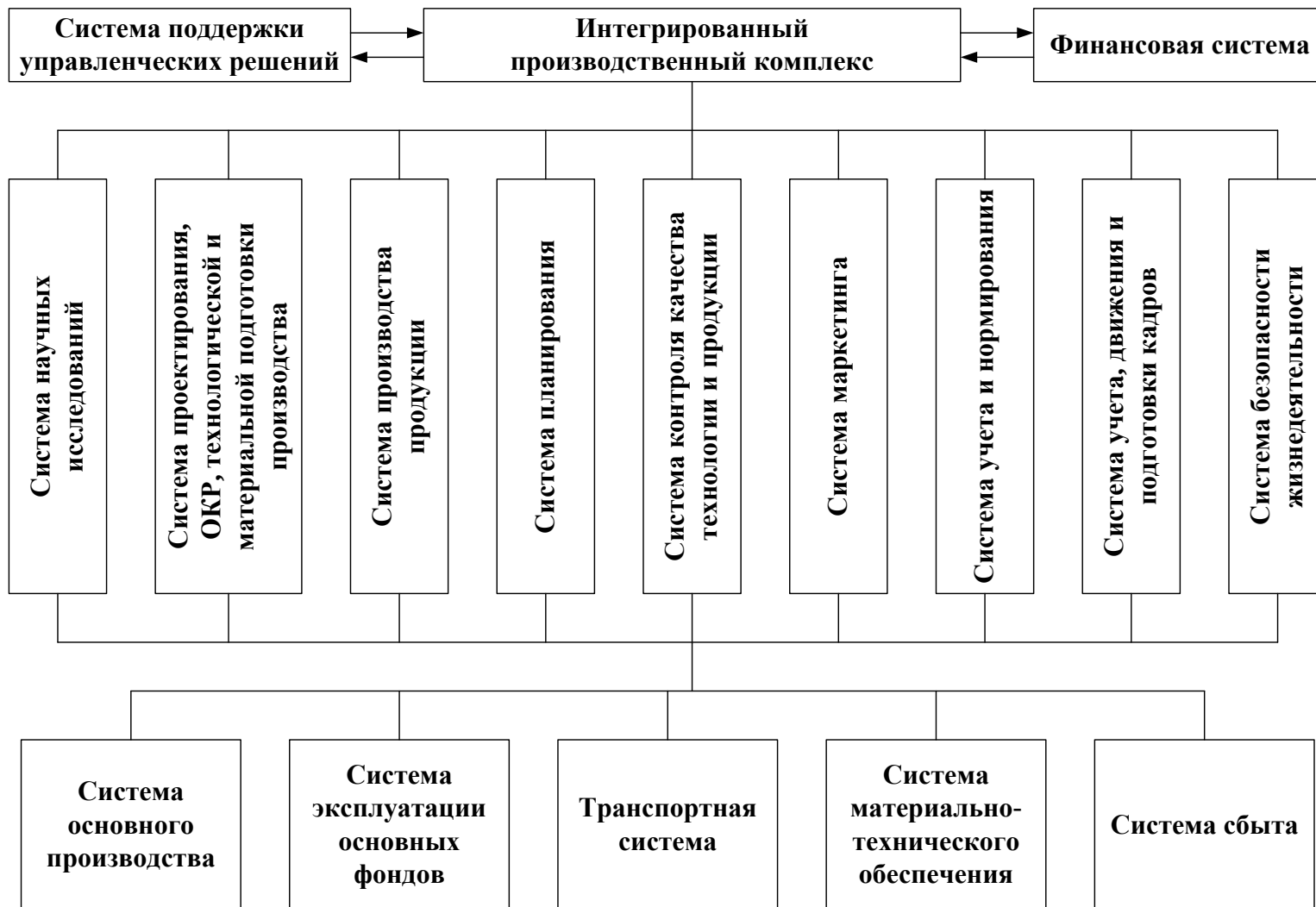


Рис. 3 Структура интегрированного производственного комплекса

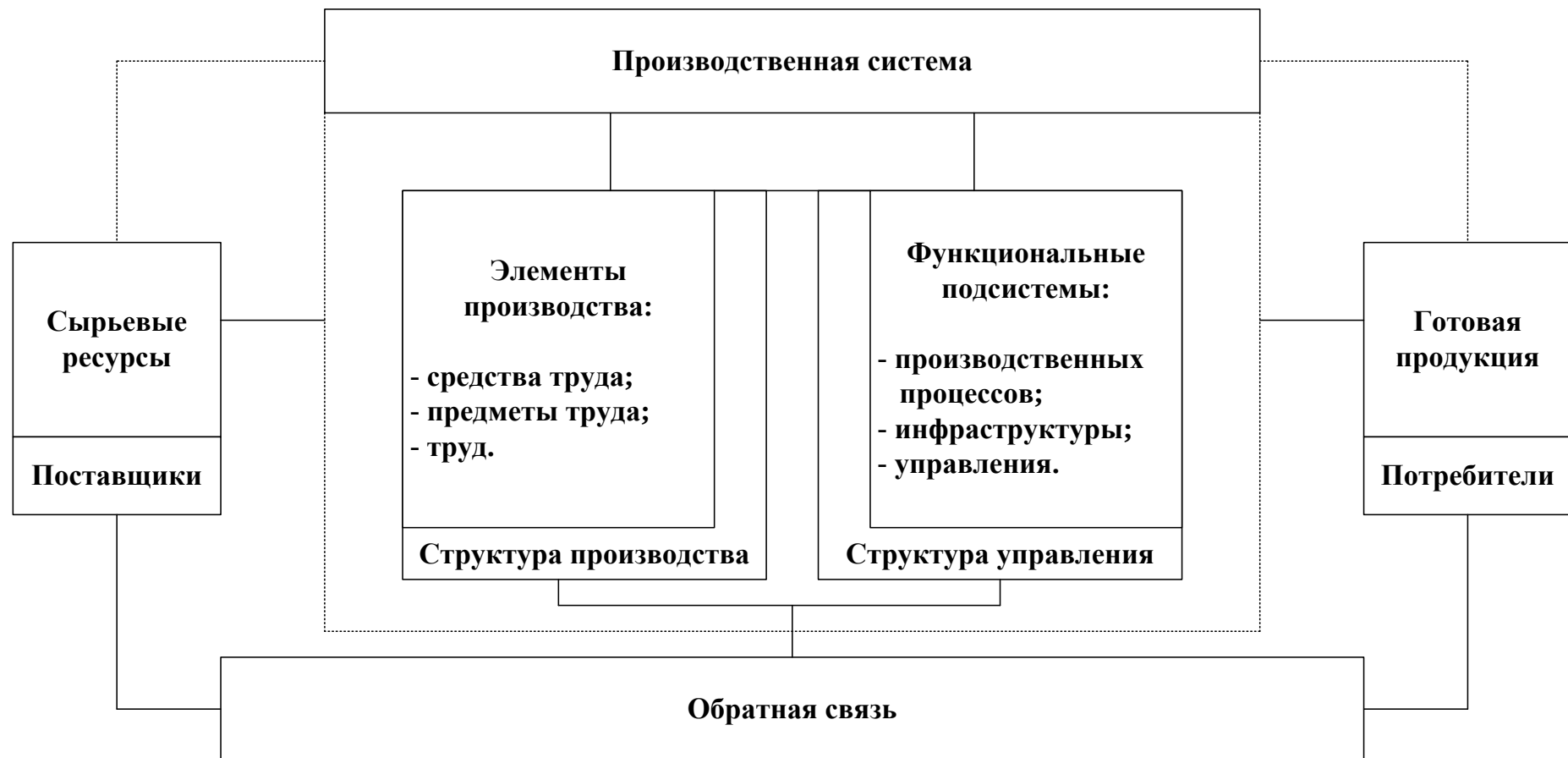


Рис. 4 Производственная система



Рис. 5 Классификация элементов производства по способу формирования затрат

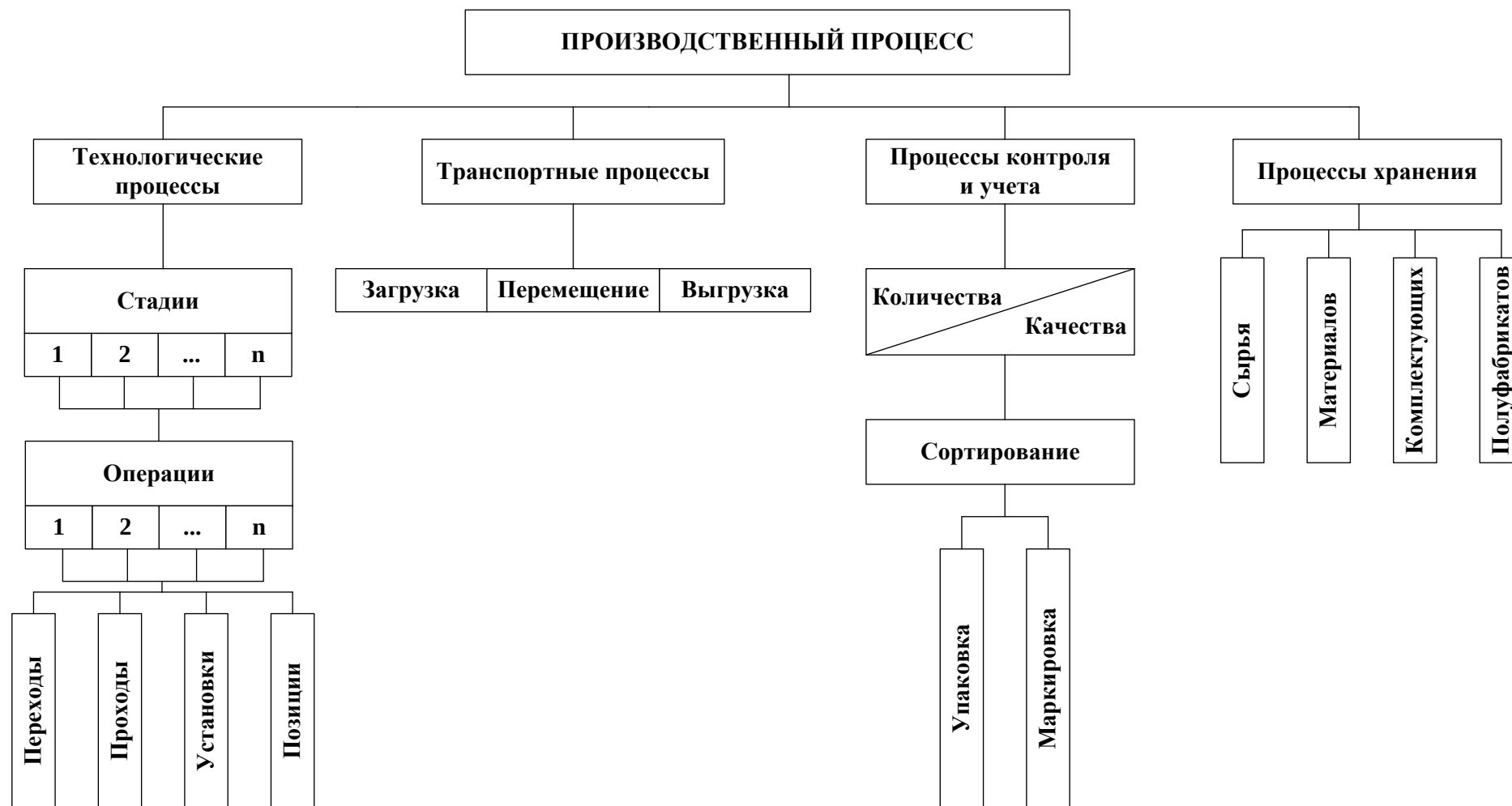


Рис. 6 Структура производственного процесса

Анализ производственного цикла выпуска сырых пиломатериалов показывает, что этот процесс, исходя из классификационных признаков, относится к простым, непрерывным, обрабатывающим процессам с малой глубиной переработки сырья и относительно низкой добавочной стоимостью.



Рис. 7 Производственный цикл выпуска нового продукта

Сложными процессами характеризуется производство изделий из древесины, например оконных и дверных блоков, деревянных домов заводского изготовления. Длительность производственного цикла сложных процессов определяется, исходя из длительности циклов последовательно связанных между собой простых процессов и межцикловых перерывов.

Производственный цикл выпуска продукции существенно удлиняется для товаров с коротким жизненным циклом (мебель), при частой смене ассортимента, работе по индивидуальным и мелкооптовым заказам (оконные и дверные блоки, мебель).

Организация производственных процессов основана на следующих основных принципах:

- технологической специализации потоков предметов производства;
- прямоточности движения предмета производства (без возвратных и петлеобразных движений), что важно учитывать при размещении оборудования на участке, в цеху;
- гибкости процесса, что позволяет изготавливать в одном потоке большой ассортимент продукции без дополнительных затрат времени на переналадку оборудования;

- пропорциональности (кратности производительности оборудования, входящего в один процесс);
- непрерывности (без создания буферных запасов);
- параллельности, т.е. одновременного изготовления полного комплекта деталей на основе сетевого графика процесса;
- ритмичности, обеспечивающей выпуск одноименной продукции через определенный интервал времени.

К основным производственным процессам деревообрабатывающих предприятий относят:

Лесопильное производство:

- хранение сырья;
- разделка хлыстов;
- сортирование пиловочника;
- окорка сырья;
- лесопиление;
- обработка и сортирование пиломатериалов и др.

Фанерное производство:

- хранение сырья;
- гидротермическая обработка древесины;
- окорка и разделка сырья;
- лущение и сушка шпона;
- склеивание шпона и обработка фанеры;
- сортирование, маркировка и упаковка продукции и др.

Производство столярно-строительных изделий и мебели:

- первичная механическая обработка, как правило, раскрой;
- склеивание и облицовывание;
- вторичная механическая обработка;
- сборка (комплектовка);
- создание защитно-декоративных покрытий.

Основным технологическими направлениями подготовки деревообрабатывающих производств являются следующие:

А. Лесопильное производство:

- обоснование объемного, качественного и сортиментного выхода пиловочника из хлыста; оптимизация раскроя;
- обоснование объемного, качественного и сортиментного выхода пиломатериалов; оптимизация раскроя;
- обоснование режимов сушки древесины;
- оптимизация раскроя пиломатериалов на заготовки;
- исследование сортобразования пиломатериалов;
- исследование точности и качества обработки пиломатериалов;

- обоснование материалов и параметров режимов защитной обработки пиломатериалов (антисептирование, антипирирование и т.п.) и др.

Б. Фанерное производство:

- обоснование количественного и качественного выхода шпона из чурака;

- обоснование параметров режимов гидротермической обработки древесины, лущения, сушки и склеивания шпона;

- оптимизация наборов толщин шпона;

- исследование свойств фанеры и других материалов из шпона;

- исследование и обоснование рецептуры клеев и защитно-декоративных материалов;

- исследование и обоснование структуры слоистых материалов из шпона;

- исследование сортообразования фанеры и других материалов из шпона и др.

В. Производство столярно-строительных изделий:

- обоснование объемного и качественного выхода заготовок из пиломатериалов;

- исследование прочности и деформаций отдельных элементов и сборочных единиц оконных и дверных блоков;

- исследование точности обработки и шероховатости поверхности деталей;

- исследование теплотехнических, шумопоглощающих и других характеристик оконных и дверных блоков;

- исследование и обоснование рецептуры клеев и защитно-декоративных материалов;

- обоснование норм расхода сырья и материалов и др.

Г. Производство мебели:

- исследование и обоснование архитектурно-художественных решений, эргономических и антропометрических характеристик изделий мебели;

- исследование прочностных характеристик изделий и их отдельных элементов;

- исследование надежности и устойчивости изделий;

- исследование механических свойств отдельных деталей и сборочных единиц изделий мебели (прочности шиповых соединений, мягкости элементов и др.);

- исследование и обоснование рецептуры клеев и лакокрасочных материалов;

- исследование размерной точности отдельных элементов, сборочных единиц и изделий;

- обоснование норм расхода сырья и материалов и др.

3.3 Процедуры технологического проектирования производственных систем

Основными процедурами технологического проектирования и подготовки производства являются:

- анализ продукции, намечаемой к выпуску, на основе маркетинговых и технологических исследований;
- анализ сырья и материалов;
- расчеты производственной мощности;
- анализ типовых технологических процессов, передовых техники и технологии, организации работ;
- определение последовательности и содержания технологических операций;
- выбор оборудования и его расчет;
- разработка вариантов индивидуальных технологических процессов и их анализ; выбор оптимального варианта;
- анализ и разработка систем управления технологическими процессами;
- разработка технологических инструкций, выбор, обоснование и расчеты режимов обработки;
- выбор и расчеты инструмента и технологической оснастки;
- выбор и расчеты транспортных средств;
- расчеты площадей рабочих мест, внутрицеховых складов, вспомогательных отделений цеха;
- разработка плана цеха с расположением оборудования;
- определение профессионального состава основных рабочих;
- расчеты пооперационных норм выработки и норм времени;
- расчеты норм расхода сырья и материалов;
- расчеты среднего коэффициента сортности продукции;
- расчеты норм расхода вспомогательных материалов
- расчеты потребного количества электроэнергии, пара, сжатого воздуха, топлива и воды на технологические нужды;
- установление критериев оценки качества технологических операций, полуфабрикатов и продукции;
- установление форм, методов и средств контроля качества; организация контроля;
- разработка основ систем учета сырья и материалов;
- анализ основных видов брака и причин дефектов, разработка мер по их недопущению;
- анализ трудоемкости и себестоимости продукции;
- анализ безопасности труда и окружающей среды.

4 МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Общие положения

Анализ содержания проектирования (разд. 1), проектных процедур показывает, что принятие проектных решений должно осуществляться на основе выбора приоритетного объекта из известных на рынке. Это относится как к выбору площадки для строительства, конструктивного решения здания (сооружения), так и к принятию технических решений: выбору технологического процесса, оборудования, инструмента, систем отопления, вентиляции, освещения, энергообеспечения и т.д. Вот почему, анализ различных рынков принципиально важен при проектировании предприятий, в том числе и лесопильно-деревообрабатывающих.

Исследование рынка направлено на обоснование конкурентных преимуществ товара (рис. 8) путем изучения как конъюнктуры товарного рынка, так и коммерческой деятельности участников рынка: покупателей и производителей. Определение конкурентных преимуществ товара строится на базе принятых (ой) стратегий конкуренции (рис. 9), предусматривающих при проектировании производства:

- выпуск продукции, соответствующей запросам потребителя;
- углубление переработки сырья и широкий ассортимент продукции на его основе в соответствии с потребностями целевых рынков;
- применение технологий, оборудования, структуры управления, кадрового потенциала и т.п., обеспечивающих снижение издержек на производство продукции;
- обоснование производственной мощности предприятия как на основе спроса на продукцию, так и с учетом наличия сырьевых ресурсов и т.д.

Как правило, маркетинговые исследования рынка древесных материалов (пиломатериалов, фанеры, древесных плит из измельченной древесины, столярных плит, клееных щитов из цельной древесины), во многих случаях являющихся товарами-заменителями, включают:

- техническое описание продукции с указанием сортов, сортообразующих пороков и дефектов, области ее применения и конкурентных преимуществ;
- цены на продукцию и основные ценообразующие факторы;
- анализ лесосырьевой базы в регионе размещения производства;
- сравнительный анализ эксплуатационных свойств товаров-заменителей и основного продукта;
- перечень потребителей продукции по странам и регионам, объемы потребления по сортам, с указанием специфических требований;

- перечень производителей-конкурентов по странам и регионам, объемы производства по сортам в натуральном и денежном выражении;
- определение потенциала и емкости сегмента рынка.

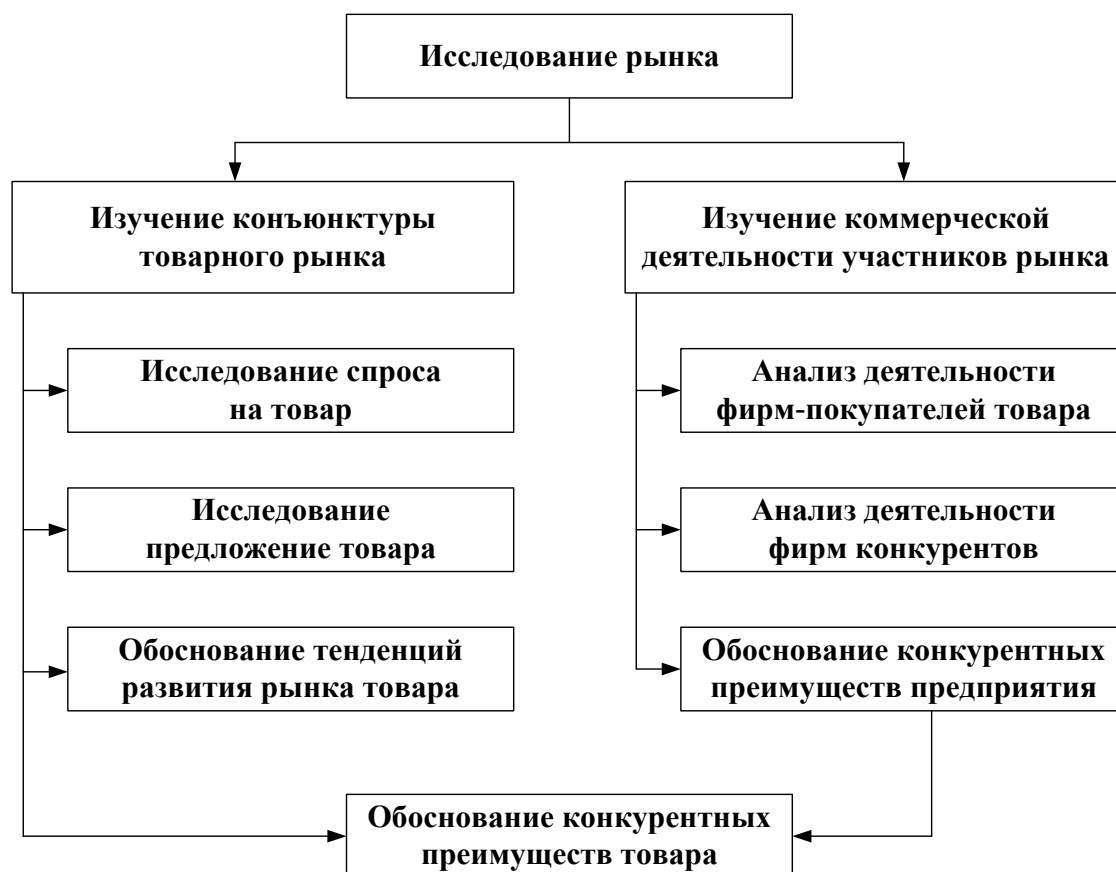


Рис. 8 Алгоритм исследования рынка

4.2 Древесные материалы, развитие их производства и потребления

Потенциальная экономически доступная ресурсная база для производства древесных материалов по разным оценкам составляет от 250 до 350 млн. м³ древесины из общей годовой расчетной лесосеки, оцениваемой в объеме от 400 до 600 млн.м³ (табл. 16).

В мировой практике к основным древесным конструкционным материалам относят: пиломатериалы, фанеру, классические древесно-стружечные плиты, плиты из крупномерных ориентированных частиц (OSB), древесноволокнистые плиты. Классификация основной продукции деревоперерабатывающих производств представлена на рис. 10 и в табл. 17, 18. Сравнительные характеристики свойств основных пород древесины, древесных материалов, объемы их производства и экспорта представлены в табл. 19, 20, 21, 22.



Рис. 9 Стратегии конкуренции

Пиломатериалы изготавливают из древесины хвойных и лиственных пород. В зависимости от размеров и формы поперечного сечения основные виды пиломатериалов производят в виде досок (ширина в два и более раз превышает толщину), брусков, у которых ширина меньше двойной толщины, и брусьев с шириной и толщиной более 100 мм. Брусья могут быть двух-, трех- или четырехкантными по числу пропиленных сторон.

Пиломатериалы классифицируют по породе древесины, сорту (количеству сортобразующих пороков), углу наклона волокон к кромке (радиальные и тангентальные) наличию обзола (обрезные и необрезные), а также по размерам в соответствии с ГОСТ 24454 и 2695. Толщина хвойных пиломатериалов от 16 до 250 мм, ширина от 75 до 275, длина от 1 до 6,5 м с установленной стандартами градацией.

Пиломатериалы классифицируют также по влажности: сырые, сухие транспортной влажности, сухие технологической (в зависимости от вида дальнейшей обработки) влажности; по виду обработки поверхности: нестроганные (поверхность обработана методом пиления), строганные (поверхность обработана методом цилиндрического или торцового фрезерования).

К основным сортобразующим порокам и дефектам пиломатериалов относят: сучки, трещины, ненормальные окраски и гнили, дефекты обработки, включая несоответствие точности размеров стандартам, и другие.

Фанеру изготавливают путем склеивания 3-х и более слоев лущеного шпона. В зависимости от условий эксплуатации и функционального назначения фанеру производят: общего назначения (ГОСТ 3916) повышенной водостойкости на фенолоформальдегидных клеях (ФСФ) и водостойкую на карбамидоформальдегидных клеях (ФК), авиационную, облицованную строганым шпоном, декоративную (облицованную пленками на основе бумаг, пропитанных смолами), бакелизованную, для щитовой опалубки, для авто-, вагоно- и контейнеростроения. Фанеру изготавливают как из лиственного шпона, преимущественно березового, так и из хвойного (преимущественно ели, сосны, лиственницы); фанеру считают изготовленной из той породы древесины, из которой изготовлены её наружные слои.

Свойства фанеры и других клееных материалов из шпона зависят от многих влияющих факторов: породы древесины, вида клея, конструкции пакета шпона (его слойности и направления волокон в смежных слоях шпона), способа нанесения клея на шпон, параметров режима склеивания, способа и материалов для облагораживания поверхности и др.

Для каждого вида фанеры регламентированы свои размерные характеристики, так толщина всех марок фанеры находится в диапазоне от 1,0 до 30,0 мм, а фанерных плит - от 8 до 78 мм. Основные форматы фанеры: 1525x1525мм, 1830x1220мм, 2440x1220мм, 1525x3050мм.

Таблица 10

Общие и доступные к эксплуатации лесные ресурсы Российской Федерации и Федеральных округов, млн. м³

Показатели	Российская Федерация	Центральный	Северо- Западный	Южный	Приволжский	Уральский	Сибирский	Дальне- восточный
Общий запас леса	81866,7	3699,4	9907,6	707,4	5308,2	7693,4	33650,6	20899,4
Годичный прирост	970,4	70,5	130,1	10,1	106,0	93,1	353,7	207,1
Расчетная лесосека	553,5	34,0	102,7	1,3	57,1	61,5	204,0	92,9
Расчетная лесосека, возможная	437,5	34,0	95,4	1,3	57,1	49,8	145,4	54,5
Рубки ухода	35,0	8,4	5,2	1,2	8,5	5,0	5,0	1,7
Общий расчетный объ- ем возможных лесозаготовок	472,5	42,4	100,6	2,5	65,6	54,0	150,4	56,2

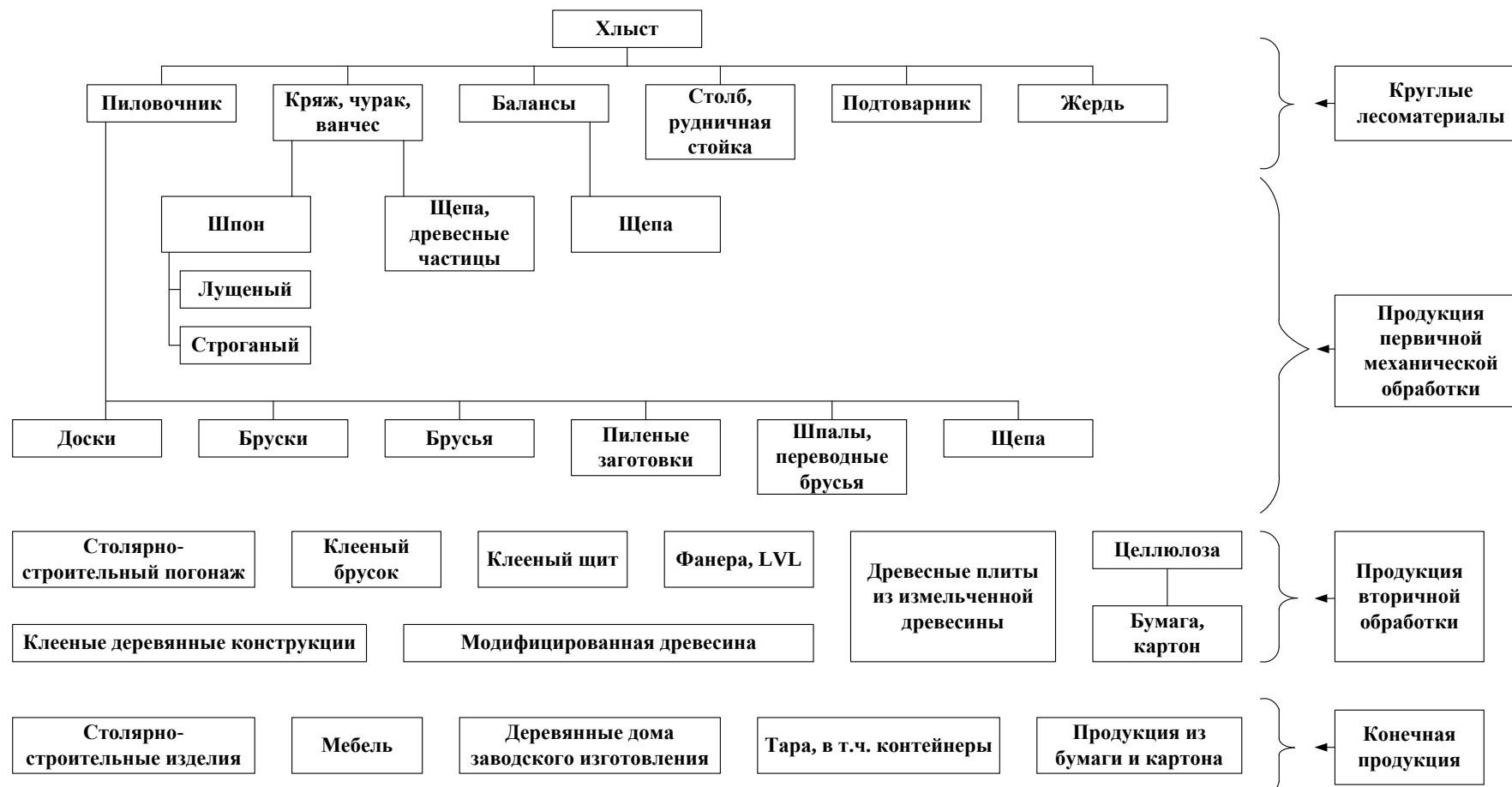


Рис. 10 Классификация основной продукции деревоперерабатывающих производств

Таблица 17

Продукция деревоперерабатывающих производств (из круглых лесоматериалов)

Сырьё	Продукция первичной механической переработки			
	Основная		Побочная	
	Наименование	Область применения	Наименование	Область применения
Пиловочник	Пиломатериалы: - доски - бруски - брусья - шпалы и переводные брусья - пиленые заготовки	Производство столярно-строительных изделий и погонажа, мебели; деревянное домостроение; строительство дорог	Щепа	Производство целлюлозы, древесных плит из измельченной древесины
Кряж, чурак, ванчес	Шпон: - лущеный - строганый	Производство фанеры, облагораживание плитных материалов	Древесные частицы, щепа	Производство древесных плит из измельченной древесины
Балансы	Щепа	Производство целлюлозы		

Таблица 18

Продукция деревообрабатывающих производств

Сырьё	Продукция	
	Наименование	Область применения
Пиломатериалы	Столярно-строительный погонаж (половой шпунт, вагонка, строганные пиломатериалы, плинтус, наличник и т.д.)	Строительство
	Клееный брус	Производство оконных и дверных блоков
	Клееные деревянные конструкции	Промышленное и гражданское строительство, строительство мостов
	Модифицированная древесина (уплотненная, антисептированная, термообработанная и др. виды)	Строительство, мебельное производство
	Строительные элементы из древесины (стеновые панели, арки, фермы, балки и т.п.)	Деревянное домостроение, строительство
	Паркет, паркетная доска, паркетный щит	Строительство
	Мебельные заготовки	Производство мебели
Шпон лущеный	Фанера, включая специальные виды	Строительство, в т.ч. деревянное домостроение; мебельное производство
	LVL (клееные конструкционные материалы из шпона)	Строительство, в т.ч. деревянное домостроение
Шпон строганый	Облицовочный слой для отделки заготовок	Мебель, столярно-строительные изделия
Щепа	Древесные частицы для плитных материалов	Производство ДСтП, ДВП, МДФ

Таблица 19

Физико-механические свойства хвойных пород древесины

Порода древесины	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии вдоль волокон, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при растяжении вдоль волокон, МПа	Прочность при скалывании, МПа	Модуль упругости, ГПа	Биостойкость (потеря массы древесного образца, %, от воздействия <i>Coniofora puteana</i>)	
							Ядро	заболонь
Лиственница (<i>Larix spp</i>)	640	56,7	98,5	119,5	8,7	13,8	-	-
Лиственница (<i>Larix sibirica</i>)	660	61,5	97,8	120,5	14,9		23,30	32,15
Сосна (<i>Pinus spp</i>)	470	39,6	71,8	84,1	6,2	11,9	-	63,80
Ель (<i>Picea spp</i>)	450	39,0	70,3	70,3	6,3	9,3	-	-
Пихта (<i>Abies spp</i>)	380	34,4	60,3	65,6	5,8	8,7	-	-

Таблица 20

Свойства древесных материалов для деревянного домостроения

Наименование свойства	Ед. измер	Наименование материала							
		Пиломатериалы хвойные:			Фанера на водостойких клеях		ДСтП на водостойких клеях	OSB/3	MDF
		сосна	ель	лиственница	хвойная	лиственная			
Толщина	мм	25-50	25-50	25-50	9-30	3-30	6-30	6-38	6-30
Плотность	кг/м ³	470	450	640	450-650	550-700	600 - 700	600 - 700	650-800
Прочность при изгибе	МПа	71,8	70,3	98,5	60-80	60-100	15-25	55-65	20-35
Прочность при скалывании*	МПа	6,2	6,3	8,7	1,0	березовая 1,5	0,14-0,75	0,26-0,50	0,50 - 0,70
Модуль упругости	ГПа	11,9	9,3	13,8	9,0-11,0	10,0-12,0	2,5-3,5	9,0-10,0	2,0-3,5
Стабильность размера по длине (диапазон изменения относительной влажности воздуха от 35 до 85 %)	%	0,1	0,1	0,1	0,06 - 0,07	0,06 - 0,07	0,25-0,3	0,25-0,3	0,25 - 0,3
Возможность применения для наружных работ	-	да	да	да	да	да	нет	да	нет
Сравнительная биостойкость	-	средняя	средняя	высокая	высокая	средняя	низкая	средняя	низкая

Примечание:

* - для фанеры: прочность при скалывании по клеевому слою после кипячения образцов в течение 1 часа; - для плит из измельченной древесины (ДСтП, OSB, MDF): прочность при отрыве поперек пласти (растяжение перпендикулярно пласти).

Таблица 21

Свойства древесных материалов для изготовления мебели

Наименование свойства	Ед. изм.	Наименование материала					
		Пиломатериалы			Фанеры листвен- ная, необлагоро- женная	ДСтП ламини- рованная	MDF
		хвойные	лиственные				
			кольцесосудистые	рассеяннососудистые			
Толщина	мм	25-50	25-50	25-50	3-30	6-30	6-30
Плотность	кг/м ³	420	500	450	550-700	600-700	650-800
Прочность при изгибе	МПа	69-85	103-128	68-110	60-100	15-25	20-35
Технологичность сравнительная	-	средняя	низкая	средняя	высокая	высокая	средняя
Влаго- и атмосферо- стойкость сравни- тельная	-	высокая	высокая	высокая	высокая	средняя	средняя
Архитектурно- художественная вы- разительность	-	высокая	высокая	высокая	средняя	низкая	средняя
Сравнительная био- стойкость	-	средняя	средняя	средняя	высокая	высокая	высокая
Токсичность	-	низкая	низкая	низкая	средняя	высокая	средняя

Таблица 22

Производство и экспорт древесных продуктов в Российской Федерации

Продукция	Объём производства/экспорта по годам								
	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2009	2009/2007	2007/1985 %
Пиломатериалы, млн. м ³	80/7,6	75/7,4	26,5/4,9	20/7,8	20,8/14,5	23,2/16,3	17,9	72,2	29/215
Фанера, тыс. м ³	1594/410	1597/254	939/691	1484/974	2551/1510	2763/1720	2106,6	76,2	173/420
Древесно- стружечные пли- ты, тыс. м ³	4672/298	5568/46	2206/110	2335/135	4046/226	5261/652	4561,9	86,7	113/219
Древесно- волокнистые плиты, млн. м	453/72	483/15	234/46,2	278/87	378/98	477/268	295,7	62,0	105/372

Большеформатная фанера, один из размеров (по длине или ширине) которой превышает 1525 мм, в большей степени соответствует требованиям строительного модуля (600 мм) и широко востребована в строительстве.

У фанеры общего назначения сорт зависит от качества и количества сортообразующих пороков и дефектов у наружных слоев шпона (лицевого и оборотного). Сорта фанеры обозначают двумя разделенными символами: E/E, I/I, II/II, III/III, IV/IV, E/I, I/II, II/III, III/IV, E/II, I/III, II/IV, E/III, I/IV - для лиственной фанеры и такими же символами, но с индексом "х" (например Ix/Ix) - для хвойной.

Фанеру общего назначения разделяют не только по сортности, но и по содержанию свободного формальдегида (классы эмиссии E1 и E2), степени механической обработки поверхности: нешлифованная (НШ), шлифованная с одной стороны (Ш1), с двух сторон (Ш2). Требования к шероховатости поверхности (степени разрыхленности поверхности древесины) зависят не только от способа обработки поверхности, но и от породы древесины, из которой изготовлена фанера.

Для нешлифованной фанеры лиственных пород один из показателей, характеризующих шероховатость поверхности R_m , должен быть не более 200 мкм, для хвойной - не более 320 мкм, а шлифованной - не более 100 и 200 мкм, соответственно.

Древесные плиты из измельченной древесины классифицируют следующим образом:

- древесностружечные плиты (particleboard), ДСтП;
- древесностружечные плиты с ориентированными крупномерными частицами (oriented strand board), OSB;
- древесноволокнистые плиты (fiberboard), ДВП:
 - мягкие, ДВПм;
 - средней плотности (medium density), ДВПсп (MDF);
 - твердые, ДВПт.

ДСтП общего назначения (ГОСТ 10632) изготавливают на карбами-доформальдегидных смолах с классом токсичности E1 и E2, марок П-А и П-Б, с обычной и мелкоструктурной поверхностью, шлифованные и нешлифованные. Плиты повышенной водостойкости в нашей стране, как правило, изготавливают с применением фенолоформальдегидных смол. Облицованные пленками на основе термореактивных полимеров ДСтП выпускают трех групп качества А, Б, У (ГОСТ Р52078).

Древесноволокнистые плиты в соответствии с ГОСТ 4598 в зависимости от плотности определяют следующим образом:

- мягкие ($100 - 400 \text{ кг/м}^3$);
- полутвердые ($400 - 800 \text{ кг/м}^3$);
- твердые (не менее 800 кг/м^3);

- сверхтвердые (950 кг/м³).

По Европейскому стандарту EN 622 производят плиты средней плотности (MDF), которые находят сегодня широкое применение в производстве мебели, вытесняя древесностружечные плиты, в первую очередь, для производства фасадных элементов, т.к. MDF позволяют выполнять на их поверхности по пласти торцовое фрезерование, формируя различное объемное изображение, что повышает архитектурно-художественную ценность изделия, её потребительские свойства.

Древесностружечные плиты с ориентированными крупномерными частицами (OSB) изготавливают из древесных частиц толщиной 0,5 - 0,9 мм, шириной 6-40 мм, длиной до 180 мм (соотношение длины и ширины, как правило, 3 к 1 или 6 к 1).

В Европейском стандарте EN 300 OSB делят на 4 типа в зависимости от физико-механических свойств и влагостойкости:

OSB/1 - ограждающие панели общего назначения, используемые для изготовления встроенной мебели, эксплуатируемой в сухих условиях;

OSB/2 - несущие панели, эксплуатируемые в сухих условиях;

OSB/3 - несущие панели, эксплуатируемые во влажных условиях;

OSB/4 - несущие панели, эксплуатируемые в тяжелом режиме во влажных условиях.

Выпускают плиты форматом 1220 x 2440 мм, 1220 x 3660 мм, 915 x 1830 мм, соответствующим строительному модулю, толщиной от 6 до 38 мм. Наиболее востребованы плиты толщиной 10 -18 мм.

Выбор древесного материала (пиломатериала, фанеры, плиты) зависит от их функционального назначения, условий эксплуатации, а для этого необходимо знать основные показатели, характеризующие их качество: прочность при изгибе, модуль упругости при изгибе, прочность на отрыв поперек пласти (растяжение перпендикулярно пласти), атмосферо- и водостойкость, разбухание по толщине за 24 часа, точность формы и размеров. По большинству показателей, как видно из табл. 20, 21 древесностружечные плиты ДСтП проигрывают MDF и OSB.

Анализ производства, экспорта, импорта, потребления основных древесных материалов в России (табл. 22, 23), древесных плит в Европе, Северной Америке и СНГ (табл. 24) показывает, что при неуклонном росте их объемов производства (исключая годы кризиса) имеют место и тенденции снижения объемов производства ряда товаров на региональных рынках, например фанеры и ДСтП в Северной Америке, что характерно и для рынков внутри одной страны. Вот почему, анализ региональных рынков при проектировании предприятий крайне необходим.

Анализ мирового рынка древесных плит показывает две разные тенденции в его развитии, структура этого рынка в Европе и Северной Аме-

рике различны. Канада и США в отличие от Европы больше производят и потребляют фанеры при снижении в последние годы как производства, так и потребления классических древесностружечных плит (ДСтП) (табл. 24).

Конкурируют между собой (являются товарами-заменителями) не фанера и OSB, а ДСтП и OSB в строительстве, MDF и ДСтП - в производстве мебели.

Таблица 23

Производство и экспорт фанеры в Российской Федерации

Наименование показателя	Год							
	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009
Производство, тыс. м ³	989	943	1324	1590	1978	2551	2763	2107
Экспорт, тыс. м ³	691	632	916	1020	1313	1714	1720	1334
Темп роста производства	101,8	97,0	120,2	107,1	108,6	114,2	106,4	76,2
Доля РФ в мировом объеме производства	1,6	1,7	2,45	2,91	2,89	3,5	3,55	3,01

Последнее десятилетие в России (до середины 2008 года) характеризовалось бурным развитием производства и экспорта фанеры, увеличением производства пиломатериалов, в первую очередь для экспорта, увеличились объемы производства древесностружечных плит преимущественно для внутреннего потребления. Было введено в строй несколько крупных и средних лесопильных предприятий, на многих фанерных предприятиях установлены новые производственные мощности, в том числе и для облагораживания фанеры. Развилось производство MDF.

В фанерном производстве в 2006 году произошло увеличение объемов потребления на внутреннем рынке и незначительное снижение экспорта, цены на отечественную фанеру в 2005 году на внутреннем и внешнем рынке выровнялись (347 и 346 долларов США, соответственно), в 2006 году цена на внутреннем рынке превысила цену экспортной фанеры (371 и 354 долларов США, соответственно).

К основным факторам, влияющим на развитие рынка древесным материалами (пиломатериалы, фанера, классические древесностружечные плиты, OSB, твердые древесноволокнистые плиты, MDF), эксперты относят следующие (в порядке убывания влияния) (рис. 11):

1. Темпы роста спроса и предложения на российском рынке;
2. Стабильность обеспечения ресурсами;
3. Цена продукции на рынке;
4. Себестоимость продукции;
5. Уровень доходности продукции;
6. Темпы роста спроса и предложения на мировом рынке.

Таблица 24

Производство и потребление основных видов древесных плит
(фанера, ДСтП, OSB и MDF)

Наименование древесных плит	Производство/потребление по годам, тыс. м ³					2005 к 2001
	2001	2002	2003	2004	2005	
Европа						
Фанера	4359/6877	4392/6884	4322/7005	4537/7563	4548/7551	1,04/1,10
OSB	1633/1925	2258/2558	2543/2580	2779/3059	2994/3077	1,83/1,60
MDF	9104/7376	10512/7757	11507/8428	12436/11247	13276/12107	1,46/1,64
ДСтП	37144/34863	36638/33555	37954/34829	41029/36493	41808/39399	1,13/1,13
СНГ						
Фанера	1809/729	2091/852	2272/1152	2559/1334	2890/1549	1,60/2,13
OSB	4/27	0/70	0/30	40/143	40/147	9,76/5,53
MDF	239/384	264/366	31631	339/642	424/868	1,77/2,26
ДСтП	3213/3739	3586/4286	4280/5229	4963/5735	546/6889	1,73/1,84
Северная Америка						
Фанера	17443/19412	17483/20284	17026/20305	17177/21790	16860/21790	0,97/1,12
OSB	19028/18851	20243/20234	22371/22465	22609/22609	23799/24351	1,25/1,29
MDF	3842/4132	4135/4473	4021/4529	5110/5823	5298/5870	1,38/1,42
ДСтП	10341/10328	9955/10183	10012/10042	10501/10556	9201/9360	0,89/0,91

Эксперты, часть которых представляла производителей продукции, изъявили желание развивать внутренний рынок, поддержали решения государства, направленные на снижение объемов экспорта круглого леса для стабильного обеспечения ресурсами российских товаропроизводителей.

С точки зрения экспертов основными конструкционными материалами для деревянного заводского домостроения останутся пиломатериалы, а вот фанера может быть оттеснена OSB. Обобщенное мнение экспертов о приоритетности древесных материалов, применяемых в строительстве, представлено на рис. 28. Такое распределение приоритетов конструкционных материалов из древесины в большей степени соответствует американскому рынку, характерному для лесоизбыточных стран (табл. 24).

В среднем эксперты не отдали явного предпочтения ни одному из видов домов заводского изготовления (с несущими стенами из бруса, каркасными, панельными). На основе опроса можно лишь утверждать об относительно низком потребительском предпочтении каркасно-панельных домов. Из рис. 12 видно, что пиломатериалы имеют абсолютный приоритет по сравнению с классической древесностружечной плитой (ДСтП).

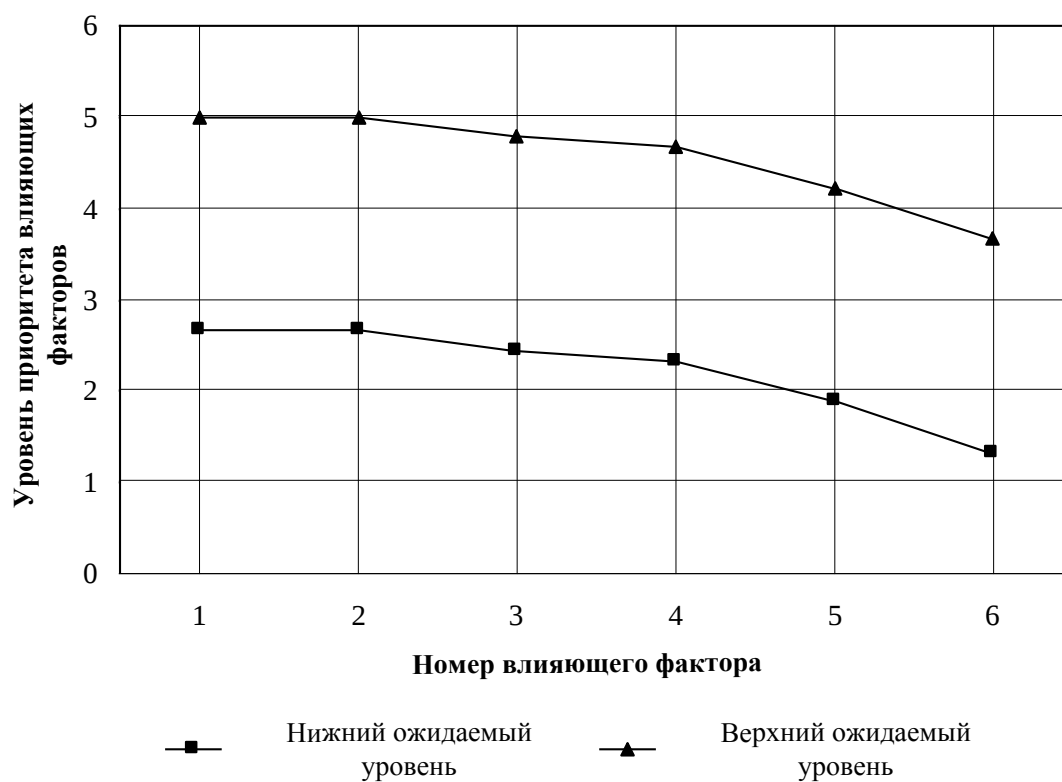


Рис. 11 Ожидаемые уровни приоритета факторов, влияющих на развитие отечественного рынка древесных материалов

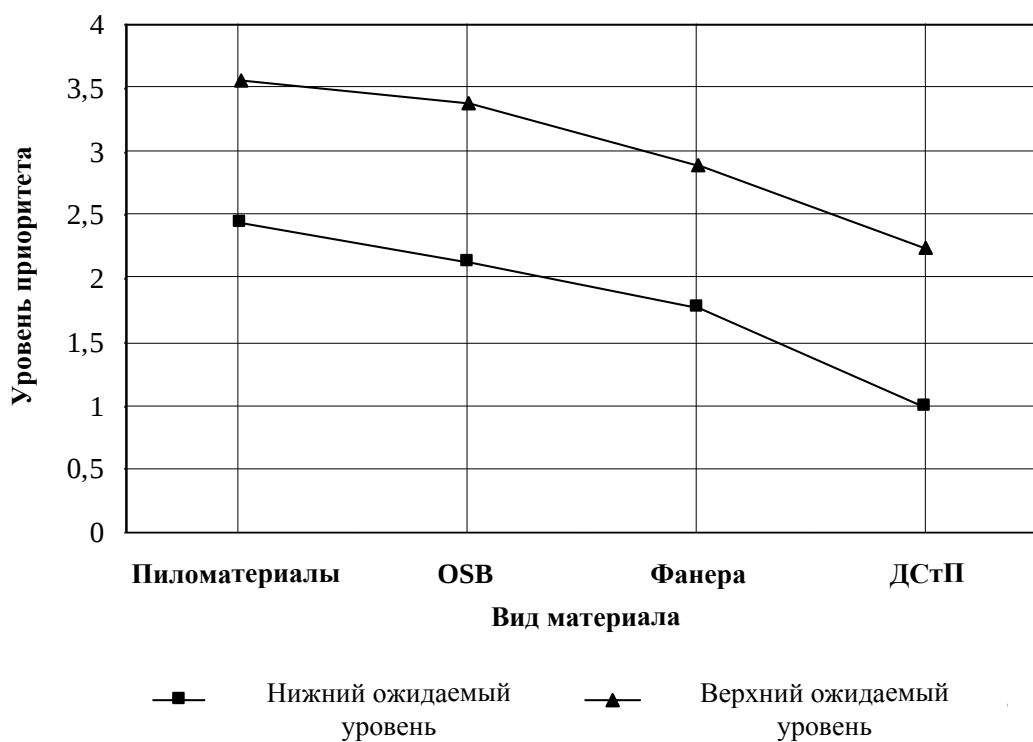


Рис. 12 Ожидаемые уровни приоритета древесных материалов для деревянного домостроения

Принципиальный интерес для исследователей рынка древесных материалов имеют мнения экспертов о приоритете древесных материалов как с точки зрения потребителя, так и с точки зрения производителя мебели.

Как видно из рис. 13 натуральная древесина (клееный щит) с точки зрения потребителя имеет абсолютный приоритет по сравнению и с древесностружечной плитой, и с MDF. При этом производитель, что видно и в магазинах, и на выставках отечественной мебели отдает предпочтение материалу, с которым проще всего работать – ламинированной древесностружечной плите.

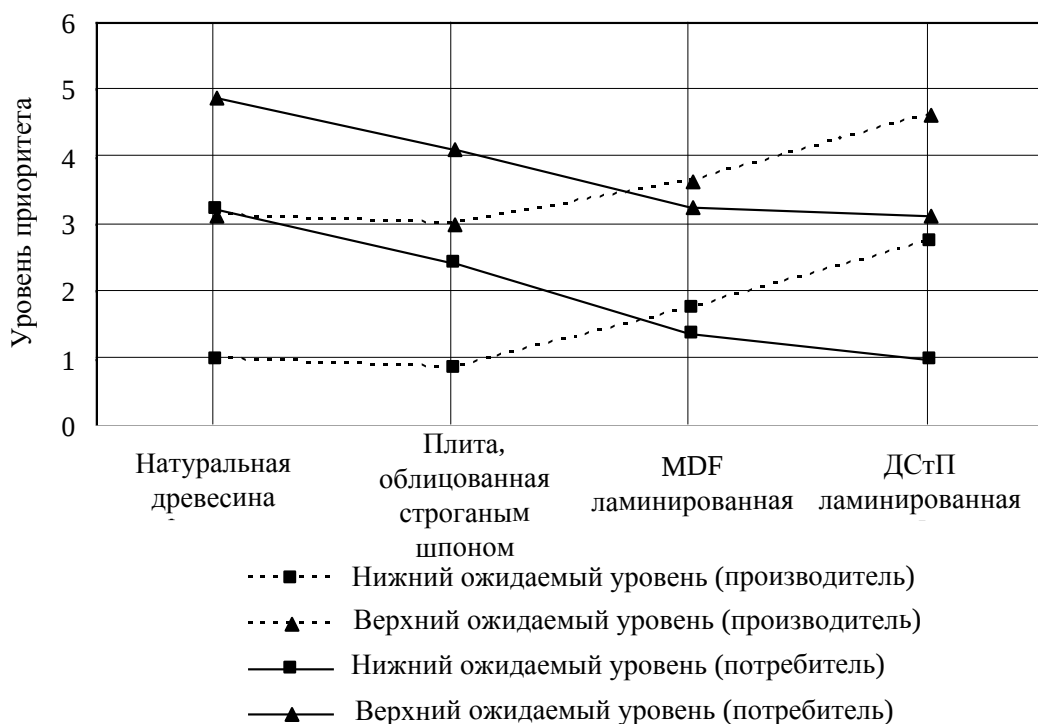


Рис. 13 Ожидаемые уровни приоритета древесных материалов для изготовления мебели

Таким образом, при проектировании производств того или иного вида древесных материалов, ориентированных на обоснованный целевой рынок, проводится детальная оценка как конъюнктуры этого рынка, так и состояния производства соответствующего товара.

4.3 Состояние производства древесных материалов в России

Лесопильно-деревообрабатывающие и фанерные предприятия являются частью единого комплекса, перерабатывающего лесные ресурсы (рис. 2), и как иные производственные структуры их классифицируют по следующим признакам: размеру (объему) производства (крупные, средние, ма-

лые), широте производственного профиля (диверсифицированные и комбинированные), гибкости технологии, уровню применения ручного труда (автоматические, автоматизированные, механизированные) и другим.

Известно несколько подходов /8, 11/ к делению лесопильно-деревообрабатывающих предприятий по их размеру (уровню концентрации, объему производства, производственной мощности), в основу одного из которых положены объем перерабатываемого сырья (пиловочника) и количество установленных лесопильных рам. Проф. Калитеевский Р.Е. классифицирует лесопильные производства на три группы: крупные, средние и малые /8/. К крупным отнесены предприятия выпускающие более 125 тыс. м³ пиломатериалов в год (перерабатывающие свыше 250000 м³ пиловочника в год), к средним – от 40000 до 125000 м³ пиломатериалов и к малым от 2500 до 40000 м³. В соответствии с этой классификацией в середине первого десятилетия XXI века в России насчитывалось 13 крупных предприятий: ЗАО «Новоенисейский ЛХК», ОАО «Усть-Илимский ЛДЗ», ОАО «Лесозавод №25» (г. Архангельск), ОАО «Соломбальский ЛДК», ОАО «Онежский ЛДК», ОАО «Сыктывкарский ЛДК», ОАО «Свирь Тимбер» и др. с общим объемом выпуска немногим более 3,5 млн. м³ пиломатериалов в год т.е. около 17% производства пиломатериалов в России. Более трех четвертей продукции изготавливается на малых производствах (табл. 25). Основные объемы пиломатериалов вырабатываются на морально, а зачастую и физически устаревших лесопильных рамах /11/. Медленными темпами идет их замена на современное бревнопильное оборудование: профилирующие агрегаты, ленточно- и круглопильные станки.

Мировое производство пиломатериалов составило по состоянию на 2007 год около 440 млн. м³ в год, 87,5 млн. м³ из которых производят в США. В последние годы Россия выпускает пиломатериалов около 22 млн. м³, 2/3 из которых экспортирует (табл. 26).

Начиная с перехода на рыночные условия хозяйствования до сего времени, лесопиление в России отличается высокой степенью риска. Несмотря на относительно малую капиталоемкость оборудования по сравнению с другими производствами по механической обработке древесины, продукция лесопиления не обладает достаточной рентабельностью. Эти предприятия создают слишком малую добавочную стоимость, цена на пиломатериалы близка к цене на круглый лес (табл. 27).

Большинство лесопильных предприятий характеризуется низким уровнем глубины переработки древесины, малыми объемами производства сухих, строганых и клееных пиломатериалов, применением морально и физически устаревшего бревнопильного оборудования. Отсюда, низкие производительность труда и уровень рентабельности производства.

Таблица 25

Распределение лесопильных предприятий по объемам производства по состоянию на 2001 год

Лесопильное предприятие с годовым объемом производства пиломатериалов, тыс. м ³	Количество предприятий		Объем производства пиломатериалов	
	шт.	%	тыс. м ³	%
до 5,0	20646	97,84	9448	52,2
5,1 – 10,0	230	1,09	1615	9,0
10,1 – 30,0	173	0,82	2867	16,0
30,1 – 100,0	46	0,22	2404	13,4
Более 100,0	7	0,03	1686	9,4

Таблица 26

Объемы производства, импорта, экспорта и потребления в 2007 г.

Наименование продукции	Объем, млн. м ³ в год			
	производство	импорт	экспорт	потребление
1. Пиломатериалы, в том числе:	22,5	13,0	16,1	19,4
хвойные	19,8	6,0	15,4	10,4
лиственные	2,7	7,0	0,7	9,0
2. Фанера	2,777	0,128	1,503	1,402
3. ДСтП	5,262	0,765	0,483	5,544
4. MDF	0,860	0,720	0,130	1,450

Таблица 27

Средние экспортные цены на круглый лес и древесные материалы

Наименование продукции	Экспортная цена, долл. США за 1 м ³ , по годам		Увеличение цены, % в год
	2004	2005	
Круглый лес хвойных пород	59,7	64,0	107,2
Хвойные пиломатериалы	90,8	128,6	141,6
Фанера	302,2	343,7	113,7
Древесно-стружечные плиты	186,3	206,4	110,8

Большая часть лесопильных предприятий начала XXI века характеризуется:

- малым объемом производства пиломатериалов, соответствующих зарубежным стандартам, требованиям международного рынка по качеству и размерам пилопродукции, что сужает границы товарных рынков, приводит к необходимости продавать продукцию по низким ценам;
- большим объемам переработки сырья низкого качества, что снижает рентабельность лесопиления;

- крайне низкими объемами сушки пиломатериалов, что не только не позволяет повысить рентабельность лесопиления, но и приводит к потере качества пиломатериалов;

- низким техническим уровнем основных (более 75% установленных бревнопильных станков – лесопильные рамы) и вспомогательных (сортировка, хранение, упаковка) операций;

- отсутствием силовой сортировки пиломатериалов;

- малым использованием отходов для сжигания с целью получения тепловой и электрической энергии;

- отсутствием координации действий производителей пилопродукции и лесозаготовителей, не отлажены механизмы взаимодействия между лесозаготовителями и переработчиками древесины;

- дефицитом квалифицированных кадров, в первую очередь в области маркетинг-менеджмента и управления качеством продукции.

Значительно лучше экономическая ситуация на предприятиях по производству фанеры и древесных плит из измельченной древесины, которые в отличие от лесопильных, характеризуются высоким средним уровнем концентрации, достигшим в 2007 году в фанерном производстве 100 тыс. м³ фанеры в год. Годовая мощность современных линий по изготовлению древесно-стружечных плит составляет до 500 тыс. м³. На 22 крупных (всего 60) фанерных предприятиях мощностью свыше 50 тыс. м³ фанеры в год в 2007 году выпущено более 2 млн. 200 тыс. м³ фанеры, т.е. 85% всего годового объема производства (в лесопилении 17%). В России действует 9 предприятий годовой мощностью более 100 тыс. м³ фанеры: ООО «Сыктывкарский ФЗ», ОАО «Фанплит», ООО «Пермский ФК», ЗАО «Фанком», ОАО «Усть-Ижорский ФК» и др.

В отличие от лесопиления объемы производства фанеры и древесных плит неуклонно росли и превысили уровень 1985 г., причем по производству фанеры более чем в 1,7 раза, а экспорт вырос в 4 раза (табл. 22).

Развитие форм организации труда, техники лесопиления в мировой практике, использование отечественными предприятиями зарубежного бревнопильного оборудования, совершенствование ассортимента продукции из древесины, в первую очередь клееных бруса и щита, низкая рентабельность производства сырых необработанных пиломатериалов изменяют подходы бизнеса к организации лесопильного производства, делая его все более диверсифицированным.

Лесопильные предприятия в начале XXI века развиваются по пути как прямой, так и обратной диверсификации, т.е. углубляют переработку древесины, производя столярно-строительный погонаж, клееный брус и клееный щит, полуфабрикаты для деревянных домов заводского изготовления, и создают собственные лесозаготовительные цехи с целью снижения транзакционных

издержек. Эти инновации приводят к изменениям уровня концентрации производства, его организации и управления, повышению рентабельности.

Результаты экспертного опроса, проведенного в 2008 году Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академией имени С.М. Кирова совместно с ВАО «РЕСТЕК» показали, что, по мнению экспертов, 80% пиломатериалов в России целесообразно выпускать в диверсифицированном серийном производстве (мелко – 20%, средне – 25-30%, крупносерийном – 30-35%), оставшиеся 20% - в равных долях на предприятиях массового выпуска и индивидуальных (малого объема). Развитие крупных, как правило, рентабельных лесопильных производств сегодня затруднено в России вследствие больших капиталовложений и высоких затрат на доставку сырья из-за неразвитости дорожной сети и больших железнодорожных тарифов.

Серьезным тормозом в технологическом развитии деревоперерабатывающих производств является низкий уровень отечественного станкостроения. Наряду с созданием благоприятных условий для трансферта высокотехнологичного зарубежного оборудования путем снижения ввозных таможенных пошлин, целесообразно стимулировать инвестиционную активность лесопромышленников в развитии отечественного станкостроения, создания в России предприятий зарубежными фирмами по аналогии с автомобилестроением. Это актуально для всех деревообрабатывающих производств, в первую очередь для лесопиления, ибо его восстановление до уровня 80-х годов прошлого века требует увеличения объема производства почти в четыре раза.

5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

5.1 Структура технологических процессов

В связи с многообразием продукции деревообрабатывающие производства характеризуются большим числом различных технологических процессов, включающих механическую обработку древесины резанием и давлением, гидро- и пьезотермическую обработку, склеивание и др. Ряд процессов сопровождается сложными физико-химическими превращениями.

Каждое производство может быть представлено совокупностью стадий обработки (рис. 14-16) и технологических операций (рис. 17-19), направленных на получение конечного продукта.

Производство сухих строганых пиломатериалов может включать следующие технологические операции:

1. Окорку сырья;
2. Раскрой пиловочника на пиломатериалы;
3. Снятие обзола у необрезных пиломатериалов;
4. Торцевание пиломатериалов;
5. Сушку пиломатериалов;
6. Предварительное фрезерование пласти;
7. Строгание (обработка в размер по сечению, выполняемая либо цилиндрическим, либо торцовым фрезерованием);
8. Защитную обработку древесины (антисептирование, антипирерование).

Чем больше набор операций и глубже переработка древесного сырья, тем выше рентабельность производства.

Производство фанеры может быть представлено следующими операциями:

1. Гидротермическая обработка сырья;
2. Окорка сырья;
3. Разделка сырья на чураки;
4. Лущение древесины;
5. Рубка шпона;
6. Сушка шпона;
7. Сортировка шпона;
8. Починка шпона;
9. Ребросклеивание шпона;
10. Нанесение клея на шпон;
11. Подготовка шпона с нанесенным клеем к склеиванию;
12. Сборка пакетов;

13. Склеивание шпона;
14. Кондиционирование фанеры;
15. Обрезка фанеры;
16. Шлифование фанеры;
17. Сортирование фанеры;
18. Облагораживание фанеры.

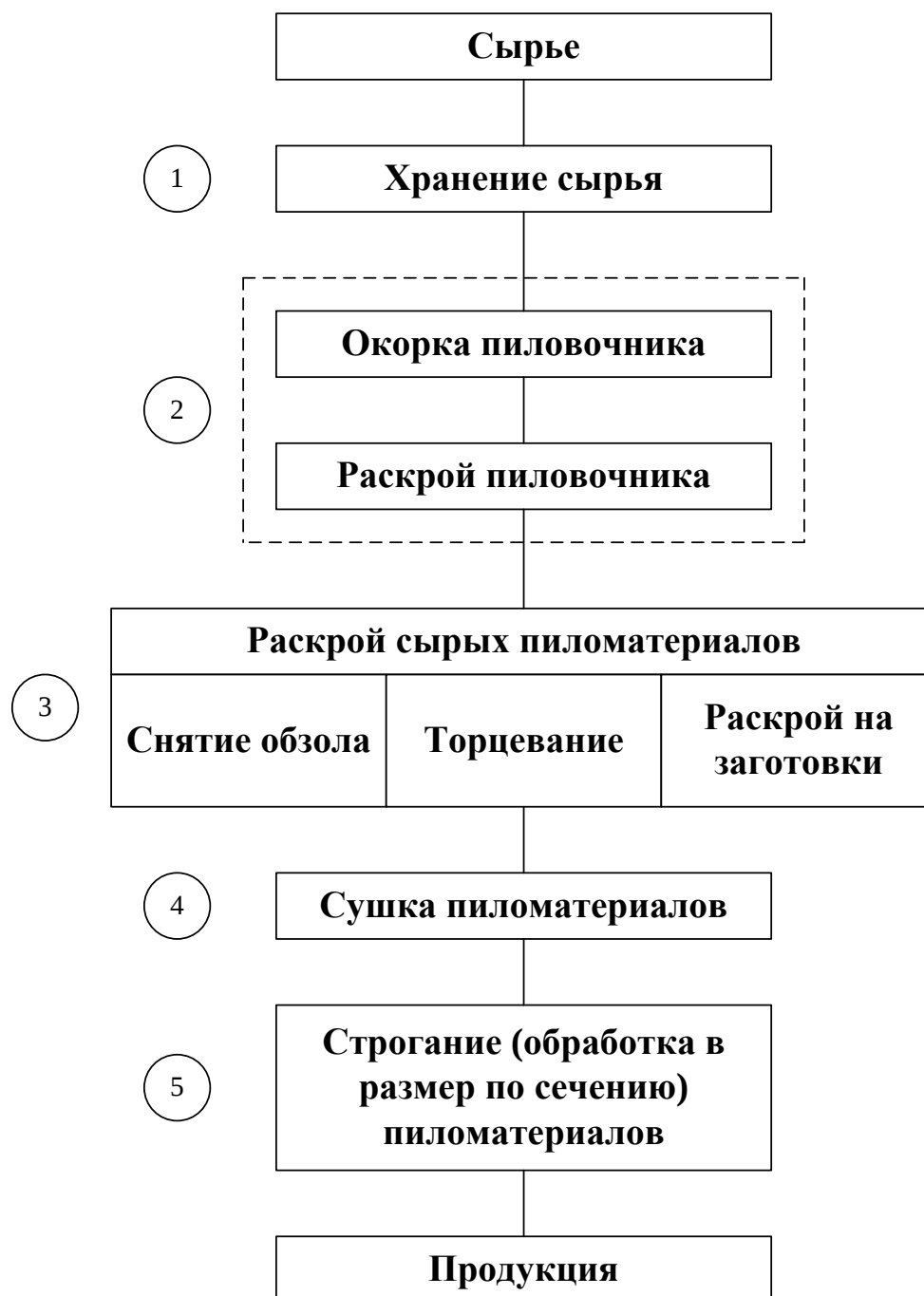


Рис. 14 Структура технологического процесса производства сухих строганых пиломатериалов из цельной древесины

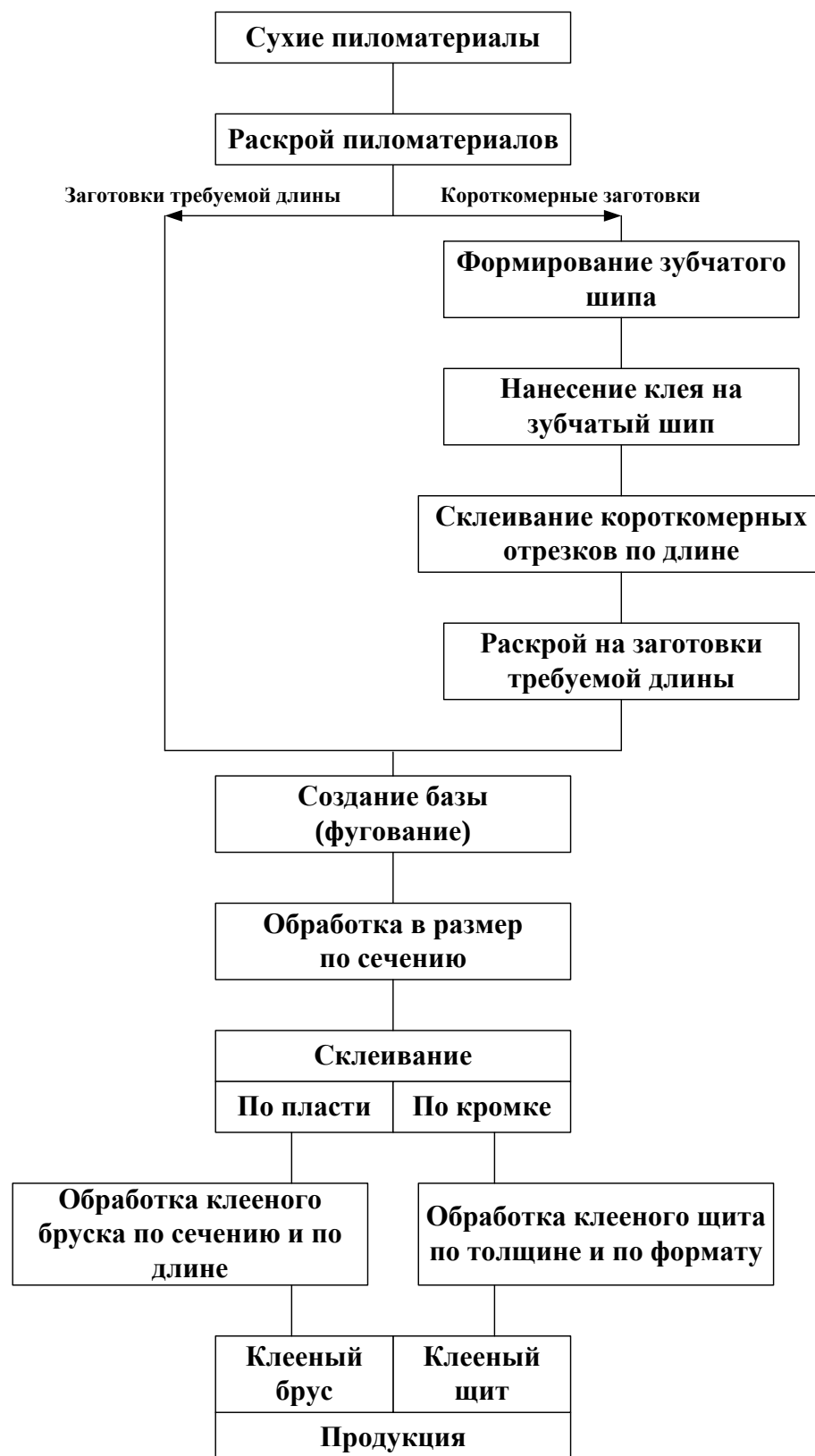


Рис. 15 Структура технологического процесса изготовления клееного бруса и клееного щита

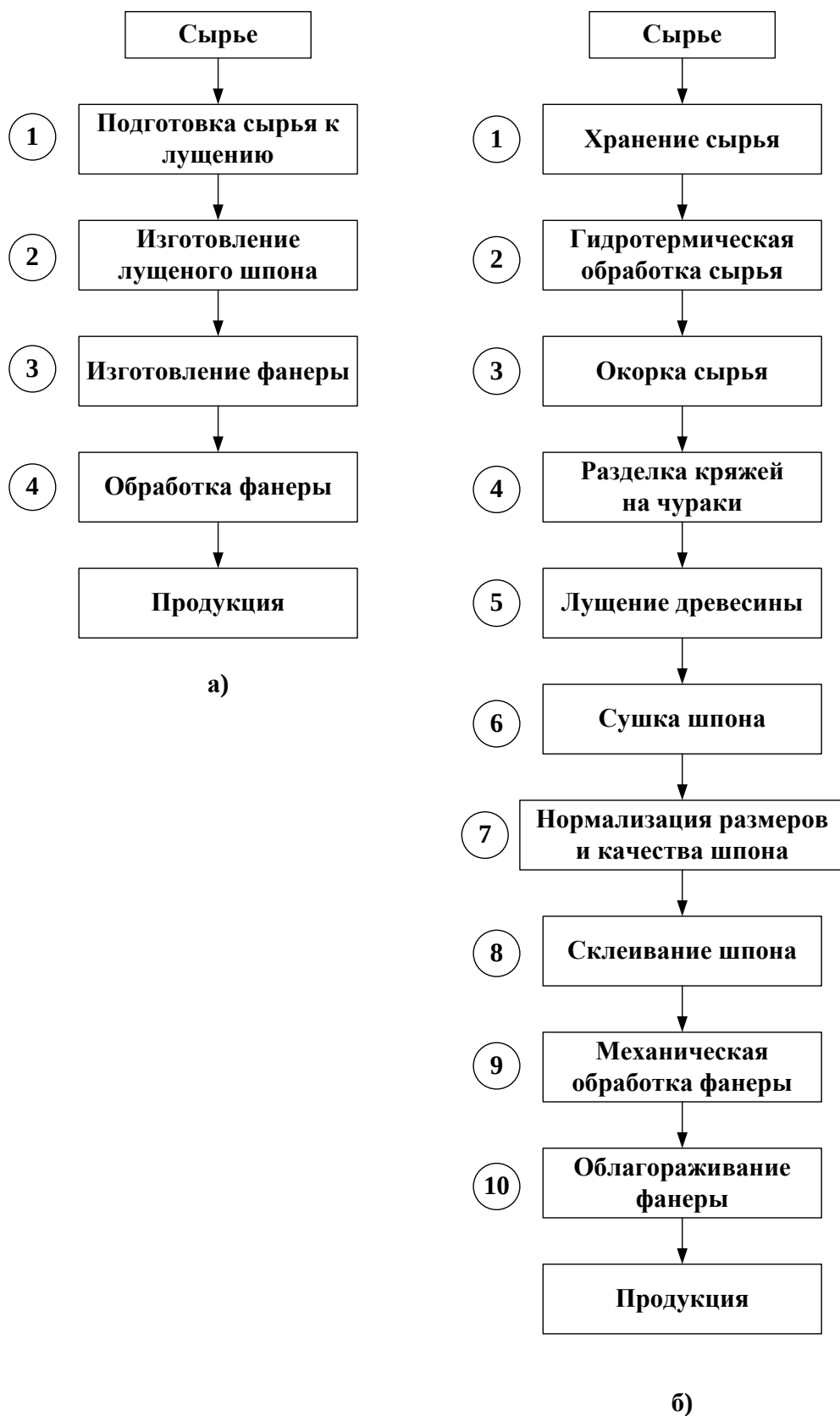


Рис. 16 Структура технологического процесса изготовления фанеры:
а) – четырехстадийная; б) десятистадийная

Последовательность операций может быть различна (рис. 18) в зависимости от вида сырья, организации технологического процесса. Возможность реализации нескольких вариантов последовательности обработки характерна и для других деревообрабатывающих производств. Так полный набор операций для изготовления клееного бруска и щита может включать в себя следующие операции:

1. Предварительное фрезерование пласти пиломатериала;
2. Разметку пиломатериала;
3. Поперечный раскрой пиломатериалов;
4. Продольный раскрой пиломатериалов;
5. Создание базовой (ых) поверхности у заготовки;
6. Обработку заготовки в размер по сечению;
7. Склеивание (по длине на зубчатый шип с предварительным формированием шипа, по пласти, по кромке);
8. Формирование формы и размеров сечения и формата (длины).

Методы обработки и последовательность операций могут быть различными в зависимости от требований к форме, размерам и точности обработки.

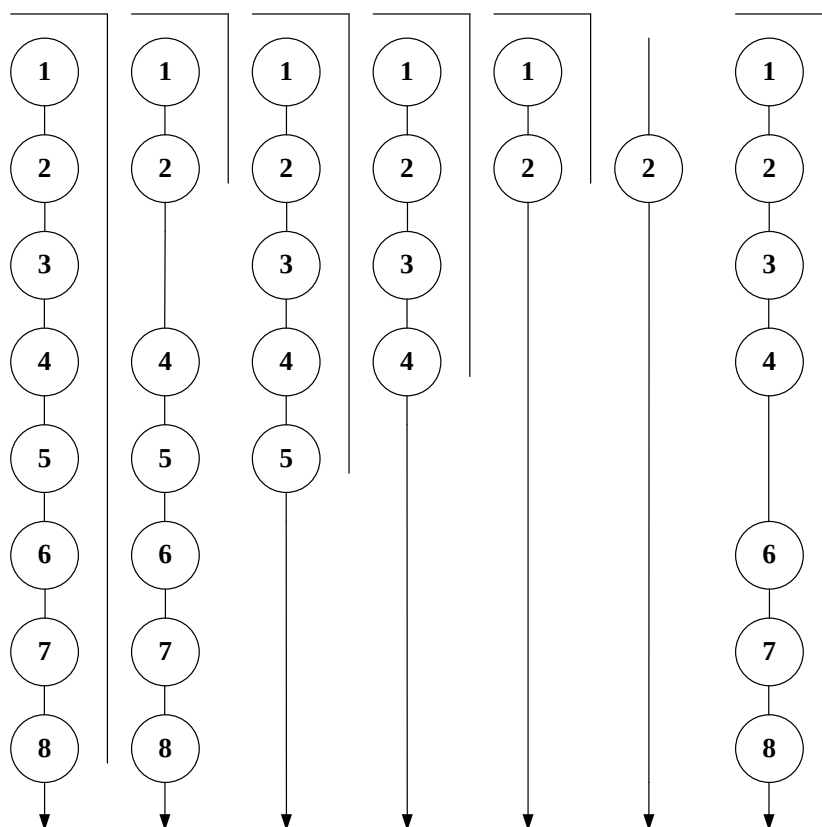


Рис. 17 Варианты последовательности технологических операций в производстве пиломатериалов

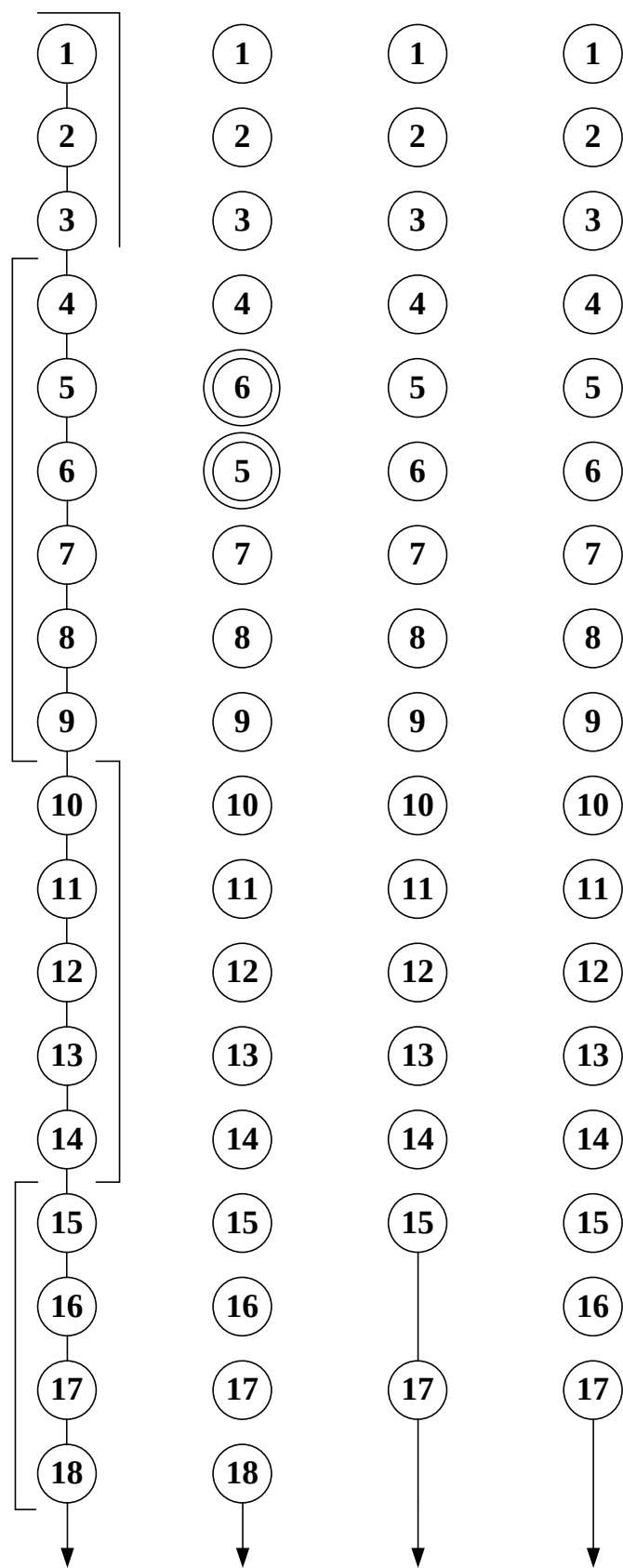


Рис. 18 Варианты последовательности технологических операций в производстве фанеры

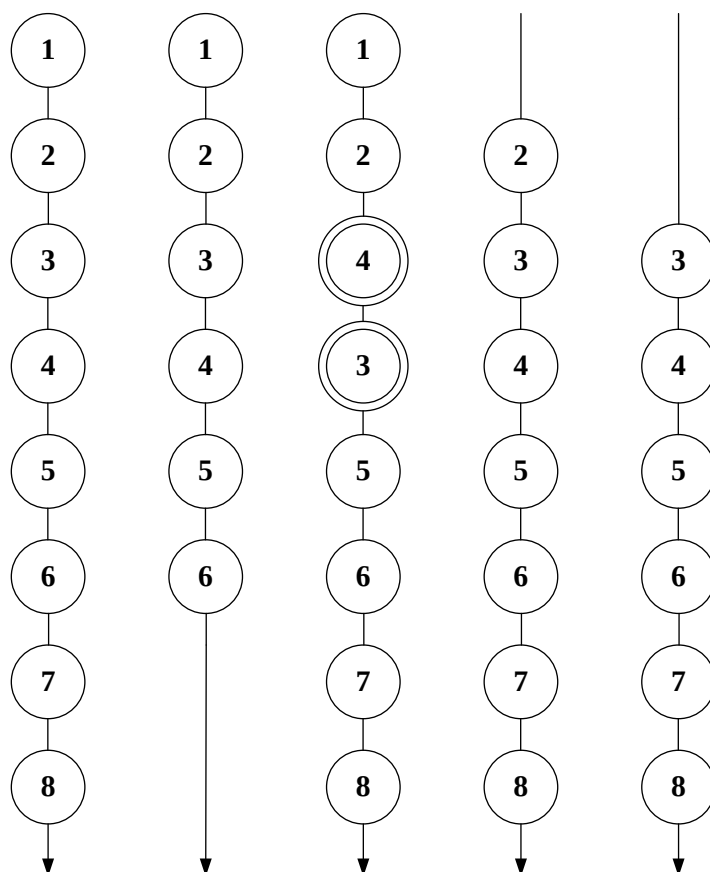


Рис. 19 Варианты последовательности технологических операций в производстве клееных сортиментов из сухих пиломатериалов

Разнообразие способов обработки, схем технологического процесса (ТП) одного функционального назначения требует одновременной разработки нескольких вариантов ТП, а в дальнейшем выбора одного из них по одному или нескольким критериям эффективности. Применение теории графов упрощает многовариантное проектирование. При этом технологический процесс изображают (рис. 20) в виде ориентированного графа $S(Q, Q)$, вершины которого являются отображением операций, проходов, переходов, установок, позиций, а дуги определяют временную последовательность и связи отдельных элементов процесса. Техничко-экономическая оценка технологических систем может быть сделана на основе их свойств. Среди множества свойств наибольший интерес представляют те, которые характеризуют качество продукции и ее трудоемкость. Эти свойства зависят не только от входных параметров, но и от характера взаимосвязей элементов системы, описываемой графом. При обеспечении одинакового уровня качества продукции приоритетной является система, обеспечивающая минимальную трудоемкость. Применение теории графов для описания технологических процессов дает возможность многовариантного проектирования с использованием современных информационных технологий

для определения приоритетного варианта. Логическая схема проектирования технологии продукции P_i из исходного сырья P_0 может быть представлена в виде ориентированного графа, изображенного на рис. 20.

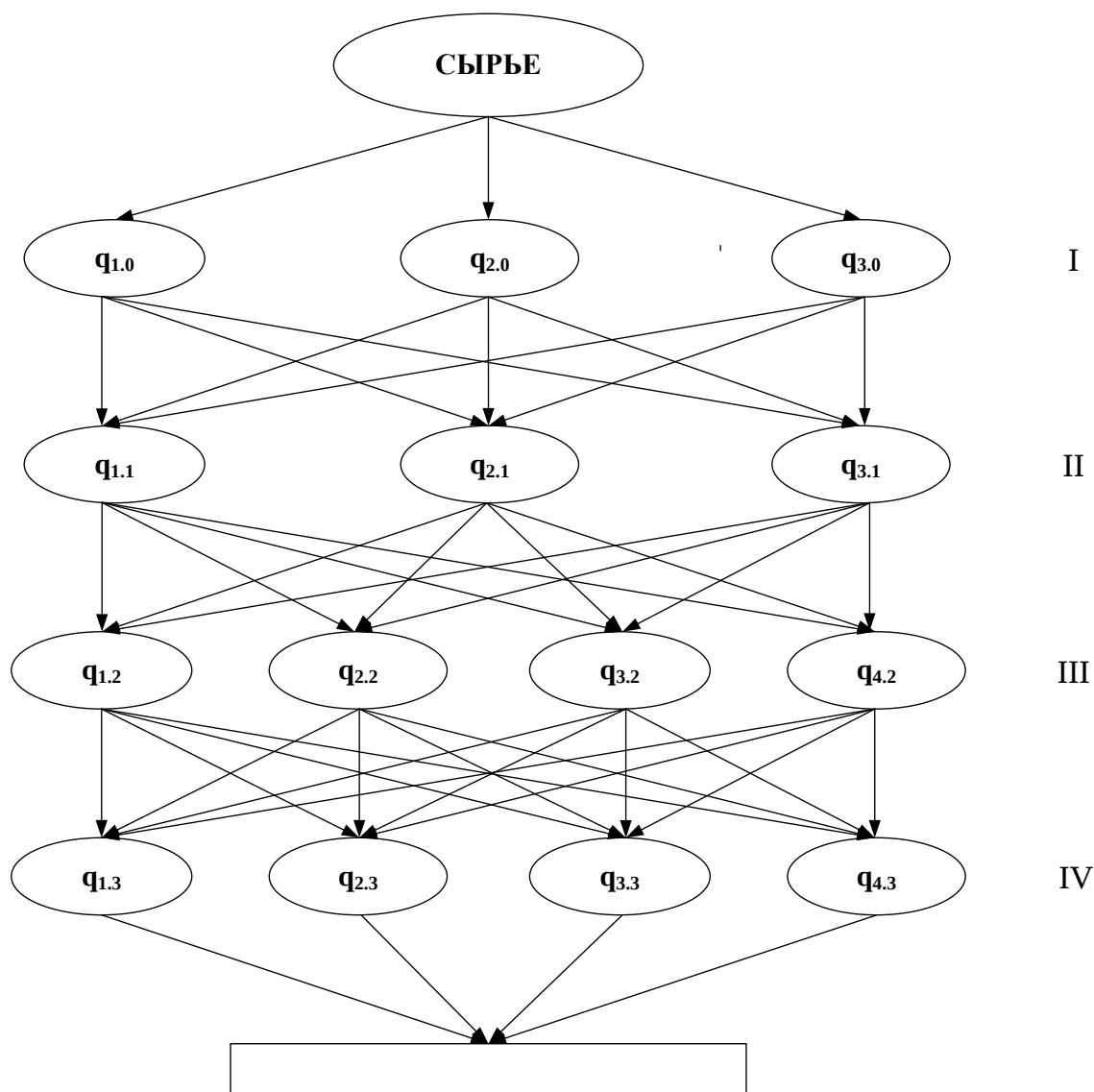


Рис. 20 Варианты схем технологического процесса

Проектировать технологию целесообразно на основе типовых технологических процессов T_T :

$$T_j \in T_T, \forall j = \overline{1, m}.$$

Каждый технологический процесс T_j состоит из множества операций q_{kj} , так что $q_{kj} \in T_j, \forall j = 1, k$. Таким образом, каждая схема технологического процесса будет представлять кортеж из элементов q_{kj} :

$$Q_i = \langle q_{1j}, q_{2j}, \dots, q_{kj} \rangle.$$

При трудоемкости k -й операции для i -й детали при реализации j -го технологического процесса c_{ikj} общие трудозатраты изготовления продукции P_j по j -й схеме составят:

$$C_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t C_{ikj}.$$

Оптимален технологический процесс с минимальной суммарной трудоемкостью C_j . Оптимизировать технологический процесс можно по показателю эффективности, полученному, например, по методу расстановки приоритетов. Таким образом, задача оптимизации на взвешенном графе сводится к отысканию минимального пути S_j :

$$S_j = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t C_{ikj},$$

Алгоритм решения такой задачи следующий:

1. Составить ориентированный взвешенный граф, последовательный набор дуг которого соответствует определенной технологической схеме изготовления изделия P .

2. Принять в вершине P_o трудоемкость (либо иной другой показатель) i -й конструктивно-технологической группы, равную 0:

$$S_{okj} = 0, C_{okj} = 0, \dots$$

3. Определить $S_{j\min}$ на каждой операции.

4. Построить последовательность операций с минимальной трудоемкостью:

$$Q_i = \langle q_{1j}, q_{2j}, \dots, q_{kj} \rangle.$$

5.2 Формализованное представление технологических процессов

Практика производства пиломатериалов характеризуется различной организацией производственных и технологических процессов, и применяемым оборудованием и может быть представлена в виде ориентированного графа, включающего следующие операции:

Хранение сырья:

$q_{1.0}$ – хранение сырья в воде;

$q_{2.0}$ – хранение сырья на площадках без защиты от климатических воздействий;

q_{3.0} – хранение сырья на площадках с защитой от климатических воздействий.

1. Окорка сырья:

q_{1.1} – окорка сырья на станках роторного типа;

q_{2.1} – окорка сырья на станках протяжного типа;

q_{3.1} – окорка сырья на станках роторно-фрезерного типа;

q_{4.1} – окорка сырья на станках фрезерного типа.

2. Раскрой пиловочника:

q_{1.2} – раскрой пиловочника на лесопильной раме;

q_{2.2} – раскрой пиловочника в потоке из двух лесопильных рам;

q_{3.2} – раскрой пиловочника на однопильном круглопильном станке;

q_{4.2} – раскрой пиловочника в потоке из однопильного круглопильного станка и многопильного круглопильного станка;

q_{5.2} – раскрой пиловочника в потоке из спаренных однопильных ленточнопильных станков и круглопильного станка;

q_{6.2} – раскрой пиловочника на фрезерно-пильном агрегате и так далее.

3. Раскрой сырых пиломатериалов

q_{1.3} – снятие обзола на двухпильных круглопильных станках;

q_{2.3} – торцевание пиломатериалов на станках балансирного типа;

q_{3.3} – поперечный раскрой пиломатериалов на станках маятникового типа и так далее.

4. Сушка пиломатериалов

q_{1.4} – сушка пиломатериалов в камерах непрерывного действия (туннельных) до транспортной влажности;

q_{2.4} – сушка пиломатериалов в камерах позиционного типа до требуемой технологической влажности;

q_{3.4} – сушка пиломатериалов в камерах с интенсификацией процесса токами СВЧ;

q_{4.4} – сушка пиломатериалов в вакуумных сушильных агрегатах и других.

5. Строгание пиломатериалов

q_{1.5} – строгание пиломатериалов на четырехсторонних продольно-фрезерных (строгальных) станках;

q_{2.5} – строгание пиломатериалов на многосторонних продольно-фрезерных станках с предварительным созданием базы;

q_{3.5} – строгание пиломатериалов на многосторонних продольно-фрезерных станках с предварительным созданием базы и одновременным формированием профиля и так далее.

Анализ современной организации производства фанеры позволяет представить ряд прогрессивных вариантов схем технологического процесса в виде ориентированных графов, включающих следующие операции:

Хранение сырья:

q_{1.0} – хранение сырья в воде;

q_{2.0} – хранение сырья на площадках без защиты от климатических воздействий;

q_{3.0} – хранение сырья на площадках с защитой от климатических воздействий.

1. Гидротермическая обработка древесины:

q_{1.1} – гидротермическая обработка по мягким режимам;

q_{2.1} – гидротермическая обработка по жестким режимам;

q_{3.1} – гидротермическая обработка по комбинированным режимам.

2. Окорка сырья:

q_{1.2} – окорка сырья на станках роторного типа.

3. Раскрой сырья на чураки:

q_{1.3} – раскрой сырья на чураки на круглопильных станках балансирного или маятникового типа.

4. Базирование чурака:

q_{1.4} – базирование чурака перед лущением с помощью механических устройств;

q_{2.4} – базирование чурака перед лущением с помощью электронных систем.

5. Лущение чурака:

q_{1.5} – лущение чурака на станках с телескопическими приводящими шпинделями;

q_{2.5} – лущение чурака на станках с неприводными шпинделями.

6. Транспортирование ленты шпона:

q_{1.6} – транспортирование ленты шпона к ножницам одноэтажным конвейером;

q_{2.6} – транспортирование ленты шпона к ножницам двухэтажным конвейером;

q_{3.6} – транспортирование ленты шпона к сушильному агрегату;

q_{4.6} – транспортирование ленты шпона с одновременным упрочением кромок.

7. Рубка шпона:

q_{1.7} – рубка шпона на гильотинных ножницах с вырубкой дефектных мест;

q_{2.7} – рубка шпона на гильотинных ножницах без вырубки дефектных мест;

q_{3.7} – рубка шпона на роторных ножницах.

8. Укладка шпона:

- q_{1.8} – укладка листов шпона в стопы без разделения его по влажности;
- q_{2.8} – укладка листов шпона в стопы с разделением его по влажности;
- q_{3.8} – навивка ленты шпона в рулон.

9. Сушка шпона:

- q_{1.9} – сушка шпона в роликовых газовоздушных сушильных агрегатах;
- q_{2.9} – сушка шпона в роликовых паровоздушных сушильных агрегатах с поперечной циркуляцией агента сушки;
- q_{3.9} – сушка шпона в роликовых паровоздушных сушильных агрегатах с продольной циркуляцией агента сушки;
- q_{4.9} – сушка шпона в роликовых паровоздушных сушильных агрегатах с сопловым дутьем;
- q_{5.9} – сушка шпона в ленточных газовоздушных сушильных агрегатах;
- q_{6.9} – сушка шпона в ленточных паровоздушных сушильных агрегатах;
- q_{7.9} – сушка шпона в дыхательных прессах.

10. Сортирование шпона:

- q_{1.10} – сортирование шпона вручную со стопы;
- q_{2.10} – сортирование шпона вручную с конвейера от сушильного агрегата;
- q_{3.10} – сортирование шпона на механизированных сортировщиках;
- q_{4.10} – сортирование шпона на автоматизированных сортировщиках.

11. Ребросклеивание шпона:

- q_{1.11} – ребросклеивание шпона термореактивными клеями на оборудовании с поперечной подачей и предварительным усованием листов;
- q_{2.11} – ребросклеивание шпона термореактивными клеями на оборудовании с поперечной подачей без предварительного усования листов;
- q_{3.11} – ребросклеивание шпона термопластичными клеями на оборудовании с поперечной подачей шпона без предварительного усования листов.

12. Починка шпона:

- q_{1.12} – починка шпона.

13. Нанесение клея:

- q_{1.13} – нанесение клея вальцеванием;
- q_{2.13} – нанесение клея наливом;
- q_{3.13} – пропитка шпона клеем;
- q_{4.13} – нанесение экструзией вспенивающегося клея.

14. Подготовка клеевого слоя к склеиванию:

- q_{1.14} – сушка шпона с нанесенным клеем;
- q_{2.14} – выдержка листов шпона с нанесенным клеем.

15. Сборка пакетов:
- q_{1.15} – сборка пакета вручную на столе;
 - q_{2.15} – сборка пакета вручную на конвейере;
 - q_{3.15} – сборка пакета механическими и пневматическими укладчиками.
16. Подготовка пакета к склеиванию:
- q_{1.16} – выдержка пакета шпона перед прессованием;
 - q_{2.16} – холодное подпрессовывание пакета шпона.
17. Склеивание:
- q_{1.17} – склеивание шпона горячим способом в многоэтажных прессах;
 - q_{2.17} – склеивание шпона горячим способом в одноэтажных прессах;
 - q_{3.17} – склеивание шпона холодным способом.
18. Кондиционирование:
- q_{1.18} – кондиционирование фанеры в плотных стопах;
 - q_{2.18} – кондиционирование фанеры полистно.
19. Обрезка фанеры:
- q_{1.19} – обработка фанеры в размер на линии на базе двухпильных станков;
 - q_{2.19} – обработка фанеры в размер на форматно-обрезных станках.
20. Шлифование фанеры:
- q_{1.20} – шлифование фанеры на барабанных шлифовальных станках односторонних;
 - q_{2.20} – шлифование фанеры на барабанных шлифовальных станках двусторонних;
 - q_{3.20} – шлифование фанеры на широколенточных односторонних станках;
 - q_{4.20} – шлифование фанеры на широколенточных двухсторонних станках.
21. Облагораживание фанеры:
- q_{1.21} – облагораживание и защита фанеры прессованием между плоскими плитами пресса;
 - q_{2.21} – облагораживание и защита фанеры пленочными материалами вальцеванием;
 - q_{3.21} – облагораживание и защита фанеры жидкими лакокрасочными материалами;
 - q_{4.21} – облагораживание и защита фанеры жидкими связующими.
22. Сортирование фанеры:
- q_{1.22} – сортирование фанеры ручным способом;

- q_{2.22} – сортирование фанеры механизированное;
- q_{3.22} – сортирование фанеры автоматизированное.

5.3 Выбор оборудования

5.3.1 Общие положения

Производство материалов из древесины (пиломатериалов, фанеры и плит из измельченной древесины) характеризуется относительно стабильным ассортиментом продукции и может быть создано на базе жестких технологических потоков, в которых всегда можно выделить головное оборудование, производительность которого определяет производственную мощность предприятия.

Головным оборудованием лесопильного производства безусловно является бревнопильный станок либо бревнопильный технологический поток на базе двух бревнопильных станков.

Тем не менее, головной может быть и сушильная камера, учитывая необходимость перехода Российского лесопиления на производство спецификационных сухих пиломатериалов. В том случае, когда лесопильно-деревообрабатывающее производство ориентировано на выпуск строганых пиломатериалов, в том числе и для клееного бруса (бруска), половой шпунт, иную продукцию в виде столярно-строительных погонажных материалов к головному оборудованию могут быть отнесены и многосторонние продольно-фрезерные станки.

К головному оборудованию для производства фанеры и древесных плит относят прессовое оборудование (в производстве древесных плит это так называемый главный конвейер, включающий в себя пресс). 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 агрегатам.

При проектировании лесопильно-деревообрабатывающих и фанерных предприятий при выполнении процедуры выбора головных станков до анализа рынка оборудования, его технико-экономических показателей необходимо:

- определить цели новых капиталовложений, основными из которых могут быть: создание нового предприятия; реконструкция (расширение) действующего производства; модернизация технологического потока или предприятия в целом; повышение уровня капитализации предприятия;
- оценить формы организации труда на проектируемом или реконструируемом предприятии, его уровень концентрации (индивидуальное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное, массовое производство), уро-

вень специализации (по сырью, по ассортименту пилопродукции), вид и уровень диверсификации продукции и производства (прямая, обратная, боковая), уровень комбинирования основного производства, возможность кооперации;

- обосновать производственную мощность, определяющую наряду с объемами заказов (договоров) объемы производства и существенно влияющую на технико-экономические показатели деятельности предприятия.

Рассмотрим на примере бревнопильного оборудования подходы к обоснованию выбора станков для проектируемого производства.

5.3.2 Классификация и принципы выбора оборудования для производства пиломатериалов

БРЕВНОПИЛЬНЫЕ СТАНКИ

Главным оборудованием лесопильных предприятий являются бревнопильные станки. В основу классификации этих станков (рис. 21) положены следующие типологические признаки:

- вид и количество инструмента;
- расположение инструмента относительно горизонтальной плоскости;
- количество и расположение пильных валов в пространстве;
- конструктивные особенности станков.

Анализ конкурентных преимуществ оборудования, предлагаемого на рынке бревнопильных станков, следует проводить исходя из следующих принципов:

1. Размера экономически доступной лесосырьевой базы (возможных объемов заготовок леса, который будет перерабатываться на приобретаемом оборудовании в течении предполагаемого срока эксплуатации).
2. Размерно-качественных характеристик сырья, т.е. его среднего, минимального и максимального диаметра, необходимости сортирования по группам диаметров (количество групп, процентное соотношение сырья в различных группах, размеры сырья в одной группе), породного состава сырья, его сбежистости, сорта и других показателей пиловочника.

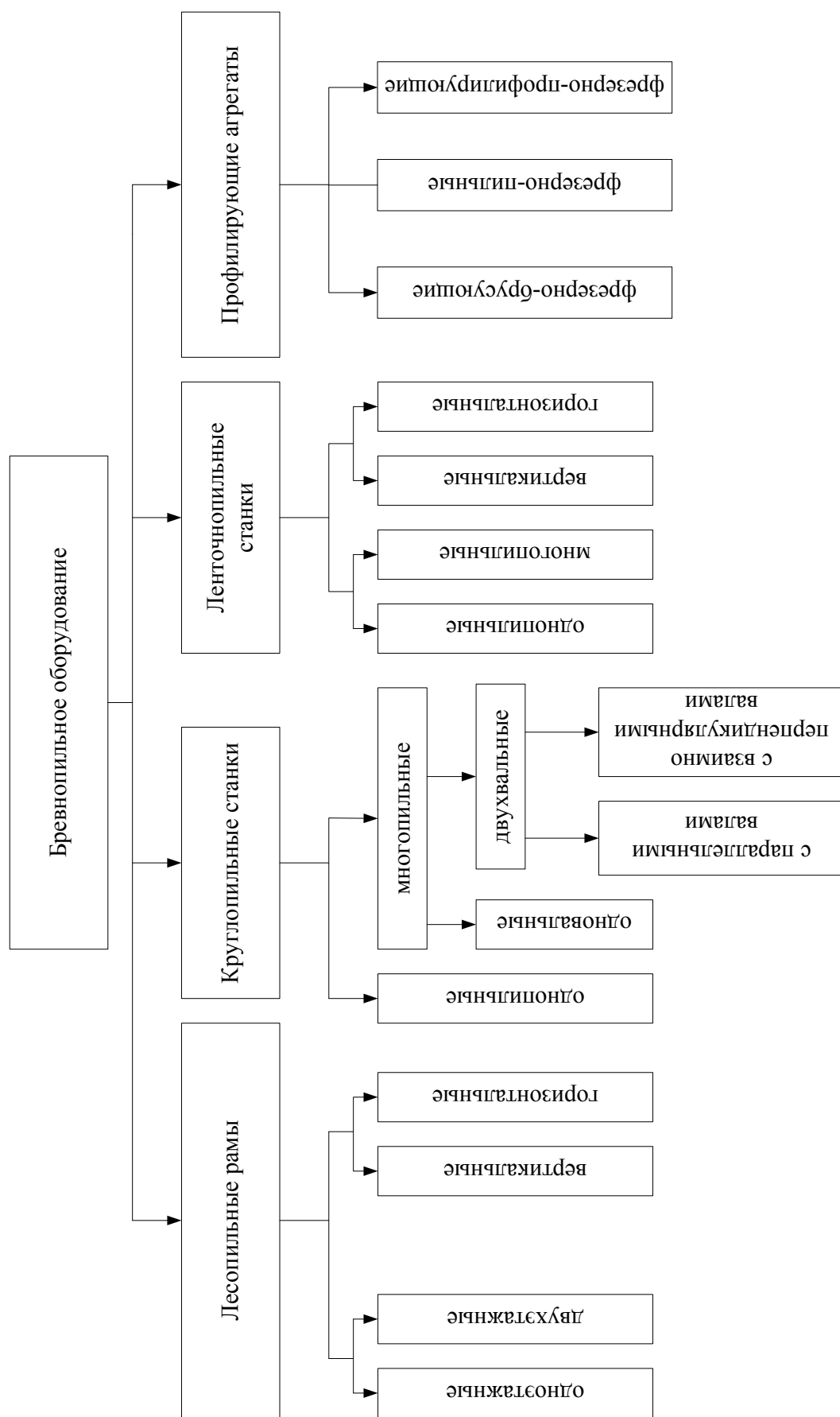


Рис. 21 Классификация бревнопильного оборудования

3. Размерно-качественных характеристик пиломатериалов и их востребованности на рынке. Рынок сегодня предъявляет ряд требований к виду, точности формы и размеров пиломатериалов. На наш взгляд, именно поэтому как на внешнем, так и внутреннем рынках в большей степени востребованы радиальные пиломатериалы, произведенные на современных ленточно- и круглопильных станках, позволяющих получать пиломатериалы высокой точности с минимально возможной шероховатостью поверхности.
4. Возможности экономически эффективной утилизации побочной продукции (щепы), минимизации отходов основного производства. В этой связи при создании лесопильных предприятий, ориентирующихся на параллельный выпуск технологической щепы, принципиально важным является выбор района и площадки для строительства, которая должна быть приближена к потребителю щепы. Одним из эффективных путей использования некондиционных отходов является их сжигание с целью получения тепловой и электрической энергии.
5. Возможности синхронизации оборудования в потоке по производительности, обеспечения максимального съема продукции с каждого станка, его равномерной загрузке в течение смены.
6. Степени механизации и автоматизации процессов выполняемых на бревнопильном оборудовании, уровня интеллектуальной поддержки управления станком и околостаночными механизмами, возможности работы в автоматическом режиме, исключая влияние человеческого фактора на качество производимых пиломатериалов. Здесь следует заметить, что существенное влияние на принятие решения о выборе по этому фактору оказывает наличие на предприятии высококвалифицированных операторов и механиков, способных обслуживать оборудование с опциями программного управления, автоматической настройки и т.п.
7. Уровня конкурентоспособности (имиджа, бренда) производителя оборудования и условий продажи, доставки и монтажа. Известность фирмы-производителя, ее опыт работы в области изготовления бревнопильного оборудования позволяют опосредованно оценить вероятностные надежность и долговечность станка, условия её взаимодействия с покупателями. Важными характеристиками конкурентных преимуществ фирм-производителей являются ценовая политика: стоимость как станка, так и инструмента, стоимость шеф-монтажа; затраты на обслуживание оборудования в процессе производства, включая энергопотребление, нормы площади и об-

служивания, ремонтпригодность; условия представления гарантийных и постгарантийных услуг.

Бревнопильное оборудование, служащее для продольного раскря пиловочных бревен на пиломатериалы, располагается в составе бревнопильного потока, под которым понимается один или несколько бревнопильных станков (рядов), объединенных в единую производственную цепь, для последовательного раскря бревен на пиломатериалы.

Выбор конкретной модели оборудования определяется назначением, размерами и требуемым качеством пиломатериалов, особенностями выбранного метода раскря бревен, экономически доступными объемами, качеством и размерами распиливаемого сырья и экономической эффективностью применения того или иного оборудования при различных условиях.

Структура современных лесопильных заводов, как правило, объединяет в себе совместное использование различных типов оборудования, имеющих свои конструктивные особенности.

Следует заметить, что при одном и том же принципе распиловки бревна его реализация может быть различной, а также включать или не включать в себя дополнительные опции по установке пил и базированию материалов. При подборе бревнопильного оборудования необходимо установить возможность взаимодействия выбранных станков между собой.

Взаимодействие бревнопильного оборудования между собой – сложная техническая задача. Синхронизацию оборудования выполняют, используя специальные технологические программы, способные прогнозировать фактическую мощность производства в динамично изменяющихся условиях.

Для выбора типа и конкретной модели бревнопильного оборудования первого и последующих рядов проводят комплексный анализ проектируемого производства. Основными задачами поиска рационального решения о выборе конкретного станка являются:

1. Анализ возможности выполнения поставов (схем раскря пиловочных бревен) на выбранном типе бревнопильного оборудования.
2. Определение возможности синхронизации головного и последующих станков между собой по критериям требуемого уровня производительности и качества получаемых пиломатериалов.
3. Анализ возможности получения и экономической целесообразности изготовления технологической щепы одновременно с производством пиломатериалов.

Наиболее распространенным бревнопильным оборудованием в России являются *лесопильные рамы*. Принцип их работы представлен на рис. 22 и 23.

Вертикальные лесопильные рамы относятся к оборудованию проходного типа и могут иметь в поставе до 20 пил. Горизонтальные рамы – оборудование позиционного типа, имеющее в поставе от одной до трех пил.

По высоте лесопильные рамы делятся на одно-, полутора- и двухэтажные. Наиболее популярными на территории России являются одноэтажные лесопильные рамы (около 90 % всех используемых рам). Двухэтажные рамы, как правило, применяются на лесопильных предприятиях средней и большой производственной мощности.

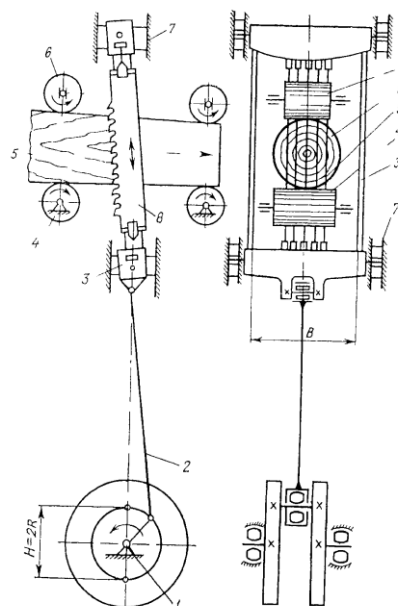


Рис. 22 Принципиальная схема устройства лесопильной рамы

Под действием кривошипно-шатунного механизма 2 с главным валом 1 пильная рамка 3, в который натянуты пилы 8, совершает возвратно-поступательное движение в направляющих 7. Поскольку рамка установлена с некоторым наклоном, то при движении вниз пилы врезаются в древесину, а при движении вверх зубья отводятся от дна пропила. Распиливаемое бревно 5 надвигается на пилы с помощью нижних 4 и верхних 6 вальцов. Нижние вальцы не меняют своего положения, а верхние являются «плавающими», высота их меняется в зависимости от изменения диаметра распиливаемого бревна или толщины бруса.

Помимо принципиальных классификационных характеристик лесопильные рамы могут быть также разделены по следующим признакам:

- по назначению (общего или специального назначения);
- по уровню производительности (высокопроизводительные, средней производительности и низкой производительности);
- по величине просвета (узкопросветные, среднепросветные и широкопросветные);

- по виду распиливаемого материала (для распиловки бревен или для развала брусьев);
- по числу шатунов (одношатунные, двухшатунные);
- по виду подачи (с непрерывной подачей или с периодической подачей);
- по уклону пильной рамки (без изменения уклона или с возможностью изменения уклона);
- по характеру движения пильной рамки (прямолинейное или по замкнутым криволинейным траекториям);
- по наличию регулировки пил по ширине постова (без регулировки или с регулировкой);
- по уровню механизации и автоматизации (механизированные, автоматизированные или автоматические).



Рис. 23 Схема подачи бревен в лесопильную раму

В зависимости от назначения лесопильных рам пильные рамки имеют ход от 220 до 700 мм.

Основным фактором, определяющим производительность лесопильных рам, является величина посылки (подачи), под которой понимается расстояние, на которое бревно или брус надвигается на пилу за один оборот коленчатого вала лесопильной рамы.

Последовательность выполнения операций при использовании в качестве головного оборудования лесопильных рам может быть следующей:

1. Распиловка бревен вразвал с последующей обрезкой необрезных досок на обрезных станках. В таком случае возможно использование только симметричных поставов, в противном случае увеличивается эксцен-

тричная нагрузка на пильные рамки, что значительно ухудшает качество поверхности и точность формы пиломатериалов.

При распиловке бревен вразвал необходимо оснащение лесопильного цеха высокопроизводительным участком обрезки (на лесопильных рамах в среднем распиливается 3 бревна в минуту, что вызывает необходимость обрезки до 24 и более досок за это же время).

2. Распиловка бревен на лесопильных рамах первого и второго ряда с 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 на простои бревнопильного оборудования. Основной недостаток этой технологической схемы - высокое энергопотребление (без учета вспомогательного оборудования - от 170 кВт. ч).

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

Производительность лесопильных рам зависит от выбранной схемы распиловки, среднего диаметра обрабатываемого сырья и уровня синхронизации лесопильного оборудования в потоке.

Объем перерабатываемого сырья для двухрамного двухэтажного лесопильного потока составляет в среднем 40 - 80 тыс. м³ бревен в год. Для увеличения производительности участка в лесопильном цехе применяют параллельную установку двух, трех и более потоков, причем оборудование второго ряда может различаться в соответствии с распиливаемыми диаметрами сырья и требованиями к качеству пиломатериалов. Увеличение производительности за счет параллельной установки потоков неразрывно связано с увеличением производственных площадей. Следует отметить, что фундамент при установке лесопильной рамы должен быть сделан по специальным технологиям, а его объем может достигать до 100 - 120 м³. Применение таких массивных фундаментов вызвано высокими динамическими нагрузками, возникающими при распиловке бревен (чем больше длина хода пильной рамки, тем выше нагрузки).

При использовании в лесопильном цехе лесопильных рам применение линии для сортировки бревен по размерным и качественным характеристикам становится обязательным, поскольку при использовании группового метода распиловки бревен раскрой низкокачественного сырья неэффек-

тивен: получаемые пиломатериалы будут иметь низкую стоимость либо отбраковываться, а затраты на их производство останутся неизменными.

При использовании в качестве головного оборудования лесопильных рам замена постава пил при переходе на следующий диаметр бревен занимает порядка 30 - 40 минут (за исключением рам с автоматической регулировкой пил по ширине постава). Поэтому при выполнении заказов рациональным является накопление такого объема бревен одного диаметра, который обеспечит безостановочную работу цеха в оперативный период работы оборудования, равный, например, половине рабочей смены.

Недостатками лесопильных рам являются: низкое качество поверхности, обязательная обрезка необрезных пиломатериалов, большое энергопотребление.

Тем не менее, при выполнении всех условий синхронизации работы оборудования в потоке и варьируя варианты станков для раскря бруса, можно обеспечить высокое качество пиломатериалов при заданном уровне производительности лесопильного предприятия.

Повсеместное распространение, простота в обслуживании и эксплуатации, а также возможность раскря бревен больших диаметров позволяют лесопильным рамам оставаться востребованными на лесопильных предприятиях России. В то же время проектирование новых лесопильных заводов, имеющих в качестве головного оборудования лесопильные рамы, малораспространено. В условиях конкурентной борьбы предприятиям необходимо снижать затраты по потреблению электроэнергии, увеличивать объемный выход пиломатериалов, а также повышать качество поверхности, точность размеров и формы выпиленных пиломатериалов.

Ленточнопильные станки нашли широкое применение на лесопильных предприятиях различной производственной мощности.

Основными достоинствами ленточнопильных станков являются:

- относительно малая ширина пропила (толщина пильного полотна как правило не превышает 0,001 диаметра шкива и обычно находится в пределах 1,6-4 мм в зависимости от ширины пильной ленты), что позволяет увеличить объемный выход пилопродукции;

- возможность раскря пиловочных бревен диаметром более метра, что практически не достижимо на оборудовании другого типа.

Принципиальная схема работы ленточнопильного станка представлена на рис. 24.

Ленточнопильные станки, используемые на лесопильных предприятиях малой производственной мощности, относятся к позиционному типу и разделяются на две группы:

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

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

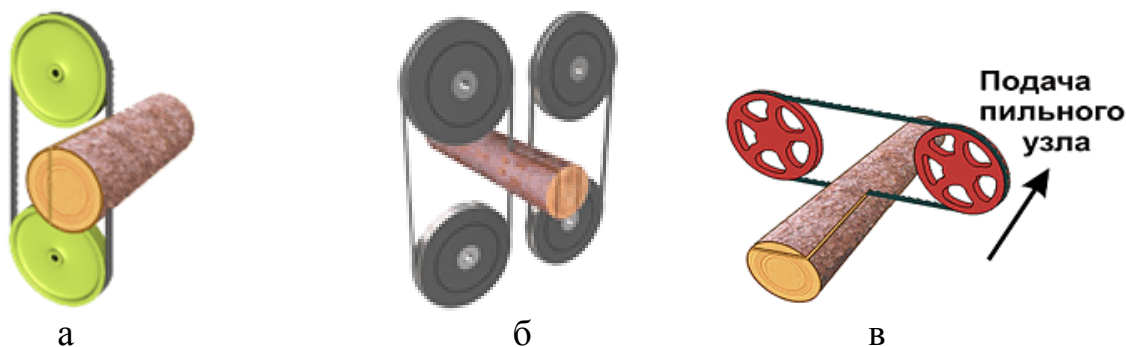


Рис. 24 Принципиальная схема работы ленточнопильного станка
а – однопильного вертикального ленточнопильного станка, б - двухпильного вертикального ленточнопильного станка, в – однопильного горизонтального ленточнопильного станка

Ленточнопильные станки, используемые на средних и крупных предприятиях, можно разделить по следующим признакам:

1. По количеству пил: одно-, двух- и многопильные;
2. По расположению пильных механизмов: с последовательным расположением пил (танDEMом) и параллельным, симметричным относительно направления подачи.
3. По максимально возможному распиливаемому диаметру бревен.
4. По ширине пильной ленты.

Потоки, имеющие в качестве головного бревнопильного оборудования однопильные ленточнопильные станки, целесообразно использовать на предприятиях средней и малой производственной мощности. При этом, как правило, на первом проходе на однопильных ленточнопильных станках выпиливается двухкантный брус, а также, при наличии в поставе, требуемое количество боковых досок. На втором проходе двухкантный брус распиливается на пиломатериалы на многопильных станках. Примерная производительность такого потока составляет примерно 40 – 60 тыс. м³ пиломатериала в год.

Двухпильные ленточнопильные станки применяются в качестве бревнопильного оборудования первого ряда. Как правило, их устанавливают вместе с фрезернобрусующим модулем. Такая связка станков позволяет получать технологическую щепу, а также несколько увеличить объемный выход пиломатериалов за счет увеличения длины боковых досок, если это позволяет градация пиломатериалов по длине, предусмотренная спецификацией, рис. 25.

Многопильные ленточнопильные агрегатные станки komponуются из однопильных станков и могут быть либо сдвоенными, либо счетверенными в зависимости от количества объединяемых однопильных узлов.

Установка на первом проходе многопильных ленточнопильных станков позволяет одновременно выпиливать несколько пар боковых досок.

При распиловке бревен с последовательным расположением пил (тан-дем), рис. 26, пилой первого пильного блока отпиливается горбыльная часть бревна. Второй пильный блок отпиливает боковые доски. При использовании оборудования в комбинации с фрезерно-брусующим станком за один проход отпиливается 2 необрезные доски.

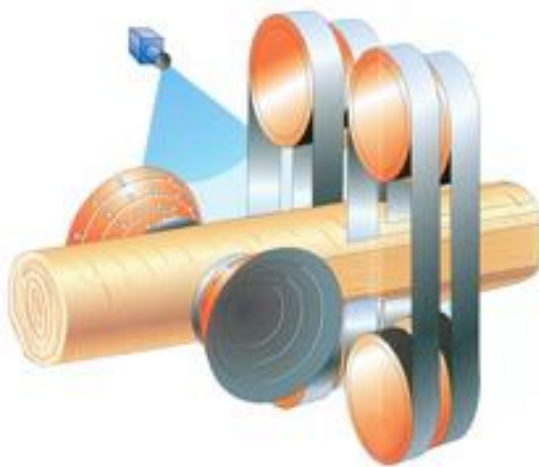


Рис. 25 Схема использования ленточнопильного станка с фрезернобрусующим модулем



Рис. 26 Ленточнопильные станки конфигурации «Тандем»

Большое распространение получила установка на первом проходе спаренных ленточнопильных станков с параллельным расположением пил. При этом производится отпиливание горбыльной части и выпилка двухкантного бруса. При установке на первом проходе фрезерно-брусующего модуля возможна выпилка одной пары боковых досок с одновременным получением технологической щепы. При установке на первом проходе счетверенного ленточнопильного агрегата за один проход можно получить двухкантный брус, поступающий на бревнопильное оборудование второго ряда. Некоторыми производителями ленточнопильных станков предусмотрена возможность раскря бревен на первом проходе при помощи системы возврата бревна на одном спаренном ленточнопильном станке. Такое технологическое решение позволяет сократить затраты на оборудование, однако практически в два раза снижает максимальную пропускную способность оборудования.

Для раскря двухкантного бруса на втором проходе также могут применяться несколько параллельно и последовательно расположенных ленточнопильных станков. При этом повышается объемный выход пиломатериалов, однако значительно увеличивается нагрузка на участок подготовки пил к работе за счет увеличения их количества, что не всегда обосновано и оправдано увеличением объемного выхода пиломатериалов.

С целью повышения производительности процесса раскря бревен и увеличения объемного выхода пиломатериалов, применяется схема раскря бревна при его последовательной распиловке на нескольких (в зависимости от постава) двух-, или четырехпильных спаренных или счетверенных модулях. Так, например, на первом проходе происходит фрезерование боковых поверхностей бревна и отпиливание одной или двух пар боковых досок с зависимости от постава. На втором проходе двухкантный брус может попадать в такой же станок, где фрезеруются боковые поверхности бревна и также отпиливается требуемое число пар боковых досок, далее, рис. 27, четырехкантный брус распиливается на обрезные пиломатериалы на счетверенном ленточнопильном станке. При наличии в поставах большого количества выпиливаемых сечений пиломатериалов количество станков может быть увеличено для осуществления полного раскря бревен без выполнения ими возвратно-поступательных перемещений, что повышает производительность, однако требует больших размеров цеха. Выбор схемы распиловки и количества единиц оборудования зависит от среднего диаметра сырья, количества сечений в спецификации и выбранной схемы раскря.

Схема распиловки с использованием только ленточнопильного оборудования является наиболее актуальной при распиловке ценных пород древесины, так как позволяет увеличить объемный выход пилопродукции до 5%.



Рис. 27 Пример распиловки двухкантного бруса на втором проходе при помощи счетверенных ленточнопильных станков

Особое внимание при выборе конкретной модели ленточнопильного оборудования следует уделить ширине пильного полотна. Производить групповую распиловку пиловочника узкими пилами неэффективно, так как при этом снижается точность формы пиломатериалов за счет меньшей жесткости ленточнопильных пил по сравнению с круглыми и рамными пилами.

Мощность главного привода у ленточнопильных станков относительно невелика и находится в пределах 50 – 150 кВт, что выгодно отличает ленточнопильные станки от круглопильных станков и лесопильных рам.

Использование ленточнопильных станков позволяет добиться увеличения объемного выхода пиломатериалов, раскраивать бревна больших диаметров, а также обеспечивает сравнительно низкие затраты по энергопотреблению. Наряду с этим их использование накладывает определенные требования к квалификации рабочих на участках пиления и подготовки инструмента, что может негативно сказаться на точности формы получаемых пиломатериалов.

Использование *круглопильных станков* для продольного раскря древесины возможно на предприятиях различной производственной мощности, как в качестве основного оборудования на малых предприятиях, так и в составе высокопроизводительных линий в качестве станков первого и/или второго ряда на средних и крупных деревообрабатывающих предприятиях.

Различают две основные конструктивные модификации круглопильных станков:

- однопильные;
- многопильные.

По количеству валов круглопильные станки подразделяют на:

- одновальные;
- двухвальные;

Двухвальные станки имеют либо параллельное, либо взаимноперпендикулярное расположение пильных валов. В первом случае валы располагаются в одной плоскости со сдвигом относительно друг друга. При этом обеспечивается получение единого разреза в одной плоскости. В большинстве случаев пилы на подобных станках имеют диаметр 500 - 650 мм, однако возможно использование пил большего диаметра (до метра и более). При взаимноперпендикулярном расположении пил возможно получение обрезных досок за один проход.

На средних и крупных лесопильных предприятиях целесообразно использовать многопильное круглопильное оборудование проходного типа. При этом оно может быть использовано и на первом, и на втором проходах, соответственно для распиловки бревен и брусьев.

В отличие от ленточнопильных бревнопильных станков и лесопильных рам круглопильное оборудование имеет бóльшую ширину пропила, составляющую в среднем 3; 4 и 6 мм соответственно. Чем больше диаметр пилы, тем больше ширина пропила, что негативно сказывается на объемном выходе пиломатериалов. Снижение толщины пильного полотна, а соответственно и ширины пропила требует специальной технологии изготовления пил, высоких требований к точности всех выполняемых операций при базировании и распиловке бревен, а также высокой квалификации работников, подготавливающих пилы к работе, что представляет определенные трудности на практике.

Выбор одно- или двухвального оборудования зависит от размерных характеристик бревен или брусьев поступающих в распиловку.

Одновальные круглопильные многопильные станки, как правило, имеют высоту пропила не превышающую 380 мм, при диаметре пильного диска 900 мм. Наиболее распространенными являются круглопильные станки с высотой пропила 280 – 300 мм, предназначенные для распиловки бревен малых и средних диаметров, а также для раскроя бруса на втором проходе. Для бревен и брусьев больших диаметров, свыше 32-34 см, применяют двухвальные многопильные круглопильные станки проходного типа, позволяющие производить распиловку толстомерного сырья с суммарной высотой пропила в среднем 400 – 520 мм. Пильный механизм в этом случае состоит из двух валов: нижнего и верхнего, с расположенными на них в одной вертикальной плоскости нижних и верхних пил, рис. 28. Использование двухвальной технологии позволяет уменьшить ширину пропила, с 6 до 5 мм, за счет использования более тонких пил.

В современных условиях многопильные круглопильные станки получили широкое распространение в составе фрезерно-брусующих, фрезернопильных и фрезерно-профилирующих линий, позволяющих одновременно

с производством высококачественных спецификационных пиломатериалов получать технологическую щепу.

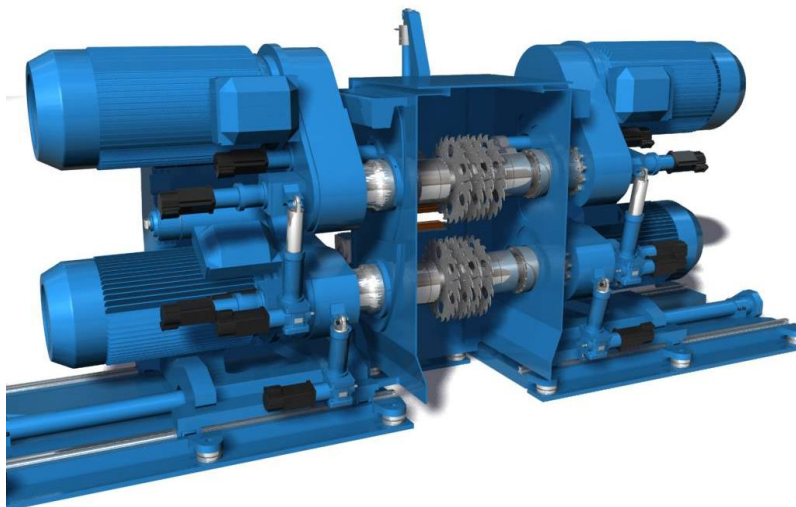


Рис. 28 Двухвальный круглопильный многопильный станок

На малых и лесопильных предприятиях применяются станки позиционного и позиционно-проходного типа, при которых либо бревно, либо пильные модули имеют жесткое крепление. Распиловка производится за счет перемещения пильных модулей вдоль бревна (оборудование позиционного типа, рис. 29), либо за счет перемещения предмета труда вдоль пильных модулей (оборудование позиционно-проходного типа, рис. 30). Бревнопильные станки позиционно-проходного типа имеют несколько большую производительность, по сравнению со станками позиционного типа за счет большей скорости подачи и возврата бревна.



Рис. 29 Двухпильный круглопильный станок позиционного типа

Скорость подачи у оборудования позиционного и позиционно-проходного типа не является основным фактором, определяющим его производительность, так как время вспомогательных операций по закрепле-

нию бревна, переводу пил и обратному ходу пильных механизмов или предметов труда значительно превышает время самой распиловки. Станки позиционного типа имеют практически в два раза меньшие габариты, что позволяет использовать их в условиях дефицита площади. Коэффициент машинного времени этого оборудования (характеризующий отношение полного цикла распиловки непосредственно ко времени резания) невысок и составляет в среднем от 0,2 (станки позиционного типа) до 0,3 (станки позиционно-проходного типа).

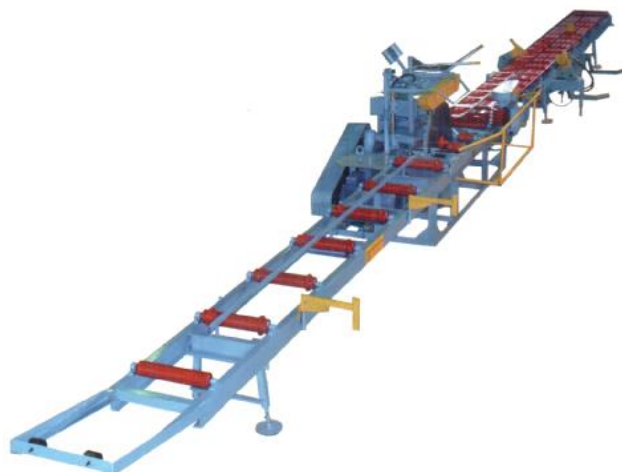


Рис. 30 Круглопильный станок позиционно-проходного типа

При использовании станков позиционного и позиционно-проходного типа в качестве головного оборудования можно добиться значительного повышения их производительности за счет установки в линии на втором проходе многопильных круглопильных станков, раскраивающих двух- или четырехкантный брус, получаемый на головном станке. При этом значительно снижается требуемое количество резов, а соответственно и увеличивается коэффициент рабочего времени станка.

Основными критериями выбора конкретной модели позиционно-проходного и позиционного типа являются: возможность раскроя бревен большого диаметра, ширина пропила, максимальный распиливаемый диаметр сырья и возможность применения информационных технологий по оптимизации раскроя.

К достоинствам станков позиционного типа можно отнести возможность производства как пиломатериалов общего назначения, используемых в самых разных областях, так и пиломатериалов специального назначения, например радиальных или тангенциальных.

К недостаткам оборудования индивидуального раскроя относится сравнительно небольшая производительность вследствие значительного времени, затрачиваемого на операции, не связанные непосредственно с пилением.

Отдельно следует выделить технологию «углового пиления», рис. 31, круглопильными станками со взаимно перпендикулярными пилами. Использование этих станков значительно повышает объемный выход радиальных пиломатериалов, которые являются на сегодняшний день наиболее востребованными на рынке.

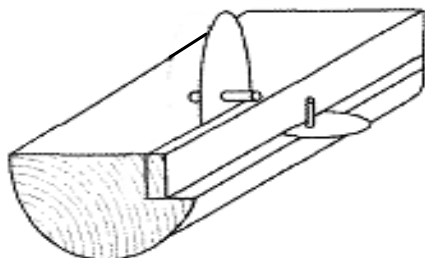


Рис. 31 Принцип распиловки методом «углового пиления»

Использование станков со взаимно перпендикулярными валами повышает выход радиальных пиломатериалов на 15 – 20 %, при некотором снижении производительности за счет сложной схемы раскроя бревна, рис. 32, что оправдывается их большей рыночной стоимостью. Также при использовании этого метода раскроя оператору легче визуально определять качество выпиливаемых пиломатериалов и, соответственно, появляется возможность внесения изменений в поставки пил в зависимости от качества пиловочных бревен.

Основными достоинствами круглопильных станков являются высокая точность формы и размеров получаемых пиломатериалов, наибольшая скоростью подачи среди всех видов бревнопильного оборудования и продолжительный ресурс работы инструмента, что в значительной степени компенсирует большую ширину пропила.

Структура современных лесопильных заводов, как правило, объединяет в себе использование различных типов оборудования, имеющих свои конструктивные особенности.

При одновременном производстве на бревнопильном оборудовании пиломатериалов и щепы наиболее целесообразным является использование фрезерных модулей в совокупности с делительными станками, в качестве которых могут быть использованы все типы бревнопильного оборудования. На рис. 33 представлена схема ленточнопильного потока компании Soderhamn Eriksson.

В современных условиях широкое распространение получили фрезерно-брусующие, фрезерно-пильные и фрезерно-профилирующие линии, позволяющих одновременно с производством высококачественных спецификационных пиломатериалов получать технологическую щепу, фрезеруя кромки пиломатериалов и горбыльные части ствола.

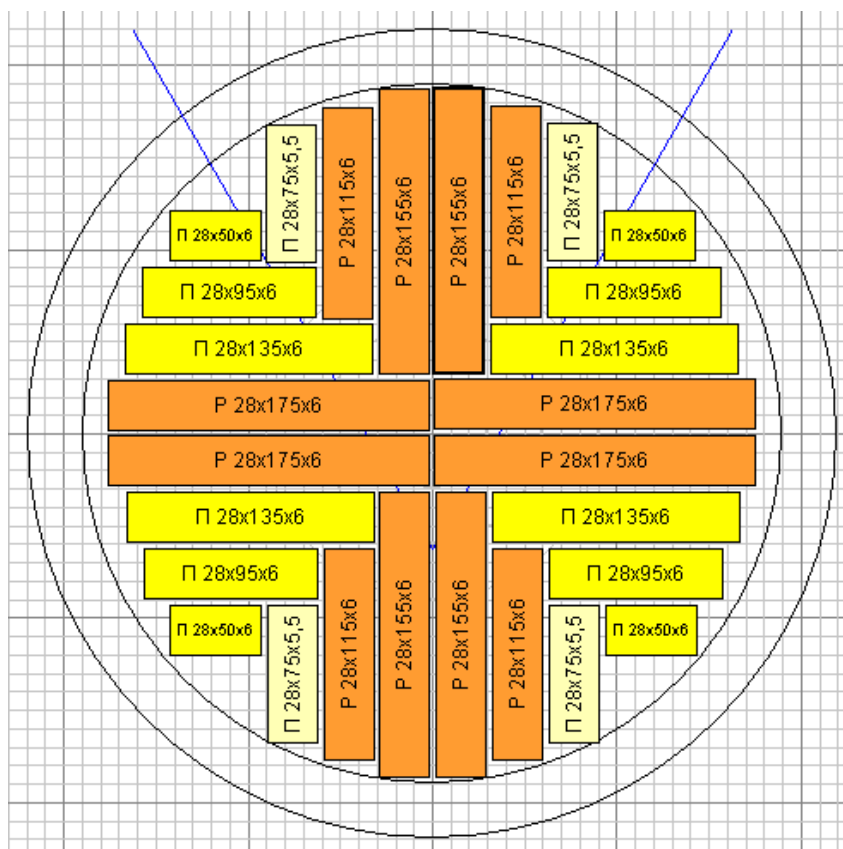


Рис. 32 Схема раскря бревна для получения радиальных пиломатериалов

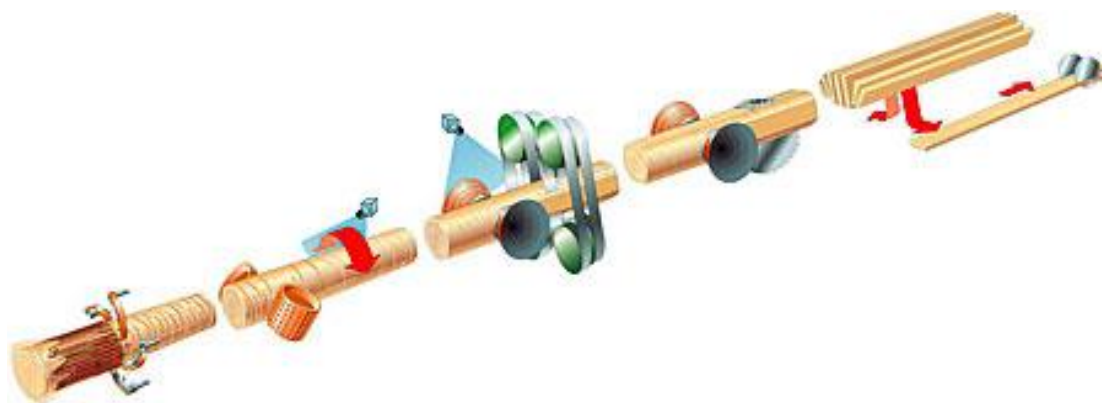


Рис. 33 Схема фрезерно-ленточнопильного потока с использованием на втором проходе фрезерного узла и круглопильного делительного оборудования

Под профилированием понимается обработка боковых поверхностей бревен специальными фрезами для получения технологической щепы, которая может выполняться одновременно с распиловкой бревен на пиломатериалы.

При распиловке тонкомерного сырья в качестве головного оборудования первого ряда целесообразно использовать *фрезерно-брусующее* оборудование, обрабатывающее две либо четыре стороны бревна, получая соответственно двух- или четырехкантный брус, без формирования пиломате-

риалов, рис. 34. Этот способ раскроя обуславливается спецификационными требованиями к пиломатериалам, и может быть эффективен при высокой востребованности технологической щепы.

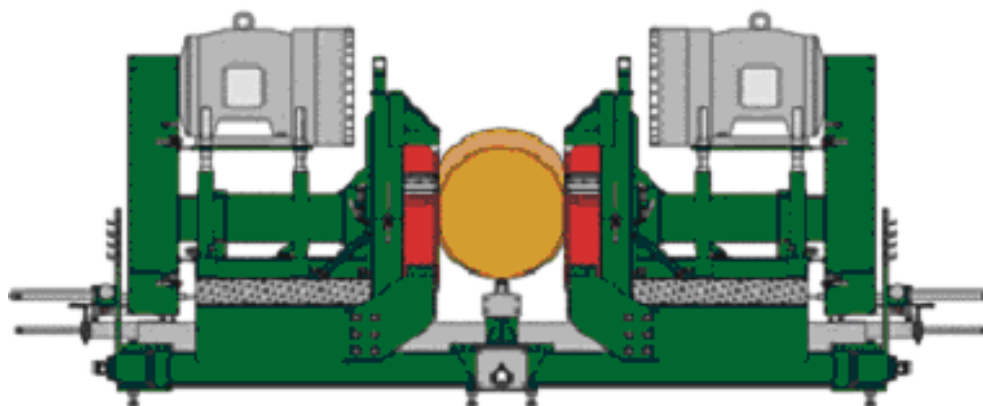


Рис. 34 Принцип работы фрезерно-брусующего оборудования

При использовании в качестве головного оборудования фрезерно-пильных агрегатов, одновременно с фрезерованием горбыльной зоны выпиливается требуемое количество боковых необрезных пиломатериалов, для окончательной обработки которых необходимо применять обрезные станки и рубительные машины, перерабатывающие получаемые при обрезке рейки в технологическую щепу.

Достаточно распространенным является использование на первом проходе фрезерно-брусующих станков, а на втором *фрезерно-пильных агрегатов*. Принцип работы фрезерно-пильного оборудования при распиловке двухкантного бруса на втором проходе, представлен на рис. 35.



Рис. 35 Схематичное изображение работы фрезерно-пильного оборудования

При производстве пиломатериалов обрезка их кромок может осуществляться не только фрезами, но и с помощью подрезных круглых пил. На рис. 36 изображен процесс получения технологической щепы с использованием фрезы и подрезной пилы.

Фрезерные модули могут быть использованы как отдельно стоящие станки или в составе смешанных агрегатных станков, совмещенных с круглопильным или ленточнопильным оборудованием. В зависимости от требуемой высоты пропила, круглопильные многопильные станки, оборудованные фрезерными устройствами, могут выпускаться как в одно- так и

в двухвальном исполнении. При использовании систем идентификации формы и размеров бревен перед распиловкой возможно также составление схем раскроя пиловочника с учетом их размерно-качественных характеристик для повышения объемного и качественного выхода пиломатериалов.

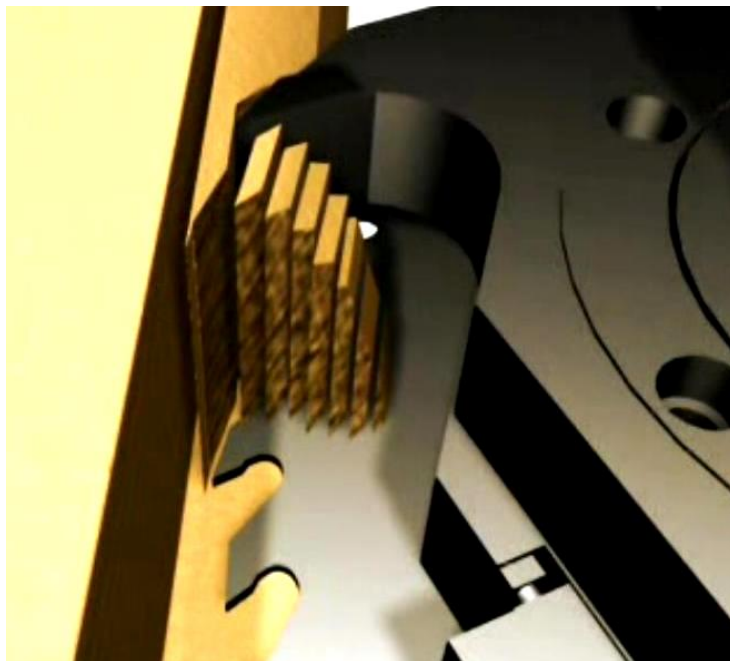


Рис. 36 Профилирование поверхности боковой доски

Использование в качестве головного оборудования *фрезерно-профилирующих устройств*, рис. 37 и 38 позволяет одновременно выполнять все технологические операции по формированию пиломатериалов, исключая торцовку на головном станке, а именно осуществлять:

- переработку горбыльной части на технологическую щепу;
- фрезерование кромок пиломатериалов;
- распиловку бревен и брусьев на обрезные пиломатериалы требуемого сечения не требующие последующей дополнительной обработки.

Повышение уровня автоматизации и механизации производства, использование современных систем измерения и базирования бревен позволяет автоматически рассчитывать поставки пил и фрез при распиловке исходя из качественных характеристик пиловочного сырья, поступающего в обработку.

Поставы могут быть оптимизированы с учетом качественных характеристик бревен, что позволяет получать асимметричный профиль бруса, обрабатываемый одновременно и пилами, и фрезами, с последующей распиловкой на многопильных станках получая только обрезные пиломатериалы.

лы, что увеличивает объемный и качественный выход готовой продукции, рис. 39.

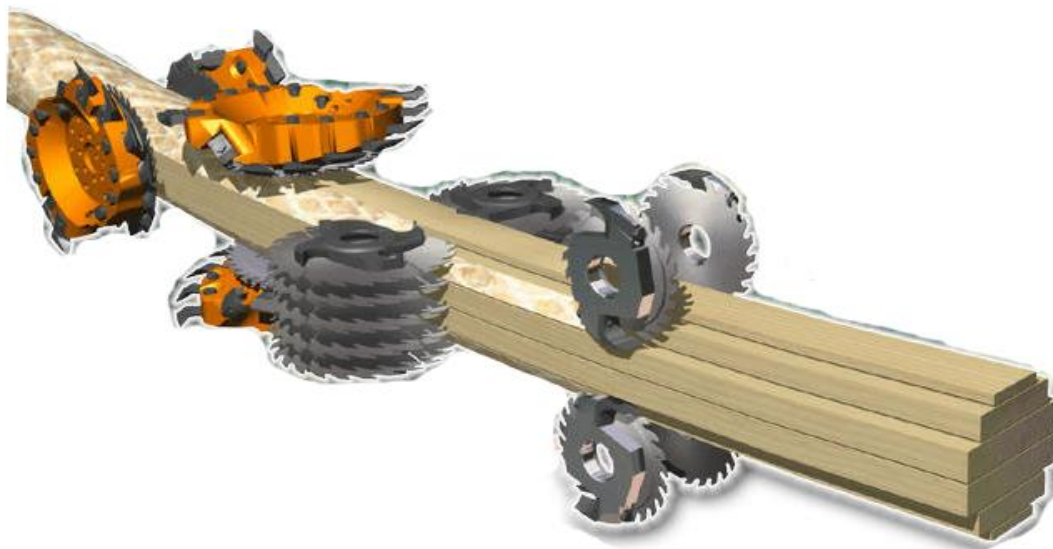


Рис. 37 Принцип работы фрезерно-профилирующего оборудования

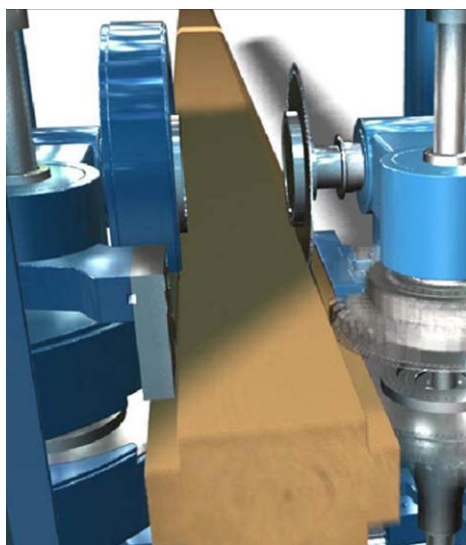


Рис. 38 Формирование ступенчатого бруса

При использовании фрезерно-профилирующих агрегатов, которые, как правило, являются основным и зачастую единственным оборудованием для раскря бревен которое установлено в лесопильном цехе возможно по эффективно обрабатывать пиловочные бревна с вершинным диаметром, как правило, до 42 см со скоростями подачи до 150-180 м/мин.

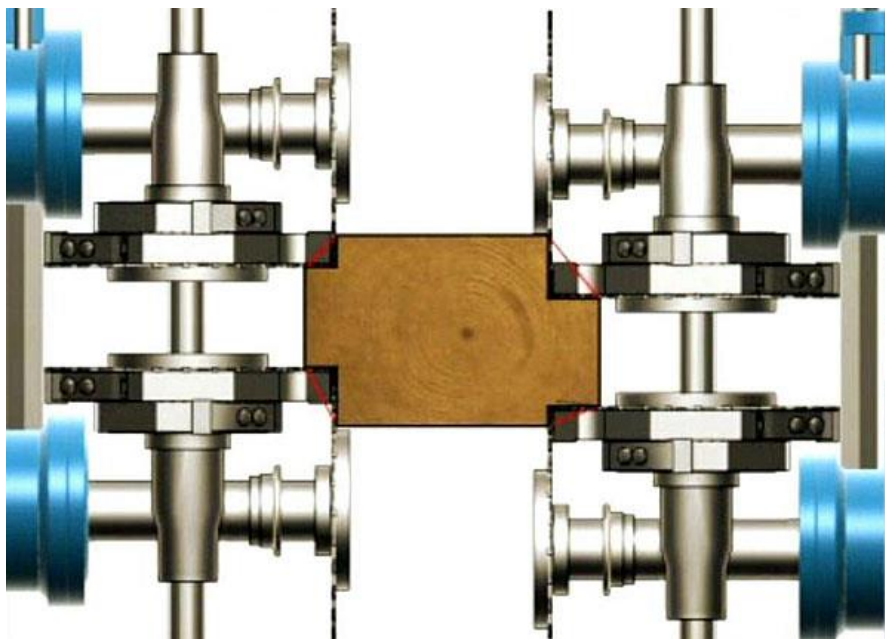


Рис. 39 Асимметричное профилирование бруса

Использование агрегатных способы переработки древесины позволяет повысить эффективность при распиловке бревен по кривой вдоль образующей. Повышения выхода продукции можно достичь при распиловке с диагональным или параллельным смещением бруса относительно оси. Этот метод особенно эффективен при обработке короткомера и при условии использования фрезерных модулей.

Нарастающий интерес к такому виду техники обусловлен развитием программных средств вычисления и автоматизацией технологического процесса, что позволяет распиливать бревна по индивидуальным поставкам в соответствии с их геометрическими характеристиками.

На рис. 40 представлена схема криволинейного пиления вдоль образующей бревна при распиловке криволинейных брусьев. Процесс осуществляется таким образом, чтобы все данные предварительного сканирования и оптимизации поставка последовательно учитываются. При этом происходит определение максимально возможной ширины брусовой части, в соответствии со спецификацией, радиуса распила и расположения пиломатериалов в брус.

Большая производительность, высокие точность формы и размеров получаемых пиломатериалов позволяют сделать вывод о большом потенциале использования круглопильных станков в составе фрезернопильных и фрезерно-профилирующих линий для распиловки бревен и брусьев. Использование фрезерных линий в сочетании с ленточнопильными бревнопильными станками позволяет распиливать бревна больших диаметров.



Рис. 40 Схема криволинейной распиловки бруса

Поскольку в линиях агрегатной переработки бревен используется бревнопильное оборудование различных типов, для обеспечения синхронизации технологического потока необходимо соблюдение ряда условий:

- составление схем раскроя пиловочных бревен должно выполняться индивидуально для оборудования первого и последующих рядов, с учетом ограничений по максимальным геометрическим размерам пиловочных бревен, выбранного способа раскроя, а также принимая во внимание изменение ширины пропила при раскрое бревен на оборудовании различных типов;
- особое внимание следует уделить выбору системы базирования и перемещения пиловочника по лесопильному цеху.

Раскрой пиломатериалов

Процесс производства пиломатериалов в лесопильном цехе разделен на несколько стадий, которые могут выполняться на одном или нескольких единицах оборудования в зависимости от выбранной схемы технологического процесса:

1. Раскрой пиловочных бревен на бревнопильном оборудовании первого ряда для получения двухкантного бруса, параллельно с которым образуются необрезные пиломатериалы и горбыль.
2. Раскрой двухкантного бруса на делительном оборудовании второго и последующих рядов с образованием обрезных пиломатериалов, необрезных пиломатериалов и горбылей.
3. Изготовление подгорбыльных досок из горбыля.
4. Обрезка необрезных пиломатериалов на обрезном станке с образованием реек.

5. Торцовка пиломатериалов по длине.

Реброво-горбыльные станки предназначены для переработки горбыля и получения обрезной доски и классифицируются по следующим признакам:

- вертикальные;
- горизонтальные;
- однопильные;
- многопильные.

Структурная схема работы реброво-горбыльного станка представлена на рис. 41.



Рис. 41 Схема работы реброво-горбыльного станка
а – горизонтального, б – вертикального

Получение обрезных пиломатериалов из горбылей позволяет повысить объемный выход пилопродукции. Выработку из них необрезных пиломатериалов рационально проводить в случае необходимости получения тонких пиломатериалов, переработки сбежистых бревен, а также для уменьшения нагрузки на головное и вспомогательное оборудование лесопильного цеха, за счет установки на нем меньшего количества пил для выпилки пиломатериалов из сбеговой зоны.

Обрезные станки служат для формирования требуемой ширины у необрезных пиломатериалов, выпиливаемых из сбеговой зоны бревна.

Схема работы обрезных устройств представлена на рис. 42.



Рис. 42 Принципиальная схема работы обрезного станка

Обрезные станки следует разделять на два типа:

- однопильные;
- многопильные.

При выборе конкретной модели обрезного оборудования необходимо руководствоваться количеством досок требующих обработки, измеряемым в штуках за единицу времени. Это обусловлено тем, что в зависимости от скорости работы основного оборудования для раскроя бревен к обрезным устройствам может поступать до 80 досок в минуту, имеющих различные геометрические размеры. Коэффициент использования машинного времени для обрезных станков колеблется от 0,4 до 0,5, что связано с необходимостью измерения каждой конкретной доски и потерями времени на настройку станка для формирования требуемого сечения пиломатериалов по ширине.

Торцовочные станки

Назначение станков для торцовки досок – поперечный раскрой для формирования требуемой длины пиломатериалов.

Торцовочные станки и устройства различаются по следующим признакам:

- однопильные;
- многопильные;
- позиционные;
- проходные.

Принципиальная схема торцовки пиломатериалов представлена на рис. 43.

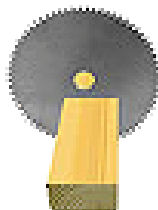


Рис. 43 Принципиальная схема торцовки пиломатериалов

Принято различать предварительную торцовку, выполняемую в лесопильном цехе для отпиливания горбыльных и обзолных частей досок и окончательную торцовку, выполняемую после сушки пиломатериалов.

Установки позиционного типа применяются для предварительной либо окончательной торцовки пиломатериалов в лесопильном цехе, а также на малых предприятиях для окончательной торцовки. Оборудование проходного типа в виде триммеров устанавливается после обрезки пиломате-

риалов перед сортировочной линией, а также на участке сортировки сырых пиломатериалов.

Оборудование для переработки кусковых отходов

В процессе обрезки и торцовки сырых пиломатериалов образуются отходы производства в виде горбылей, реек и кусков пиломатериалов, рис. 44, которые могут быть переработаны на топливную либо технологическую щепу.



Рис. 44 Рейки и горбыль, получаемые в процессе раскроя пиломатериалов

Эта операция выполняется при помощи рубительных машин, установленных, как правило, также в лесопильном цехе.

Технологическая щепа, рис. 45, может применяться в виде топлива, сырья для целлюлозно-бумажного производства, а также для изготовления древесноволокнистых и древесностружечных плит, в производстве спиртов, дрожжей, глюкозы, фурфурола, ксилита и т.д.

Щепа для целлюлозно-бумажного производства и производства древесноволокнистых плит должна быть без мятых кромок, угол среза должен быть равен $30 - 60^\circ$. Количество щепы, не соответствующей указанным требованиям, не должно превышать 30 % от объема партии.

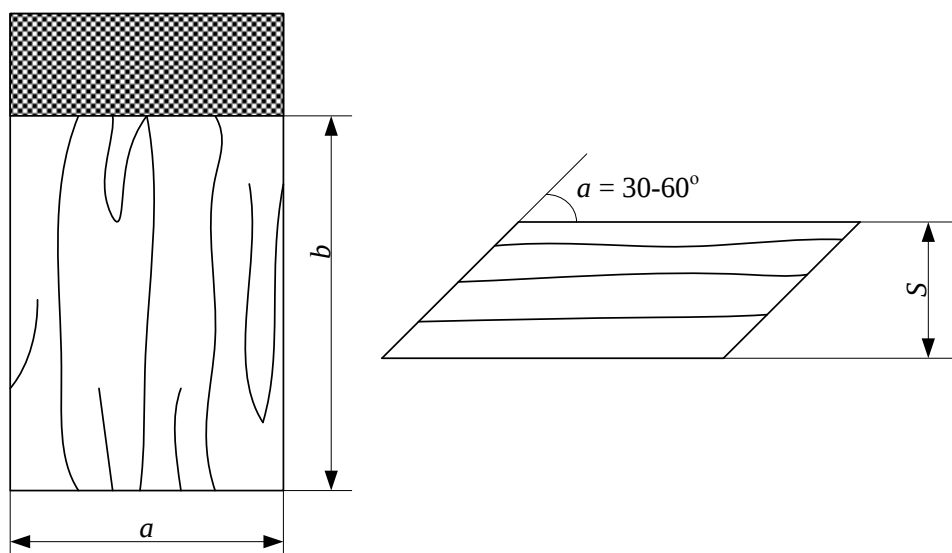


Рис. 45 Технологическая щепа

a – ширина щепы, b – длина щепы, S – толщина щепы

В щепе для производства древесностружечных плит и гидролиза качество кромок и угол среза не учитывают.

Размеры технологической щепы устанавливаются в зависимости от ее марки и назначения, табл. 28, и находятся в пределах 5 – 60 мм по длине и 5 – 30 мм по толщине, ширина щепы не регламентируется.

Для изготовления технологической щепы является обязательным использование окорочного оборудования, поскольку содержание коры в щепе снижает ее сортность.

Таблица 28

Размеры щепы		
Марка щепы	Длина, мм	Толщина, не более, мм
Ц-1, Ц-2, Ц-3	15-25	5
ГП-1, ГП-2, ГП-3	5-35	5
ПВ	10-35	5
ПС	10-60	30

После измельчения в рубительных машинах, к основным типам которых относятся барабанные и роторные, рис. 46, 47. На рис. 48 представлена барабанная рубительная машина ВК-ДН 300 х 650 L-6 WT, производства Германии.

После измельчения щепу разделяют на фракции при помощи сортировочных устройств, оборудованных ситами.

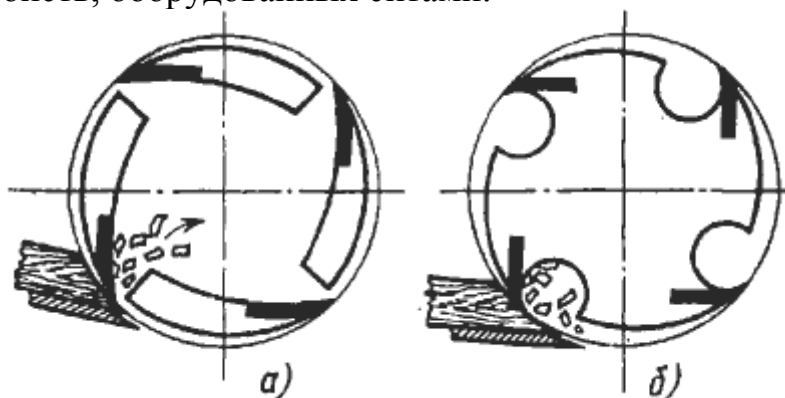


Рис. 46 Схема работы барабанной рубительной машины
а – с закрытым ротором, б – с открытым ротором

Учет технологической щепы производят в кубических метрах плотной массы с округлением до 0,1 м³.

Для перевода насыпного объема щепы в плотный при перевозках железнодорожным транспортом применяют коэффициенты, зависящие от дальности перевозки и способа погрузки.

Для перевода насыпного объема щепы в плотный при перевозках автомобильным транспортом применяют следующие коэффициенты: 0,36 -

до отправки потребителю; 0,40 - после перевозки на расстояние до 50 км и 0,42 - на расстояние более 50 км.

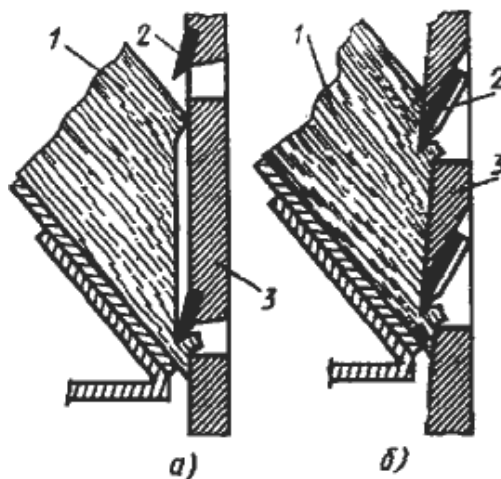


Рис. 47 Схема узлов резания дисковой рубильной машины
а — с плоскими ножами, б — с геликоидальными ножами (1 — древесина, 2 — ножи, 3 — вращающийся диск)

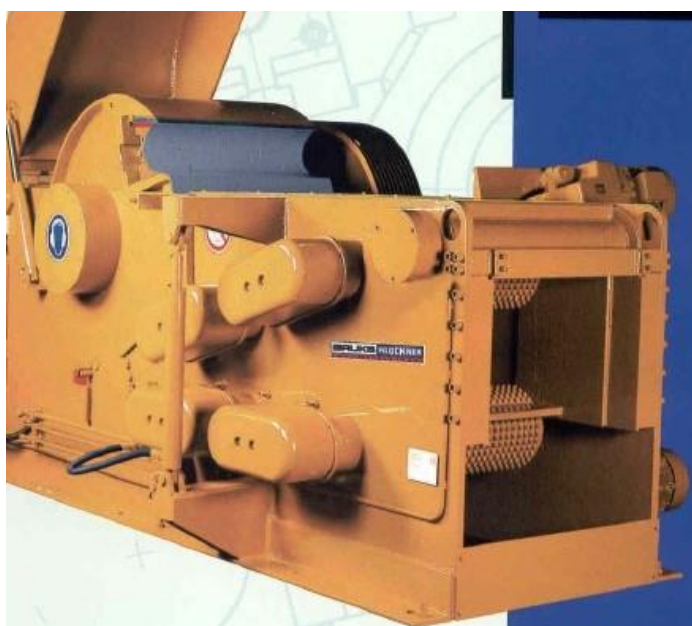


Рис. 48 Барабанная рубильная машина

Сушка пиломатериалов

Один из наиболее сложных и наукоемких технологических процессов обработки древесины. Выбор оборудования осуществляется на основе обоснования способа сушки (рис. 49).

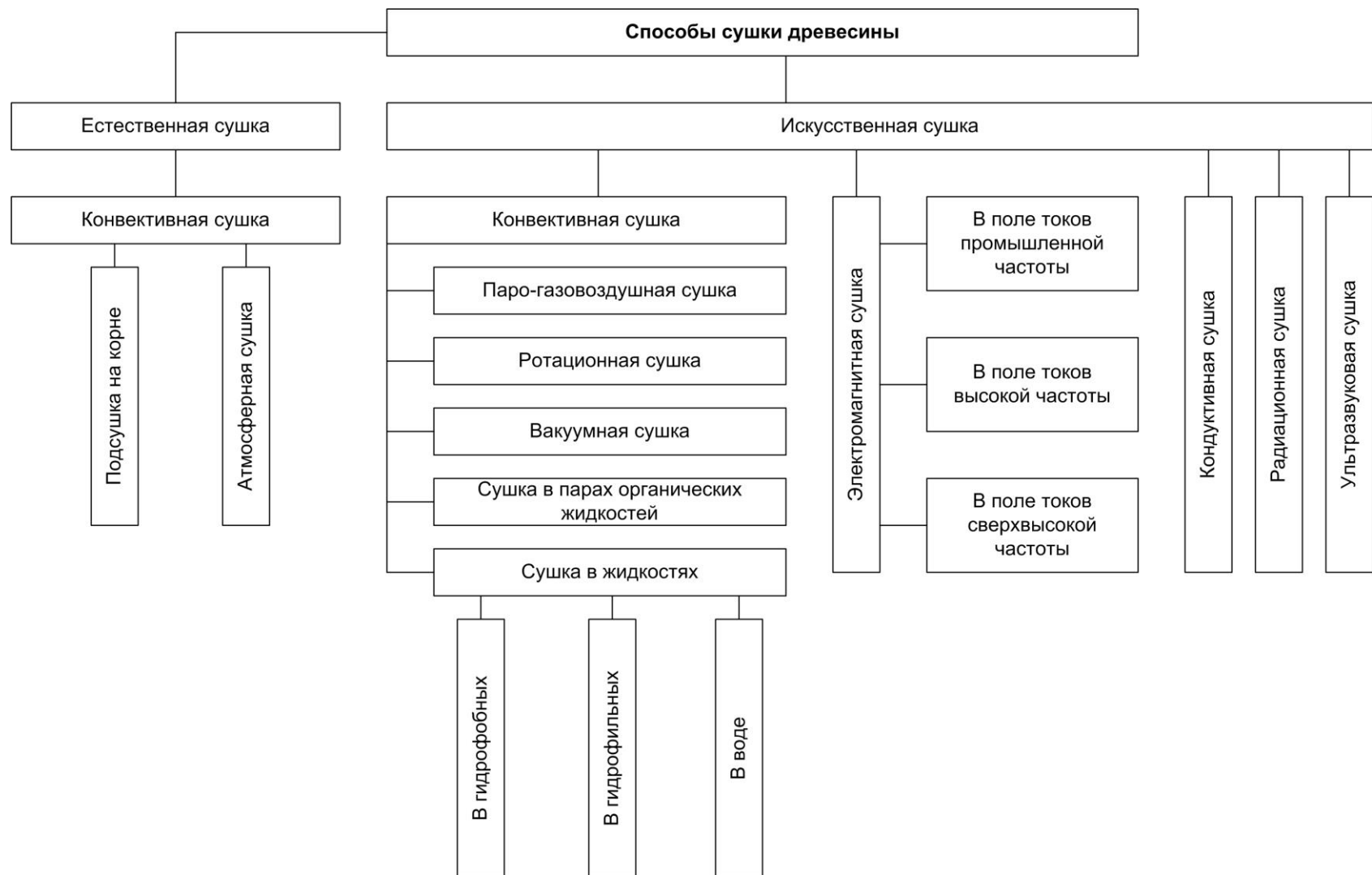


Рис. 49 Классификация способов сушки древесины (по А.М. Артеменкову)

5.3.3 Оценка конкурентоспособности оборудования

Комплексная оценка конкурентоспособности деревообрабатывающего оборудования на основе экономико-математического моделирования может быть выполнена с использованием ранее описанного метода расстановки приоритетов.

Одним из подходов к анализу конкурентоспособности оборудования на основе определения и оценки эксплуатационных свойств может служить анализ его инвестиционной привлекательности. Такая методика позволяет оценить товар в первую очередь с позиции покупателя. Вместо поиска значительного количества потребительских свойств покупатель оценивает только один фактор – прибыль, которую компания получит от использования того или иного вида оборудования.

В результате опроса экспертов в области лесопиления может быть сформирован перечень основных показателей конкурентоспособности бревнопильного оборудования. К ценовым показателям могут быть отнесены продажная цена, уровень производственных затрат, стоимость режущего инструмента. К основным показателям оборудования могут быть отнесены: производительность, объемный и качественный выходы пиломатериалов, качество (точность формы, размеров, шероховатость поверхности) пилопродукции, возможность индивидуальной распиловки, ресурс работы режущего инструмента и другие.

Все эти показатели определяют эффективность потребления товара, т.е. эффективность эксплуатации бревнопильного оборудования. Эта эффективность наиболее универсально может быть измерена показателем инвестиционной стоимости. В экономической литературе она рекомендуется для расчета инвестиционной стоимости компании и известна под названием «модель Гордона»:

$$CV = \sum_{k=1}^n \frac{FCF_k}{(1+r_k)^k} + \frac{FCF_{n+1}(1+g)}{(r_{n+1}-g)} / (1+r_{n+1})^{n+1},$$

где CV - отдача от проводимых инвестиций в новое оборудование; FCF - свободный денежный поток в различные периоды; r - стоимость капитала; g - темп роста в последующие периоды.

Денежный поток, на расчете которого базируется формула, определяется как сумма чистых денежных поступлений от операционной, финансовой и инвестиционной деятельности.

Стоимость капитала r (цена капитала, процентная ставка, темп прироста, процент, рост, ставка процента, норма прибыли, доходность) – это необходимый уровень доходности (рентабельности) на вложенные в ком-

панию средства (инвестиции), исходя из уровня совокупного риска, присущего компании. Таким образом, этот коэффициент при инвестиционном планировании характеризует риск проекта:

$$r = r_f + r_r,$$

где r_f - безрисковая доходность; r_r - премия за риск.

С помощью предлагаемой методики возможно учесть основные факторы производства, влияющие на выбор бревнопильного оборудования, а именно: объемы доступной лесосырьевой базы, мощность предприятия, размерно-качественные характеристики сырья, ассортиментный состав продукции, виды и способы реализации отходов. Для этого необходимо оценить значение показателя стоимости капитала r в части второй его составляющей – величины премий за риск проекта.

Виды риска целесообразно определять на основе мнений экспертов. В качестве примера экспертная оценка величины премий за риск представлена в табл. 29.

Таблица 29

Экспертная оценка величины премий за риск, связанный с инвестированием в бревнопильное оборудование

№ п/п	Виды риска	Значение, %	Примечание
1	Размер компании	0	Крупные предприятия с производственной мощностью от 151 тысячи кубометров пиловочных бревен в год
		2,5	Предприятия средней мощности 51-150 тысяч кубометров бревен в год
		5	Предприятия малой мощности 5-50 тысяч кубометров бревен в год
2	Руководящий состав: качество управления	0-5	Уровень качества управления в зависимости от степени стабильности производства
3	Товарная диверсификация	0	Обширный ассортимент
		2,5	Средний ассортимент
		5	Малый ассортимент
4	Диверсифицированность клиентуры	0	Широкий ценовой коридор на продукцию
		2,5-5	Средний ценовой коридор на продукцию
		5	Узкий ценовой коридор на продукцию
5	Уровень и прогнозируемость прибылей	0-5	Отсутствие или наличие положительной динамики развития
6	Сортовой риск	0-5	Процент закупок лиственных пород (для крупных компаний)
7	Размерный риск	0-5	Процент закупок бревен диаметром от 40 до 60 см или некондиционных (для крупных компаний)

8	Риск, связанный с реализацией отходов	0-5	Степень возможности реализации отходов
9	Региональный риск	0-5	Степень влияния на деятельность компании коммерческих и финансовых факторов
10	Лесосырьевая база	0	Неистощенная
		5	Истощенная
	Итого	Итоговое значение равно сумме значений п.1 – п. 10	

Расчет итоговой премии за риск, связанный с инвестициями в конкретный проект, выполняется по следующей формуле:

$$r_z = r_{co} + r_i + r_c + r_m + r_p + r_{c1} + r_{pe} + r_s + r_{sz} + r_w + r_{reg} + r_{res},$$

где r_z - итоговая премия за риск, ед.; r_{co} - премия за страновой риск (инвестиционный климат в стране размещения оборудования), ед.; r_i - премия за отраслевой риск, ед.; r_c - премия за риск, связанный с размером предприятия, ед.; r_m - премия за риск, связанный с качеством управления, ед.; r_p - премия за риск, сопряженный с диверсификацией товаров, ед.; r_{c1} - премия за риск, определяемый диверсифицированностью клиентуры, ед.; r_{pe} - премия за риск, связанный с уровнем и прогнозируемостью прибылей, ед.; r_s - премия за сортовой риск, ед.; r_{sz} - премия за размерный риск, ед.; r_w - премия за риск, связанный с реализацией отходов, ед.; r_{reg} - премия за региональный риск, ед.; r_{res} - премия за риск, связанный с доступностью сырьевой базы, ед.

5.4 Обоснование параметров режимов обработки

При технологическом проектировании и подготовке производства параметры режимов обработки обосновывают по всем реализуемым процессам (рис. 50), так как они в числе других факторов (рис. 51, 52), оказывают влияние на качество продукции, оцениваемое, как было показано ранее, множеством свойств, на расход сырья и материалов, производительность процесса. На каждой операции могут быть выделены выходные параметры, формирующие тот или иной показатель качества, факторы, воздействующие на выходной параметр, входные параметры, характеризующие предмет производства на начальной стадии, и влияющие на выходные параметры (табл. 30).

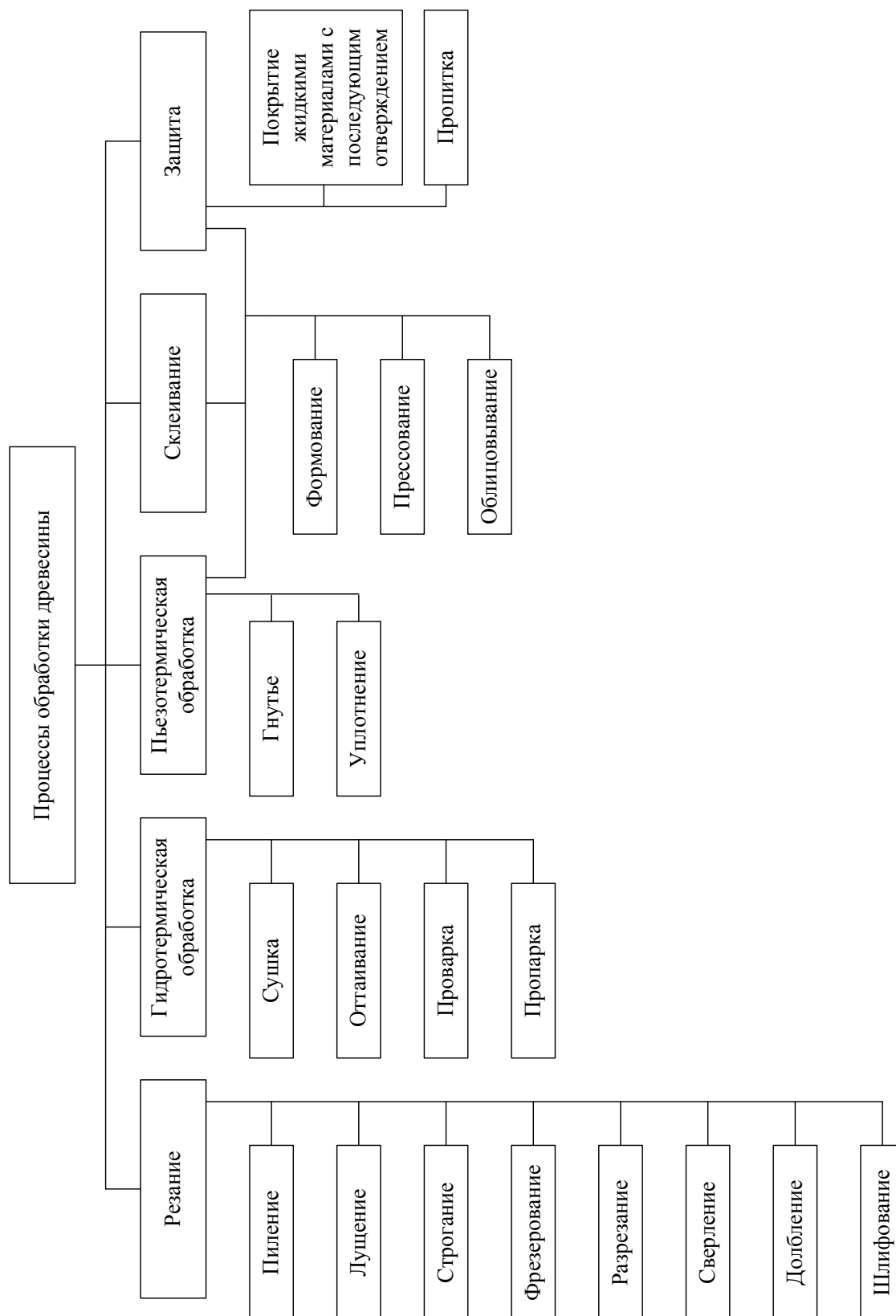


Рис. 50 Классификация процессов обработки древесины

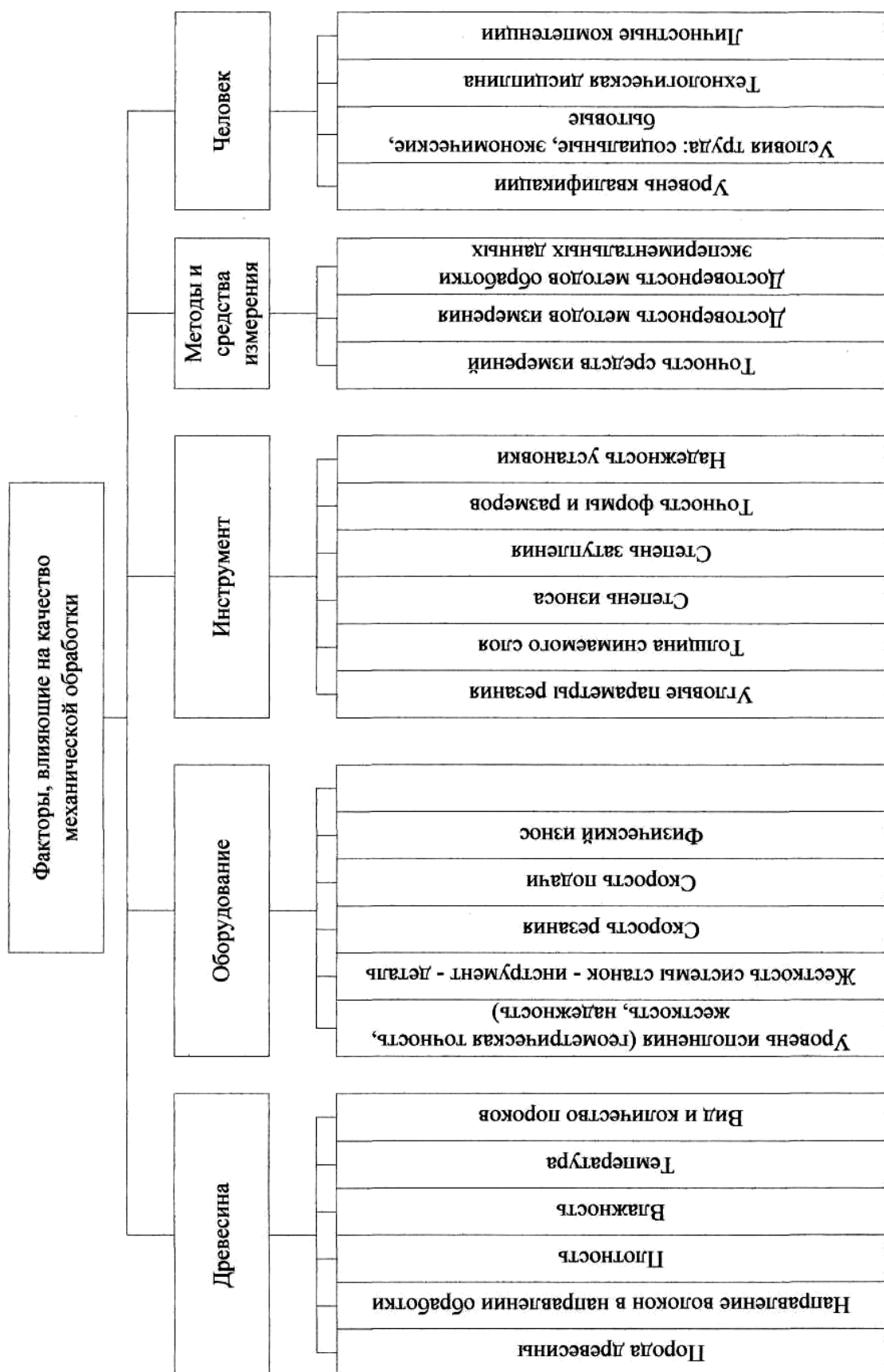


Рис. 51 Факторы, влияющие на точность и шероховатость поверхности обработки

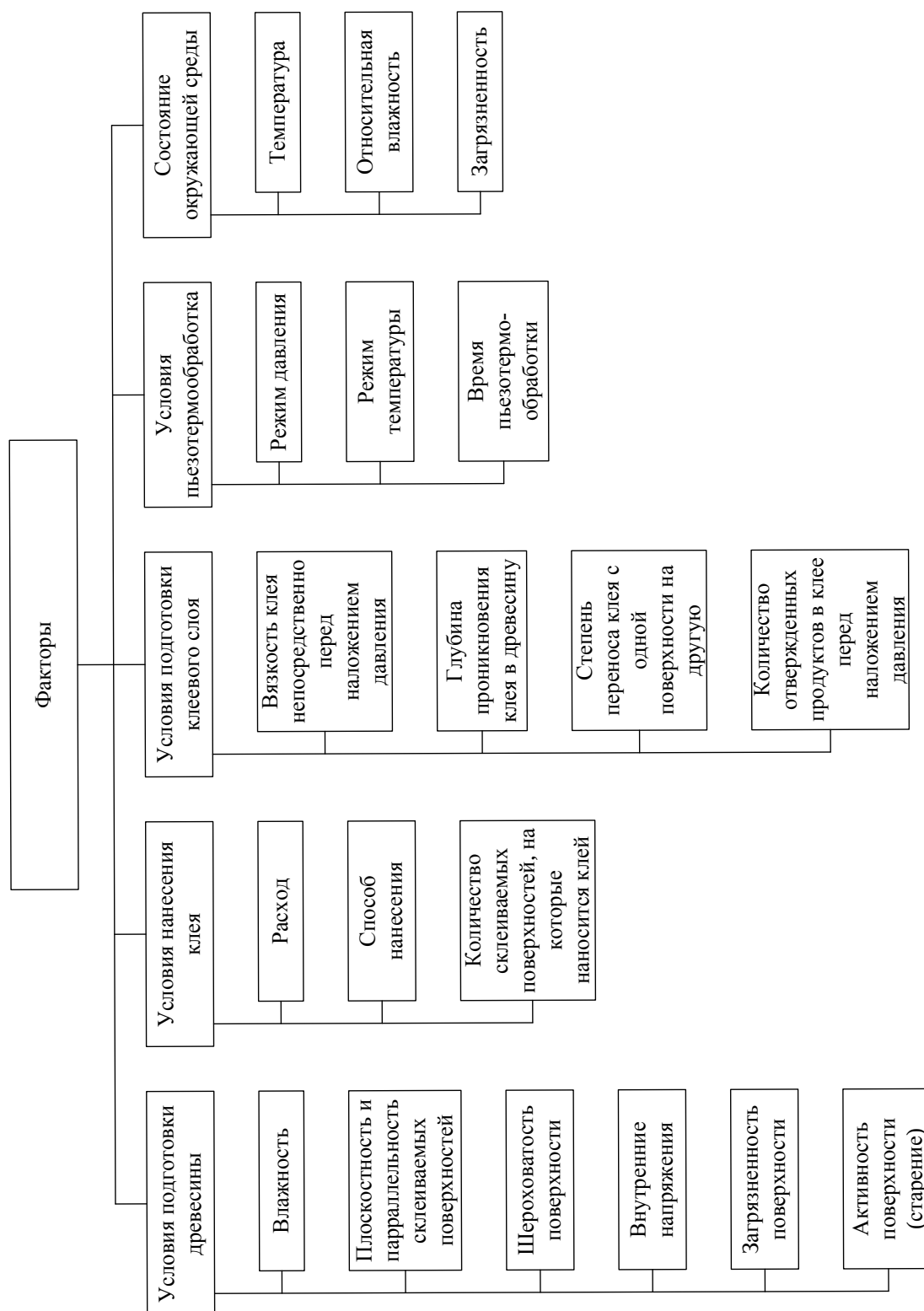


Рис. 52 Классификация факторов, влияющих на формирование клеевого соединения

Таблица 30

Факторы, влияющие на выбор режима обработки

Наименование операции, способа обработки	Основные выходные параметры	Основные влияющие факторы (управляющие воздействия)	Основные контролируемые входные параметры
1	2	3	4
Операции, сопровождающиеся сложными физико-химическими явлениями			
1. Гидротермическая обработка сырья в фанерном производстве	Температура на поверхности чурака ($t_{\text{ч}}$) и условного карандаша ($t_{\text{к}}$). Разность температур ($t_{\text{ч}}$) и ($t_{\text{к}}$). Равномерность распределения влаги по сечению чурака.	Температура воды в бассейне в процессе обработки. Продолжительность обработки.	Температура сырья. Порода древесины. Диаметр сырья
2. Сушка древесины	Влажность древесины. Равномерность распределения влажности по сечению. Внутренние напряжения. Усушка.	Температура агента сушки в процессе обработки. Относительная влажность воздуха в сушильном агрегате в процессе обработки. Продолжительность отдельных стадий и процесса в целом. Продолжительность кондиционирования.	Начальная влажность древесины. Начальная температура древесины. Порода древесины.
Склеивание древесины	Прочность при скалывании после вымачивания или кипячения. Прочность при изгибе. Наличие несклеенных мест.	Способ склеивания. Температура склеивания. Продолжительность склеивания. Давление на склеиваемые сортаменты. Расход клея.	Вид и свойства клея. Вид и количество отвердителя. Влажность древесины. Шероховатость поверхности. Точность обработки. Порода древесины.

Продолжение табл. 30

1	2	3	4
4. Склеивание шпона в производстве фанеры и фанерных плит	Прочность при скалывании после вымачивания или кипячения. Прочность при изгибе. Точность толщины фанеры. Упрессовка. Влажность фанеры. Плотность фанеры, фанерных плит. Наличие несклеенных мест – «пузырей»	Способ склеивания. Температура склеивания. Продолжительность склеивания. Давление на пакет в процессе склеивания. Расход клея.	Вид и свойства клея. Вид и количество отвердителя. Влажность шпона. Шероховатость поверхности шпона. Точность толщины шпона. Порода древесины. Наличие на поверхности шпона инородных веществ.
Операции обработки резанием			
1. Пиление	Точность формы и размеров. Шероховатость поверхности. Неровности обработки.	Вид и размеры инструмента. Величина подачи на зуб. Степень износа и затупления инструмента. Скорость резания. Скорость подачи.	Порода древесины. Размеры обрабатываемых заготовок. Влажность древесины. Точность формы и размеры заготовок.
2. Цилиндрическое фрезерование.	Точность формы и размеров. Шероховатость поверхности. Неровности обработки.	Вид инструмента. Степень износа и затупления инструмента. Скорость резания. Скорость подачи.	Порода древесины. Размеры обрабатываемых заготовок. Влажность древесины. Точность форм и размеры заготовок.
3. Шлифование.	Шероховатость поверхности. Неровности обработки.	Вид и зернистость шлифовальной шкурки. Способ шлифования. Число проходов и зернистость шкурки на каждом проходе.	Порода древесины. Влажность древесины. Точность формы и размеры заготовок. Шероховатость поверхности заготовок.

6 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

6.1 Расчет оборудования. При проектировании технологии выполняют укрупненный расчет оборудования. Потребное количество оборудования рассчитывают по следующей методике:

1. Определение производительности оборудования:

а) для оборудования проходного типа:

$$A_{np} = UT_{cm}K_u / l_{cp}, \text{ шт. в смену};$$

$$A_{np} = UT_{cm}VK_u / l_{cp}, \text{ м}^3 \text{ в смену};$$

б) для оборудования позиционного типа:

$$A_{noz} = T_{cm}K_u / t_u, \text{ шт. в смену};$$

$$A_{noz} = T_{cm}VK_u / t_u, \text{ м}^3 \text{ в смену};$$

где U - скорость подачи, м/мин; T_{cm} - продолжительность смены, мин; K_u - коэффициент использования оборудования, $K_u = 0,55-0,9$; l_{cp} - средняя длина (ширина) обрабатываемой заготовки, м;

$$l_{cp} = \sum_{i=1}^m l_i n_i / \sum_{i=1}^m n_i ;$$

l_i - длина (ширина) i -й обрабатываемой заготовки, м; n_i - количество заготовок i -го типоразмера; m - количество типоразмеров заготовок; V - объем одновременно перерабатываемых заготовок, м³; t_u - время цикла обработки, мин.

2. Определение времени на обработку единицы продукции (шт., м³):

$$H = T_{cm} / A, \text{ мин.}$$

3. Определение потребного количества времени на обработку годовой программы продукции:

$$T_z = HN / 60, \text{ ч,}$$

где N - годовая программа продукции (шт., м³).

4. Определение потребного количества оборудования:

$$n = T_z / T_p, \text{ шт.,}$$

где T_p - эффективный фонд времени работы единицы оборудования в год ($T_p = 3968$ ч - для технически оснащенных рабочих мест (оборудования), $T_p = 4165$ ч - для технически не оснащенных рабочих мест при двухсменной работе).

Полученное значение n округляют до целого числа, как правило, в большую сторону, получая таким образом принятое количество оборудования n_{np} .

5. Определение процента загрузки оборудования:

$$P_z = (n / n_{np}) 100 \text{ \%}.$$

При выборе и расчете оборудования следует стремиться к его равномерной загрузке, поточной организации труда с единым ритмом работы станков по всему потоку. В процессе производства возникает необходимость оптимизации загрузки оборудования, т.е. распределения заказов на станки таким образом, чтобы их общая загруженность была минимальной при обеспечении требуемого ассортиментного плана.

На основе выбора оборудования составляют ведомости по формам, приведенным в табл. 31 и 32.

6.2 Расчет инструмента

Потребное количество инструмента, шт., на единицу оборудования рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{T_z m}{(1 - q)ta / b},$$

где m - количество одноименных инструментов в комплекте на единицу оборудования; a - допустимая величина стачивания инструмента, мм; b - величина стачивания режущей части инструмента за одну переточку, мм; t - продолжительность работы инструмента без переточки, ч; q - потери инструмента на поломку и непредвиденные расходы; ta/b - срок службы инструмента, ч.

Расчет инструмента целесообразно вести по форме табл. 33 в соответствии с нормативами табл. 34.

Годовая потребность в инструменте:

$$I_{\Gamma} = I + I_{об},$$

где $I_{об}$ - оборотный фонд инструмента, шт. $I_{об}$ принимают равным $4K$ для малорасходуемого инструмента и $5K$ для широко используемого инструмента. Значения K приведены в табл. 35.

Таблица 31

Ведомость технологического оборудования

Наименование оборудования, изготовитель (завод, страна, фирма)	Тип, модель	Количество, шт.	Габаритные размеры, мм; длина x ширина x высота	Потребная площадь для организации рабочего места, м ²	Количество рабочих мест, чел.	Установленная мощность, кВт	Расход пара, кг/ч	Расход воды, м ³ /ч	Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	Масса, т	Примечание

Таблица 32

Расчет численности основных рабочих

Наименование оборудования, ра- бочего места	Тип, модель	Количество оборудования, рабочих мест, шт.	Число дней работы в год	Число штатных рабочих, чел.			Разряд рабочих	Требуемое число чел.-дней при работе	
				на единицу оборудования (рабочего ме- ста) в одну смену	на все оборудование (рабочие места)			в одну смену	в две смены
					в одну сме- ну	в две смены			

Таблица 33

Ведомость расчета потребности в инструменте

Оборудование	Наименование	Количество на единицу оборудования	Срок службы, ч	Время работы станка в году, ч	Годовой расход I , шт.	Годовая потребность I , шт.	Цена единицы инструмента, руб.	Стоимость годовой потребности, руб.

Таблица 34

Нормативы для расчета потребного количества инструментов

Инструмент	Величина допускаемого стачивания инструмента a , мм	Величина стачивания за одну переточку b , мм	Продолжительность работы инструмента без переточки, ч	Потери на поломку и непредвиденные расходы, %
Пилы дисковые	20...35	0,6...0,8	3,5	5
Пилы дисковые, оснащенные пластинками из твердого сплава	6...8	0,15...0,20	50,0	3
Пилы ленточные столярные	25...40	0,3...0,4	3,5	5
Ножи плоские без прорезей	5...15	0,2...0,3	7,0	5
Ножи плоские с прорезями	5...13	0,2...0,3	7,0...10,0	5
Ножи сборных фрез, оснащенные пластинками из твердого сплава	4...8	0,20	10,0...60,0	8
Фрезы цельные	15...25	0,15...0,30	3,0...10,0	5
Фрезы концевые	10...40	0,4	2,0...4,0	10...15
Сверла	25...40	0,4	2,0...4,0	15...20

Таблица 35

Значения коэффициента K

Время работы инструмента, ч	K	Время работы инструмента, ч	K
До 3950	1	19750 – 23700	6
3950 – 7900	2	23700 – 27650	7
7900 – 11850	3	27650 – 31600	8
11850 – 15800	4	31600 – 35500	9
15800 – 19750	5	35500 – 39500	10

6.3 Расчет транспорта

В качестве транспортных средств на деревообрабатывающих предприятиях используются авто- и электропогрузчики, напольные рольганги, иные конвейеры. Потребное количество колесного транспорта рассчитывают исходя из требуемого и располагаемого фондов времени работы транспорта:

$$N_{\text{тр}} = T_{\text{тр}} / T_{\text{р}} K_{\text{п}},$$

где $T_{\text{тр}}$ – требуемый годовой фонд времени работы транспорта для осуществления всех перевозок, ч; $T_{\text{р}}$ – располагаемый годовой фонд времени единицы транспорта, ч; $K_{\text{п}}$ – коэффициент использования транспортного средства с учетом времени на ремонт, $K_{\text{п}} = 0,96$.

Требуемое время работы транспорта, ч, определяют по формуле:

$$T_{\text{тр}} = (t_1 + t_2 + t_3) I,$$

где t_1 – время проезда на один рейс, ч; $t_1 = S_{\text{ср}} / V$; $S_{\text{ср}}$ – среднее расстояние одного рейса, км:

$$S_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m S_i n_i / \sum_{i=1}^m n_i ,$$

где S_i – расстояние i -го рейса, км; n_i – количество i -х рейсов; m – количество маршрутов; V – скорость движения транспорта, км/ч, $V = 5$ км/ч; t_2, t_3 – время на погрузку и выгрузку, ч; I – годовое количество рейсов:

$$I = Q / q ,$$

где Q – масса груза, перевозимого за год, кг; q – масса груза, перевозимого за один рейс, кг.

Расчет потребного количества транспортных средств целесообразно вести по форме, представленной в табл. 36.

В последние годы для транспортных связей технологического оборудования, в первую очередь в мебельном производстве, получили широкое распространение напольные рольганги. Их рассчитывают на основе плана цеха с размещенным оборудованием и размеров секций рольгангов. Основой для расчета служит расстояние транспортирования, вид материала, масса и способ размещения материала.

Типовые секции выпускают длиной 2000, 2500 и 3000 мм, шириной 800...850 мм.

Таблица 36

Расчет колесных транспортных средств

Наименование и характеристика грузов	Характеристика транспортного средства			Масса перевозимых грузов, т		Годовое количество рейсов	Среднее расстояние одного рейса, км	Время, ч				Расчетное количество транспортных средств, шт.	Принятое количество транспортных средств, шт.
	наименование, марка	грузоподъемность, т	скорость движения, км/ч	в год, Q	за один рейс, q			пробега, t ₁	погрузки, t ₂	разгрузки, t ₃	общее		

6.4 Расчет потребности в энергии на технологические нужды

Расчет расхода электроэнергии. Расход электроэнергии рассчитывают исходя из установленной мощности технологического оборудования и транспортных связей с учетом их загрузки и коэффициента использования активной мощности по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n p_i T_{pi} K_{иi},$$

где P_i – установленная мощность i -го технологического или транспортного оборудования, кВт; T_{pi} – количество часов работы i -го оборудования в год; $K_{иi}$ – коэффициент использования активной мощности i -го оборудования (табл. 37); n – число потребителей энергии.

Таблица 37

Коэффициенты использования активной мощности оборудования

Наименование оборудования	Коэффициент использования $K_{и}$
Станки круглопильные для продольного раскроя пиломатериалов, фуговальные, рейсмусовые, четырехсторонние продольно-фрезерные, шлифовальные, копировальные	0,45
Станки круглопильные для поперечного раскроя пиломатериалов и заготовок, для раскроя плитных материалов, фрезерные, токарные, сверлильные, шипорезные	0,20
Линии механической обработки заготовок, шлифования, полирования	0,50
Линии для отделки изделий:	
с электронагревателями	0,75
без электронагревателей	0,65
Кабины распылительные, сушильные камеры	0,70

Продолжение таблицы 37

Оборудование для изготовления мягкой мебели	0,3...0,5
Прессы, лаконоливающие машины, конвейеры для сушки покрытий, системы воздухообмена	0,65
Станки клеенаносящие, конвейеры	0,45
Гильотинные ножницы, краны, тележки	0,15
Пневмотранспорт технологический	0,70

Расчеты целесообразно свести в таблицу по форме, представленной в табл. 38.

Таблица 38

Расчет электроэнергии на технологические нужды

Наименование оборудования	Тип, модель	Количество шт.	Установленная мощность, кВт		Количество часов работы в год, T_{pi}	Коэффициент использования активной мощности K_{ni}	Расход энергии в год, кВт ч
			единицы	всего			

Расчет расхода пара, воды, сжатого воздуха. Годовой расход пара, воды и сжатого воздуха на технологические нужды рассчитывают исходя из нормативов их потребления единицей оборудования по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i T_{pi},$$

где q_i – часовое потребление пара (воды, сжатого воздуха) оборудованием, кг/ч – для пара, м³/ч – для воды и сжатого воздуха; T_p – количество часов работы i -го оборудования в год; n – число потребителей пара (воды, сжатого воздуха).

Расчеты целесообразно свести в таблицы для каждого вида ресурсов по форме, представленной в табл. 39.

Таблица 39

Расчет расхода пара (воды, сжатого воздуха) на технологические нужды

Наименование потребителя	Тип, модель	Количество, шт.	Часовой расход q , кг или м ³	Количество часов работы в год $T_{тр}$, ч	Годовой расход Q , т или м ³

6.5 Баланс сырья. Использование отходов

Расчет древесного сырья для производства пиломатериалов, фанеры и древесных плит при проектировании новых производств выполняют на основе укрупненных норм расхода сырья на 1 м³ древесных материалов. Практика работы лесопильных и фанерных предприятий показывает, что расход сырья варьирует в большом диапазоне и зависит от диаметра и сортности сырья, его породы, условий хранения и доставки, принятой технологии и состояния оборудования, других факторов. В среднем расход хвойного сырья на 1 м³ пиломатериалов составляет 1,6 – 2 м³; расход сырья на 1 м³ фанеры – 2,4 – 3,3 м³.

Баланс древесины в лесопилении включает в себя продукцию и отходы, получаемые в процессе раскря сырья. Баланс древесины в лесопилении представлен в табл. 40, а в фанерном производстве в табл. 41.

Таблица 40

Баланс древесины при раскря пиловочных бревен

Наименование продукта, отходов, потерь	Объем в сырье, %
Пиломатериалы	40 – 60
Технологическая щепка (кусковые отходы)	25 – 45
Опилки, отсев	10 – 20
Усушка	5 – 6
Распыл	1 – 2

Объем пиломатериалов определяется при составлении поставов и зависит от количества сечений пиломатериалов в спецификации, вида пильного инструмента, способа раскря пиловочных бревен и обычно находится в пределах 40-60%.

Объем опилок зависит от вида пильного инструмента и количества резов в бревне и, как правило, находится в пределах 10-20%.

Безвозвратные потери на усушку и распыл составляют 5-7% от объема бревен.

Оставшаяся часть древесины представляет собой технологическую щепу и кусковые отходы.

Вне баланса сырья находится кора, доля которой составляет 10-12%.

При формировании пиломатериалов и технологической щепы на всех стадиях производственного процесса неизбежно происходит образование отходов, основными из которых являются опилки, кора и кусковые отрезки пиломатериалов, которые могут являться ресурсами для других производств.

Таблица 41

Баланс древесины в фанерном производстве	
Наименование продукта, отходов, потерь	Объем в сырье, %
Фанера	46 – 48
Отходы:	
- при раскряжевке	2 – 3
- при лущении, включая карандаш	26 – 29
- при сушке и обработке сухого шпона	3 – 4
- при обрезке фанеры	4 – 6
Потери:	
- на усушку шпона	5 – 6
- на упрессовку фанеры	7 – 9

Эффективность лесопиления во многом может быть определена степенью утилизации древесных отходов. Уровень комплексного использования сырья на современных предприятиях в настоящее время составляет 80-85%, а с учетом потребления отходов на топливно-энергетические нужды может составлять до 90%.

В балансе пиловочного сырья доля отходов (без учета коры) составляет порядка 45 -55%, что предполагает разработку мероприятий по их переработке либо утилизации.

На рис. 53 представлено процентное соотношение использования отходов лесопильного производства в России по различным типам.

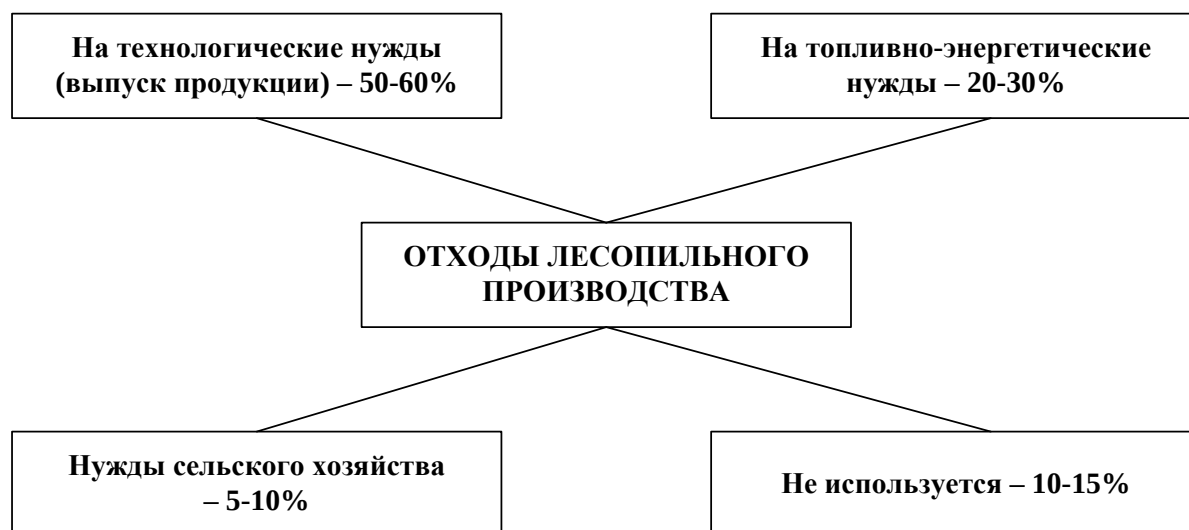


Рис. 53 Процентное соотношение сфер использования отходов лесопильного производства

На рис. 54 представлены основные направления использования вторичной продукции лесопильного производства.

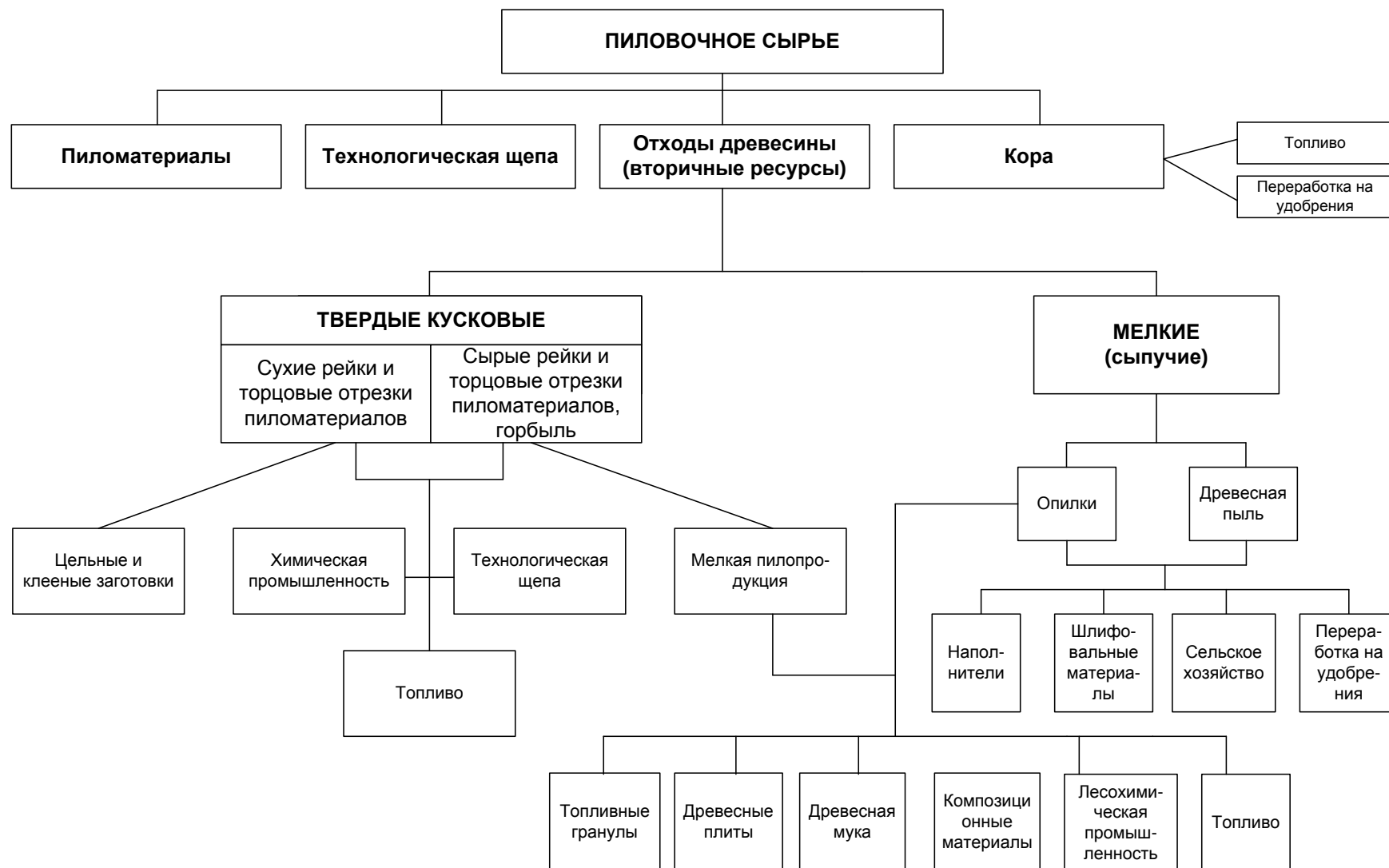


Рис. 54 Использование древесной массы пиловочного сырья

В условиях современного экономического развития целесообразными направлениями переработки отходов лесопильного производства являются:

- изготовление технологической и топливной щепы;
- производство клееных элементов различного назначения.

Выход технологической щепы при переработке отходов лесопиления составляет 90-92% объема окоренных кусковых отходов и зависит от типа применяемых рубильных машин и их обслуживания, 8-10% составляет некондиционная щепа, которая в основном применяется в виде топлива.

Особо следует отметить, что подавляющее количество кусковых отходов и короткомерных отрезков, которые в дальнейшем перерабатываются на технологическую щепу или склеиваются, вырабатываются из периферийной части ствола, как правило, не имеющей сучков.

Совершенствование существующего технологического процесса лесопильного производства должно быть неразрывно связано не только с повышением качественного и спецификационного выходов пиломатериалов, но и с развитием технологий по утилизации отходов.

6.6 Расчет производственных площадей и разработка плана цеха с размещением оборудования

Для определения потребной площади цеха следует определить площадь занятую рабочими местами, под которыми следует понимать площадь занятую непосредственно оборудованием, рабочими, подступными местами и инфраструктурой станков.

Предварительно разрабатывается структурная схема технологического процесса (рис. 55 – 57). Устанавливаются количество единиц оборудования, мест технологической выдержки, площади внутризаводских складов и вспомогательных отделений цеха.

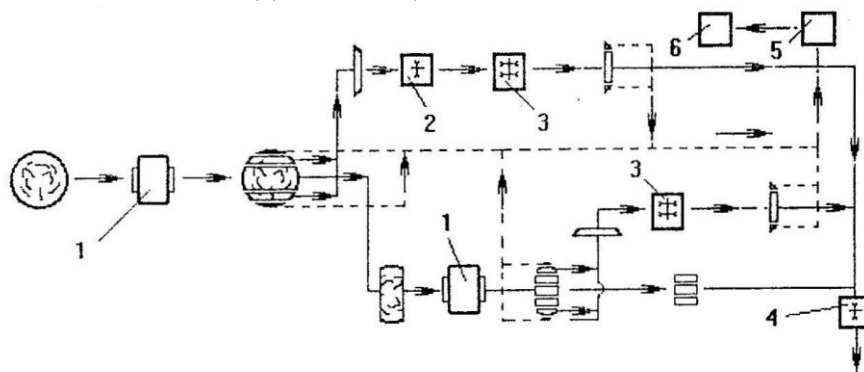


Рис. 55 Структурная схема двухрамного потока по производству обрезных пиломатериалов

1 – двухэтажные лесопильные рамы; 2 – торцовочный станок; 3 – обрезные станки; 4 – торцовочное устройство проходного типа; 5 – рубильная машина; 6 – устройство для сортировки щепы.

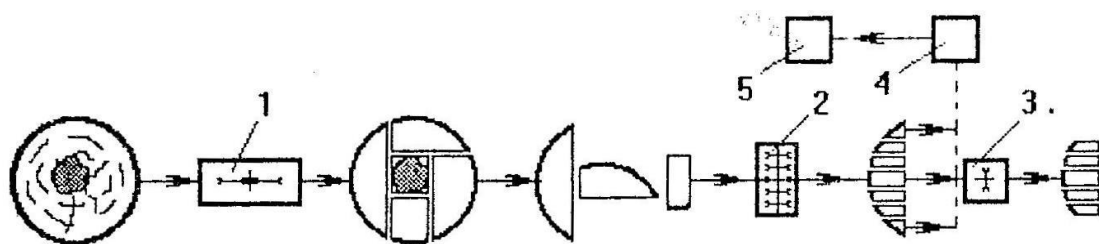


Рис. 56 Структурная схема потока на базе круглопильного однопильного станка для распиловки низкокачественного сырья

1 – круглопильный станок с тележкой; 2 – многопильный круглопильный станок; 3 – торцовочный станок; 4 – рубительная машина; 5 – установка для сортировки щепы.

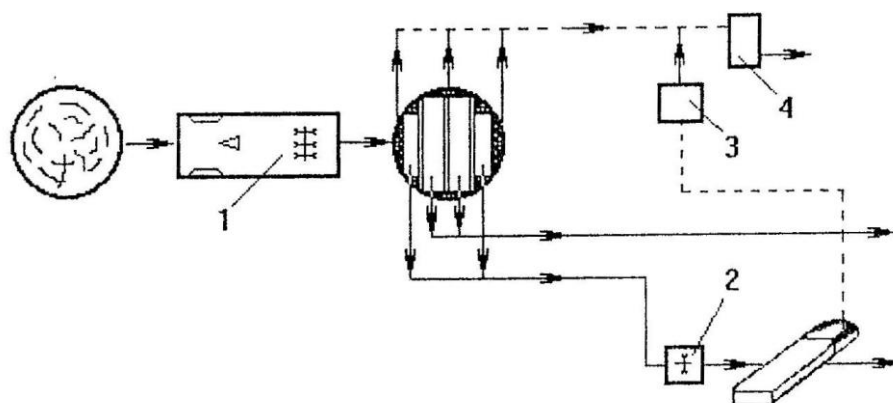


Рис. 57 Структурная схема потока на базе фрезернопильного агрегата
1 – фрезерно-пильный агрегат; 2 – торцовочный станок; 3 – рубительная машина;
4 – установка для сортировки щепы

Оборудование в цехе располагают в соответствии с технологическим процессом преимущественно цепным или смешанным способом, рис. 58.

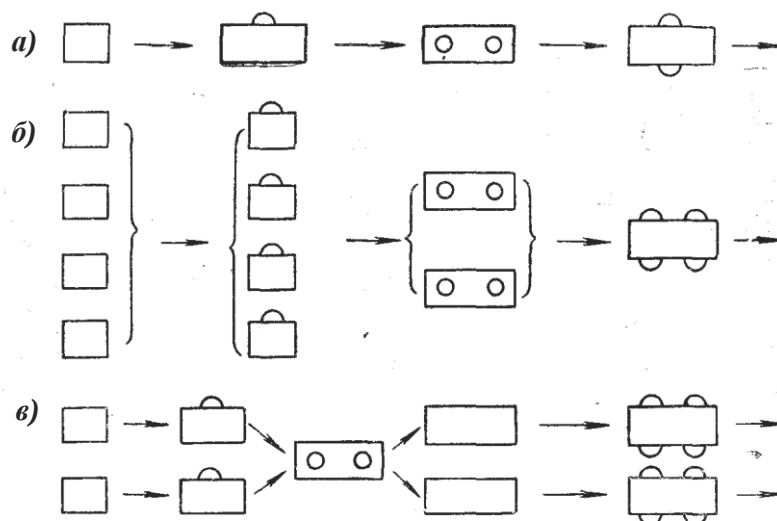


Рис. 58 Способы расстановки оборудования
а – цепной, б – групповой, в – смешанный

Оборудование должно располагаться обеспечивая прямооточность производства с кратчайшими путями движения заготовок в процессе обработки без возвратных или поступательных движений. Станки и рабочие агрегаты располагают в местах с преимущественно естественным освещением, затемненные места используются для организации мест технологической выдержки и внутрицеховых складов.

В том случае, когда в одном здании располагаются цехи различной категории взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности, то цехи повышенной категории отделяют от других брандмауэром с организацией движения между цехами через переходные тамбуры имеющие асинхронное закрытие дверей.

У каждого станка располагаются основные и вспомогательные рабочие в соответствии с нормой обслуживания станка. Для каждого рабочего предусматривается рабочее место, общей площадью не менее 0,5 м². Подstopные места не обработанных предметов труда располагают справа от рабочего, а обработанные – слева.

В цехах должны быть предусмотрены главный и второстепенный проходы (проезды). Ширина главного проезда не менее 2 м при одностороннем движении и 3 м при двустороннем движении. Через каждые 50 м длины предусматривают поперечные проезды шириной 3-4 м. Вдоль всех наружных стен предусматриваются проходы, шириной не менее 1 м.

Расстояния между станками, подstopными местами и элементами зданий регламентированы и составляют, рис. 59 не менее:

- от тыльной или боковой стороны станка до стены – 0,6 м;
- от продольной стороны подstopного места до стены – 1,0 м;
- между тыльной стороной станка и продольной стороной подstopного места соседнего станка – 1,0 м;
- между лицевой частью станка и подstopным местом не менее 0,5 м;
- между тыльными сторонами станков – 0,7 м;
- между тыльной стороной подstopного места и станка 0,75-1 м;
- между тыльными сторонами подstopных мест не менее 0,5 м;
- между поперечными сторонами подstopных 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 у станка на площадке шириной 750 – 1000 мм в полуметре от станка.

Производственная площадь цеха рассчитывается по формуле:

$$F_{ц} = 1,4 \left(\sum_{i=1}^n F_{pmi} + \sum_{j=1}^m F_{mej} + \sum_{l=1}^l F_{вцл} \right) + \sum_{\alpha=1}^b F_{во\alpha}$$

где F_{pmi} – площадь i -го рабочего места, m^2 ; F_{mji} – площадь j -го места для технологической выдержки, m^2 ; $F_{вцл}$ – площадь l -го места для внутрицеховых складов, m^2 . Организация технологического процесса должна быть такой, чтобы $F_{вцл}$ стремилось к 0; $F_{во\alpha}$ – площадь α -го вспомогательного отделения цеха, m^2 .

Расчеты могут быть сведены в таблицу (табл. 42).

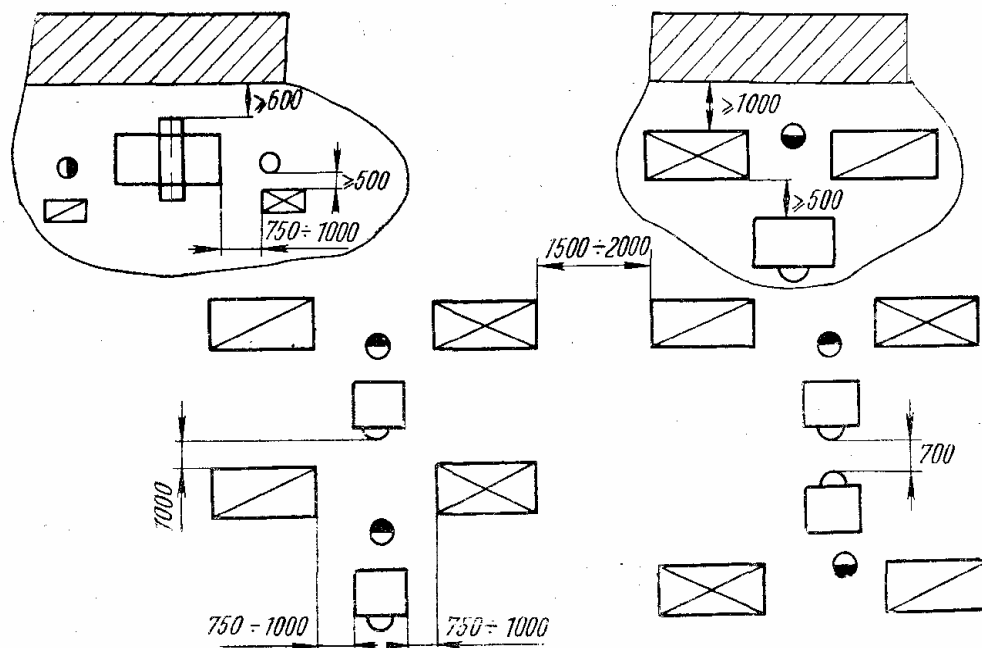


Рис. 59 Схемы расположения оборудования

Таблица 42

Расчет площади цеха

№ п/п	Наименование	Обозначение	Общая площадь, m^2
1	2	3	4
1	Площадь рабочих мест	F_{pmi}	
2	Площадь мест технологической выдержки	F_{mji}	
3	Площадь мест внутрицеховых складов	$F_{вцл}$	
4	Площадь вспомогательных отделений цеха	$F_{во\alpha}$	
5	Расчетная площадь цеха	$F_{цр}$	
6	Принятая площадь цеха	$F_{ц}$	

В лесопилении особенно важным является учет площадей под складирование поступающего и рассортированного сырья, а также участка его сортировки. Эти расчеты могут быть выполнены по специальным методикам /5/, с учетом типа головного оборудования, количества сортировочных групп бревен и объемов оперативных запасов пиловочных бревен в зависимости от производственной мощности.

Габаритные размеры здания определяются путем деления площади цеха на ширину либо длину и округлением до ближайшего значения, кратного 6 либо 12 м, что обусловлено стандартными размерами строительного модуля. Длина и ширина цеха зависят от типа применяемого технологического процесса, способа расстановки оборудования и имеющихся свободных площадей на территории предприятия.

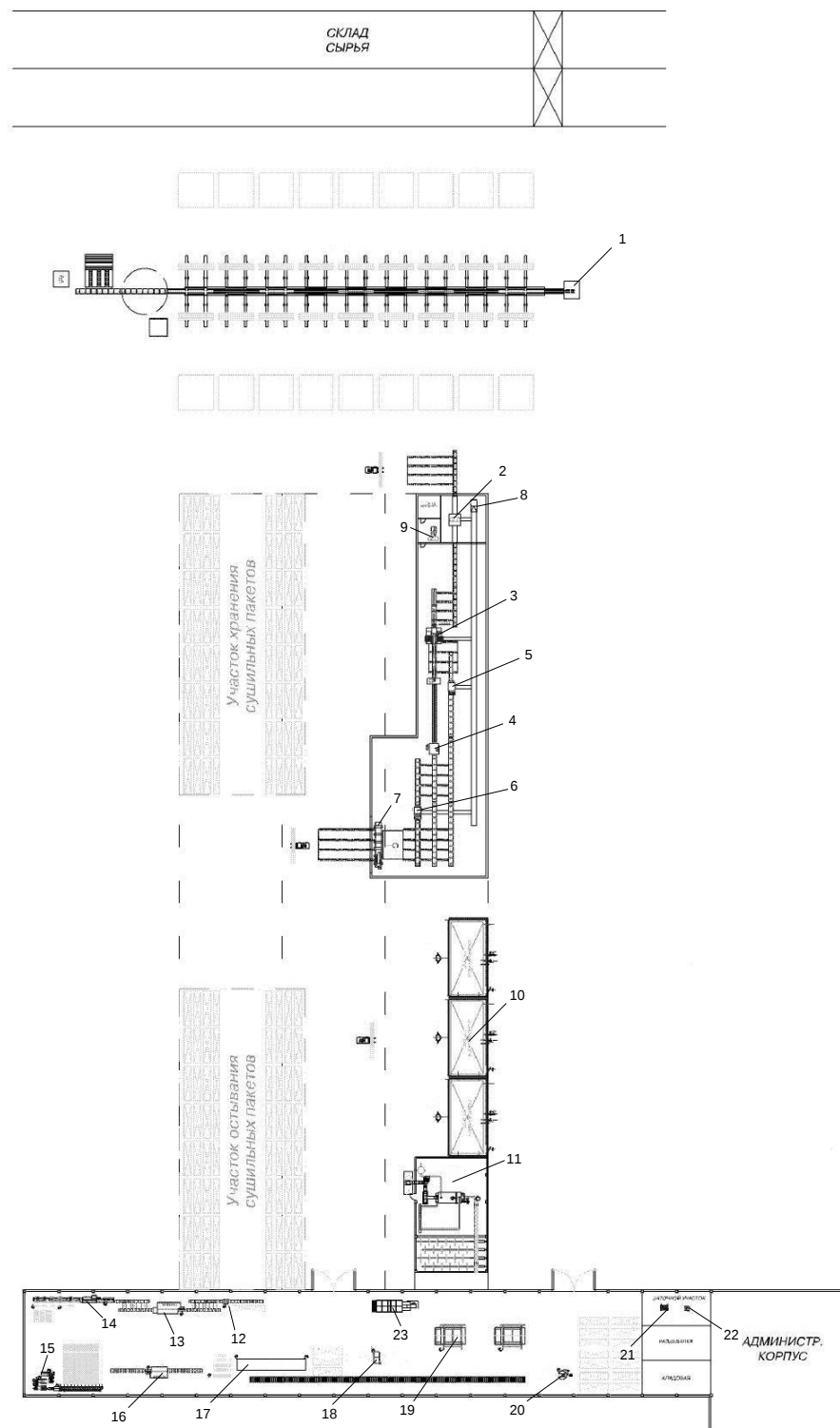


Рис. 60 Ситуационный план участка лесопиления и изготовления мебельного щита

1 – линия сортировки бревен, 2 – окорочный станок, 3, 4 - многопильный станок, 5 – обрезной станок, 6 – горбыльный станок, 7 – торцовочный станок, 8 – рубительная машина, 9 – заточной станок, 10 – сушильные камеры, 11 – котельная, 12 - торцовочный станок, 13,16 – 4-х сторонний фрезерный станок, 14 – линия оптимизации, 15 – линия сращивания, 17 – пресс, 18 – шлифовальный станок, 19 – форматно-раскроечный станок, 20 – участок упаковки, 21,22 – заточной станок, 23 – система аспирации

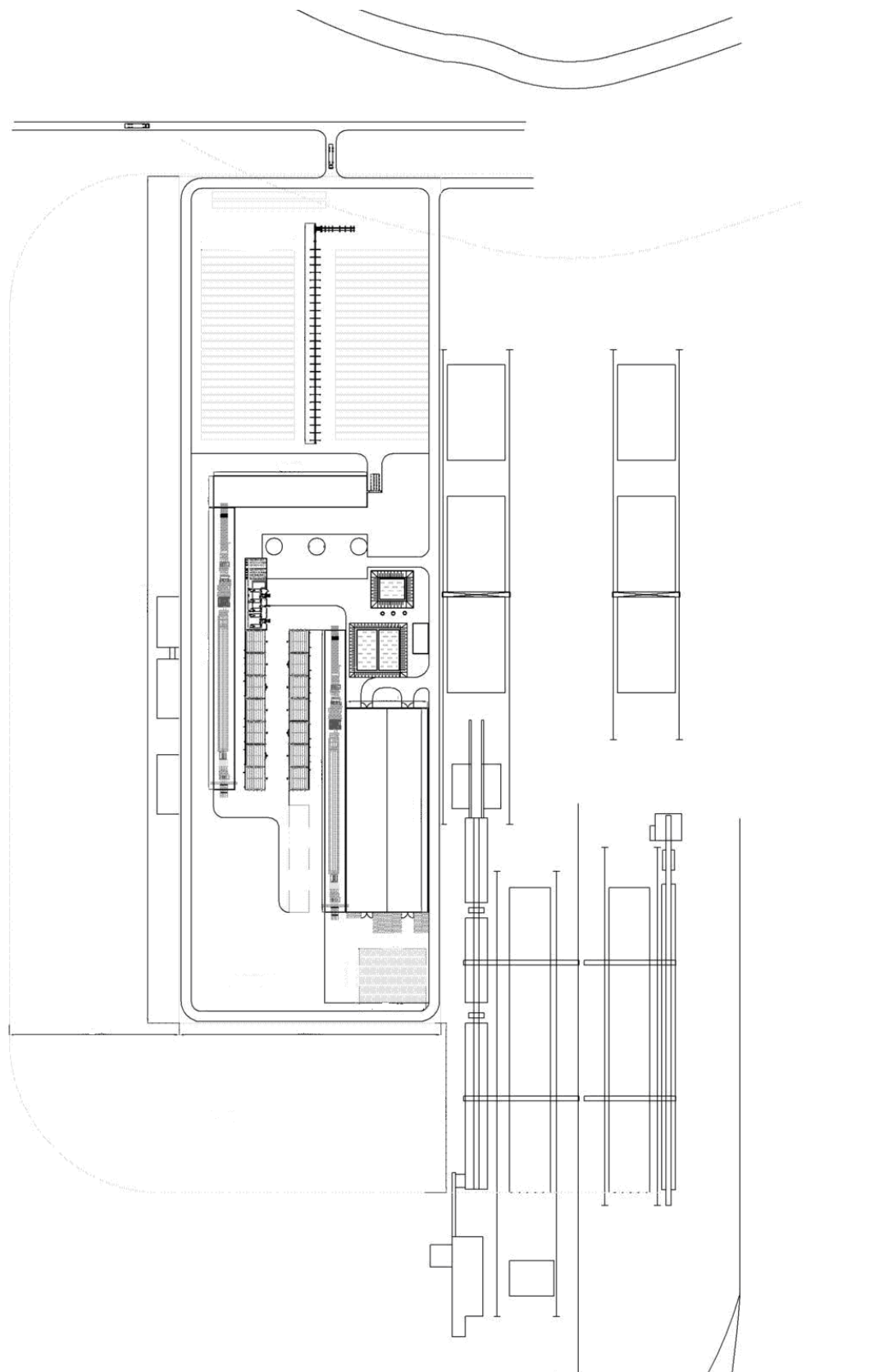


Рис. 61 Ситуационный план участка лесопиления

7 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ

Организационную структуру управления можно определить как совокупность управленческих органов, между которыми существует система взаимосвязей, обеспечивающих выполнение целей организации.

Таким образом, организационная структура управления определяется рядом условий: целями и задачами организации; производственными и управленческими функциями организации, факторами внешней и внутренней среды.

В рамках организационной структуры управления протекает управленческий процесс (движение информации и принятие управленческих решений), между участниками которого распределены функции и задачи управления.

В структуре управления выделяют следующие элементы: уровни (ступени управления), звенья (отделы) и связи (вертикальные и горизонтальные).

В вертикальном направлении управление делится на уровни (ступени) управления, которые показывают последовательность подчинения органов управления снизу доверху. Уровни характеризуют разделение труда в управлении по вертикали. В организациях можно выделить несколько уровней управления: участком, цехом, производством, организацией. Число уровней в конкретной организации зависит от сложности производства, его структуры, т.е. количества, состава и размещения цехов; состава производственных участков и рабочих мест внутри цеха.

Самая простая – бесцеховая структура, при которой все производство делится на участки, количество уровней (а) составляет два: управление участком и управление организацией, рис. 62. При цеховой структуре производства выделяют три уровня управления: управление участком, управление цехом, управление организацией, рис. 63.

Каждый уровень управления в горизонтальном направлении делится на звенья. Звено управления – это организационно-обособленный самостоятельный орган управления. Принципом его формирования является выполнение определенных функций. Звенья делятся на линейные и функциональные.

Линейное звено выполняет функции общего (линейного) руководства. К ним относят директора, начальника цеха, начальника участка, старшего мастера, мастера.

Функциональные звенья в управлении представлены отделами, бюро, группами или отдельными исполнителями, выполняющими строго определенные, закрепленные за ними функции управления.

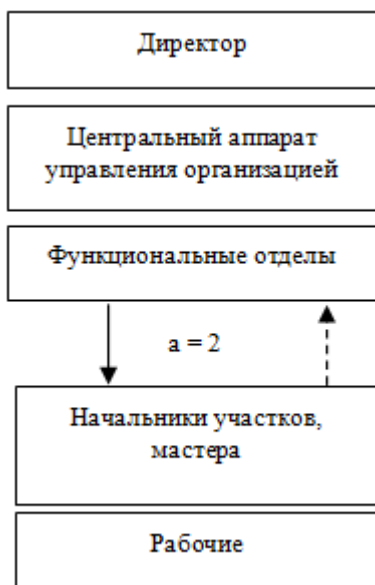


Рис. 62 Бесцеховая структура управления



Рис. 63 Цеховая структура управления

Каждый уровень управления представлен линейными и функциональными звеньями, которые выполняют все необходимые функции управления. Деление уровней управления на звенья отражает разделение труда в управлении по горизонтали.

Все звенья в структуре управления взаимосвязаны между собой. Различают связи двух типов:

- вертикальные связи (между уровнями управления) – это связи руководства и подчинения. Они бывают двух видов: линейные, характеризующие подчинения по всем вопросам управления, и функциональные – подчинение по отдельным вопросам управления.

- горизонтальные (между звеньями одного уровня) – связи координации и согласовывания.

Организационные структуры управления можно разделить на два типа (табл. 43):

- формальные структуры управления или механические;
- органические структуры управления.

Таблица 43

Сравнительные характеристики организационных структур управления

Параметры сравнения	Механический тип	Органический тип
Концепция построения	Четкое определение иерархии	Отсутствие иерархии
Тип руководства	Постоянный	Смена лидера в зависимости от решаемых проблем
Формализация отношений	Четко определенные обязанности и права	Изменяющаяся система норм и ценностей
Организация труда	Четко определенные обязанности и права	Изменяющаяся система норм и ценностей
Источник эффективности	Рационально спроектированная структура	Развитие персонала, самоорганизация, инициатива работников

К механическому типу структур относят: линейно-штабную, линейно-функциональную, дивизионную.

Механический тип организационных структур управления характеризуется большим числом подразделений по горизонтали; высокой степенью формализации; ограниченной информационной сетью; низким уровнем участия всего управленческого персонала в принятии решений.

Механический тип структур управления эффективен там, где аппарат управления выполняет рутинные, долгое время не изменяющиеся задачи и функции. Характерен для производства массового или крупносерийного типа.

Разновидностями органического типа структур являются: проектная, матричная и бригадная структуры.

Главным свойством таких структур является гибкость, адаптивность к новым условиям, меньшая связанность правилами и нормами. В качестве базы используется групповая (бригадная) организация труда. Сокращается число иерархических уровней, увеличивается горизонтальная интеграция между персоналом; отпадает необходимость в детальном разделении труда по видам работ; повышается ответственность каждого работника за общий результат.

Эти структуры ориентированы на ускоренную реализацию сложных программ и проектов в рамках крупных предприятий.

В чистом виде эти структуры не применяются, а формируются на временной основе, т.е. на время реализации проекта или достижения поставленных целей.

В табл. 44 представлены факторы, влияющие на выбор организационной структуры.

Таблица 44

Факторы, влияющие на выбор организационной структуры

I Внутренние	II Общие (внешние)	III Специальные
Сложность Формализация Централизация Норма управляемости (сфера контроля)	Стратегия организации Размер организации Технология Внешняя среда	Эффект власти и контроля Компьютеризация информационных процессов

Вторая группа факторов является исходной в выборе и формировании организационной структуры организации.

Процесс разработки проекта организационной структуры управления может быть разделен на несколько этапов.

Этап 1. Определение проблемы формирования структуры управления. Это может быть проектирование новой или реконструкция действующей организации.

Этап 2. Определение стратегии организации. Этап является главным в построении структуры. Какую из видов стратегии выбирают: стратегию инноваций, стратегию на уменьшение затрат или смешанную?

Организации с инновационной стратегией имеют органическую неформальную структуру.

Организации, стратегия которых ориентирована на снижение затрат, нуждаются в стабильности – это механические структуры.

Третья категория организаций имеет смешанную структуру, сочетание механической и органической.

Этап 3. Определение размера и системы показателей, характеризующих производственно-хозяйственную деятельность организации. Анализируется структура производства, состав кадров и структура производственных фондов. Устанавливаются показатели объема производства, номенклатура готовой продукции, фонд заработной платы, среднесписочная численность рабочих, энерговооруженность и др.

Этап 4. Выбор организационно-правовой формы организации.

Этап 5. Определение содержания и перечня функций управления. Состав функций определяется структурой целей, на которые ориентирован объект.

Этап 6. Определение необходимого числа уровней (ступеней) управления в организации. Расчет производится по формуле

$$\frac{P}{H_{yn} \cdot K \cdot H_{усв}^{a-1}} = 1,$$

где P – общая численность работающих в организации; H_{yn} – норма управляемости для руководителей низшего уровня управления (мастеров),

чел. ($H_{ун} = 30$ чел.); под нормой управляемости понимается то число подчиненных, которыми может эффективно управлять один руководитель; $H_{усв}$ – норма управляемости для руководителей среднего и высшего уровня управления организации (начальники цехов, директора), чел. ($H_{усв} = 6$ чел.); K – коэффициент сменности работы организации; a – число уровней (ступеней) управления.

Этап 7. Определение численности аппарата управления на основе трудоемкости работ. Численность работников по функциям управления определяют по отраслевым нормативам численности, устанавливаемым в зависимости от числовых значений основных технико-экономических показателей. Общая численность работников определяется как сумма их численности по всем функциям управления.

Этап 8. Определение рациональной степени централизации функций управления. Характеризуется разделением труда в управлении по вертикали. Уровень централизации характеризуется коэффициентом централизации.

Этап 9. Распределение численности функциональных работников по уровням управления производится на основе расчетного числа уровней в организации и коэффициента централизации функций управления.

Отдельно решается задача распределения линейного и функционального персонала.

Этап 10. Выбор типа организационной структуры на каждом уровне управления является следствием предшествующих расчетов. Как правило, на низшем уровне управления применяется линейная структура, на среднем (уровне цеха) – линейно-штабная, линейно-функциональная и на высшем уровне (центральный аппарат управления) – линейно-функциональная или органическая структура.

Этап 11. Формирование функциональных звеньев управления центрального и цехового аппарата управления состоит в рациональном разделении труда по горизонтали. Выделяются структурные подразделения, специализированные на выполнение определенных функций или видов работ. При этом важно определить рациональный уровень специализации органов управления, а также интеграцию функций в одном подразделении, включающих в себя несколько отделов. При выделении функционального подразделения в самостоятельную единицу не следует забывать, что цикл его работы должен завершаться определенным материальным результатом, т.е. достижением цели по данной функции.

Этап 12. Распределение функций управления между структурными подразделениями имеет целью четко разграничить функции во избежание дублирования и параллельности. Функции отдела отражаются в Положе-

нии. Они дифференцируются по исполнителям посредством должностных инструкций.

В заключение необходимо оценить структуру управления с точки зрения достижения поставленных перед ней целей.

На рис. 64–65 представлены фрагменты структур управления.

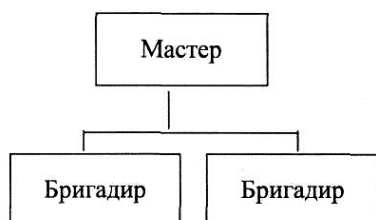


Рис. 64 Фрагмент линейной структуры управления



Рис. 65 Фрагмент линейно-штабной структуры управления

В качестве примера на рис. 66–67 приводятся действующие структуры управления предприятием и его структурных подразделений.

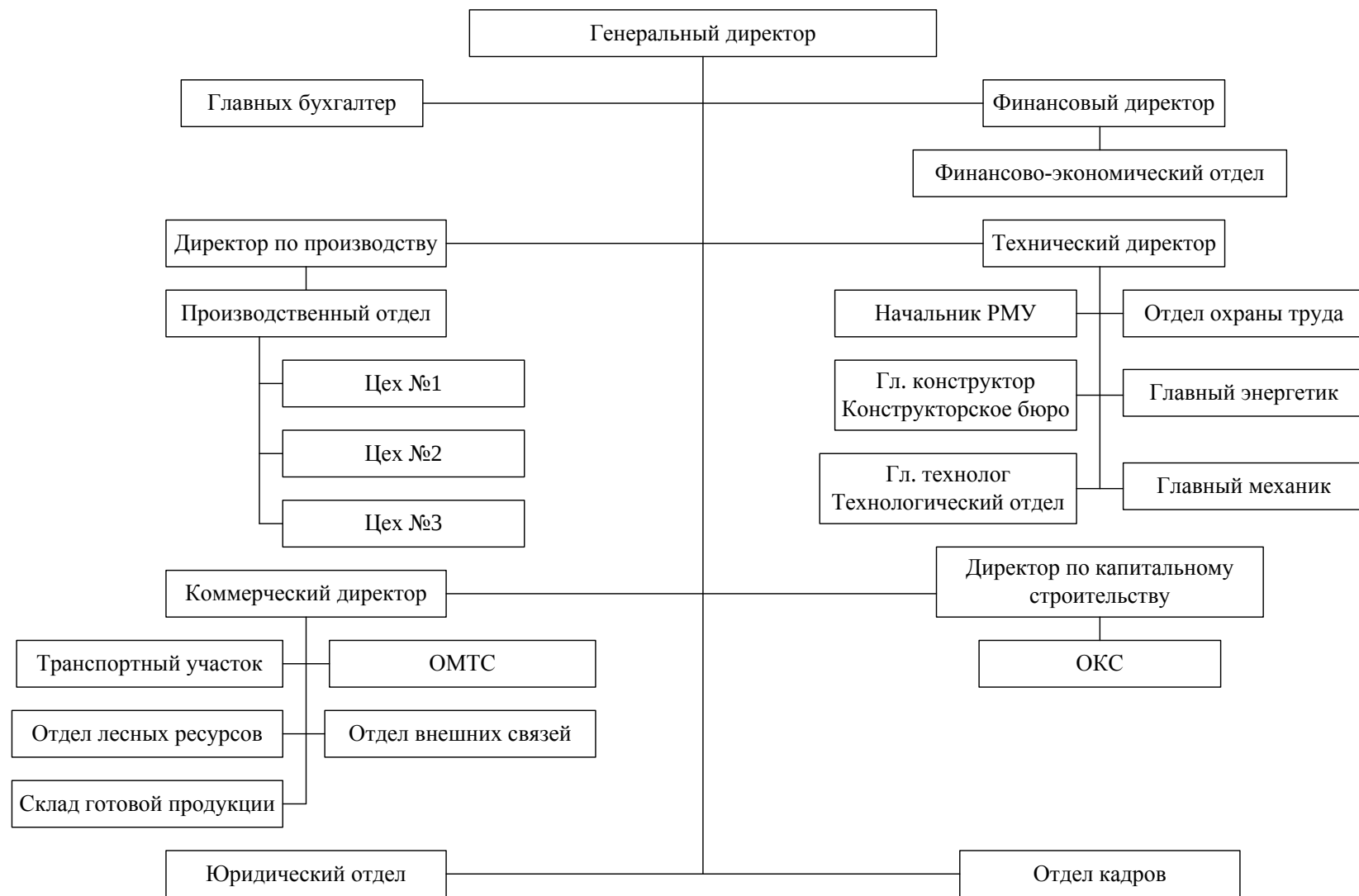


Рис. 66 Структура управления предприятием



Рис. 67 Структура цеха

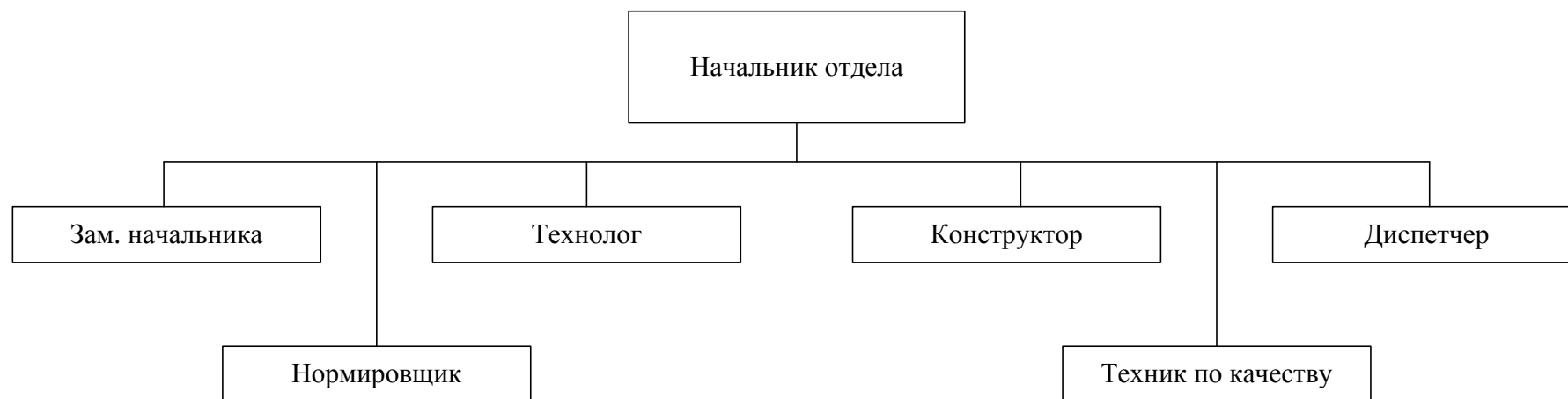


Рис. 68 Структура производственно-технического отдела

8 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Экономическая эффективность инвестиций в строительство нового, реконструкцию или модернизацию действующего производства.

Для определения доходности инвестиционного проекта необходимо провести расчеты капитальных вложений и текущих затрат на производство и реализацию продукции.

Расчет капитальных вложений

Капитальные вложения на реализацию разработки в общем виде включают стоимость всех видов строительных работ, стоимость работ по монтажу оборудования, стоимость технологического, энергетического, подъемно-транспортного оборудования.

Строительно-монтажные работы оцениваются стоимостью строительных материалов (включая транспортные и складские работы), затратами на оплату труда работающих на строительстве, затратами по эксплуатации строительных машин и механизмов, суммой накладных расходов строительно-монтажных организаций.

$$K_{общ} = K_c + K_{об} + K_{с-м} + K_{обср}$$

где K_c - затраты на строительные работы; $K_{об}$ - затраты на оборудование; $K_{с-м}$ - затраты на строительно-монтажные работы; $K_{обср}$ - затраты на оборотные средства.

Укрупненная структура капитальных вложений по видам производства:

Фанерное производство:

- строительство 40% от стоимости оборудования;
- монтажные работы 10-15% от стоимости оборудования;
- оборотные средства – 2 месячный запас от годовой программы.

Лесопильное производство:

- строительство 20-30% от стоимости оборудования;
- монтажные работы 5-10% от стоимости оборудования;
- оборотные средства – 1-1,5 месяца от годовой программы.

Сумма инвестиций должна быть распределена по годам. Рекомендации по общей продолжительности строительства:

- предприятия лесопильного производства небольшой мощности – 1 год;
- крупные предприятия фанерного производства и деревообрабатывающие – 2-3 года.

Предусматриваются условия кредитования:

- сумма кредита;
- номинальная процентная ставка;
- срок погашения кредита;
- начало погашения кредита;
- способ погашения задолженности.

Например:

Получен кредит в сумме 200 тыс. руб. на 3 года под 10% годовых.

Оценка кредитных издержек:

Кредит погашается равномерно равными долями, а начисление процентов производится на оставшуюся непогашенную часть кредита.

Таблица 45

Формирование кредитных издержек, тыс. руб.

Наименование позиции	T_0	T_1	T_2	T_3	Всего
1	2	3	4	5	6
Получение кредита	200				
Погашение кредита		66,6	66,6	66,8	200
Непогашаемая часть кредита	200	133,2	66,8	-	-
Процент за кредит (плата за кредит)	20	13,3	6,68		
Кредитные издержки		79,6	73,3	66,8	219,7

Номинальная процентная ставка по кредиту в 2007-2010 году изменяется в диапазоне 12-15% для рублевых кредитов, 8-10% - для валютных.

Расчет затрат на новое производство и реализацию продукции по шагам расчета

Для расчета затрат можно использовать следующее выражение:

$$C = C_m + C_t + C_{фот} + C_{соц} + C_{рсэо} + C_{цех} + C_{общ} + C_k, \quad (24)$$

где C_m - затраты на сырье и материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия (за вычетом возвратных отходов); C_t - затраты на топливо и энергию на технологические нужды; $C_{фот}$ - оплата труда основного производственного персонала; $C_{соц}$ - единый социальный налог; $C_{рсэо}$ - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (с выделением доли амортизации); $C_{цех}$ - цеховые расходы; $C_{общ}$ - общезаводские расходы; C_k - коммерческие (внепроизводственные расходы).

Затраты на сырье и основные материалы (C_m) определяются исходя из расходных норм сырья и материалов и цен по данному региону. В расчете на выпускаемый объем продукции

$$C_m = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n H_{pcij} \cdot C_{pi} \cdot Q_j, \quad (25)$$

где H_{pcij} - норма расхода материального ресурса i -го вида на единицу продукции j -го вида; C_{pi} - цена материального продукта i -го вида; Q_j - проектный объем выпуска продукции j -го вида.

Нормы расходов материальных ресурсов устанавливаются в натуральном выражении на базе норм расхода на единицу продукции. Из состава затрат на сырье и материалы исключаются затраты на возвратные отходы.

Расчет потребности в топливно-энергетических ресурсах (C_m) проводится отдельно по их видам.

Потребность в электроэнергии на технологические нужды рассчитывают по нормам расхода на 1 ч работы оборудования:

$$V_{эл} = \sum_{i=1}^n N_{двi} \cdot K_i, \quad (26)$$

где $N_{двi}$ - установленная мощность электродвигателя i -го оборудования, кВт; K_i - коэффициент загрузки i -го оборудования, $K_i \leq 1$.

Расход пара, топлива, сжатого воздуха, воды на производственно-технологические нужды рассчитывается по удельным нормам, предусмотренным технологическим процессом.

Материальные затраты на производство продукции являются переменными, так как зависят от изменения объемов производства.

Расчет численности работников предприятия, затраты на оплату труда и суммы отчислений на социальные нужды определяются по отдельным категориям работников различных производственных отделений:

- основные рабочие основного производства (станочники, операторы и т.д.);
- вспомогательные рабочие по содержанию и эксплуатации оборудования (наладчики оборудования, слесаря, электрики);
- рабочие обслуживающих цехов предприятия (транспортные, подсобные и т.д.);
- цеховой аппарат управления (начальник цеха, старший мастер, мастер, технолог цеха и т.д.);

Для определения списочной численности (N_{cn}) необходимо определить трудоемкость (человеко-дней) на программу и рассчитать эффективный фонд времени одного рабочего.

$$N_{я} = N_{ш} \cdot n; \quad (27)$$

$$N_{сн} = \frac{N_{я} \cdot m}{T_{эф}}, \quad (28)$$

где $N_{я}$ - явочная численность; $N_{ш}$ - число штатных работников по видам оборудования и рабочим местам; n - количество рабочих смен в сутки; m - количество дней работы цеха; $T_{эф}$ - эффективный фонд времени рабочего.

Численность управленческого персонала проектируемого производства и фонд оплаты труда определяется прямым счетом. Исходными данными для расчета являются организационная структура управления цехом и предприятия и месячные оклады.

Пример:

Таблица 46

Расчет численности сотрудников цеха (условный) и фонда оплаты труда

№ п/п	Наименование профессии	Число штатных сотрудников в смену	Сменность	Явочная численность	Дни работы цеха в год	Потребное кол-во человеко-дней	Дневной фонд оплаты труда, руб.	Годовой ФОТ, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Рабочие Основные: Станочники	2	2	4	254	1016	1000	1016
2	Отделочники	1	2	2	254	508	900	457,2
3	Сборщики	2	2	4	254	1016	1000	1016
4	Другие	12	2	24	254	6096	900	5486,4
	Итого численность основных рабочих			34 чел.		8636		7975,6
Списочная численность основных рабочих 8636 / 228 = 38 чел.								
1	Вспомогательные: Наладчики оборудования	Категория А (ремонтники)						
		2	2	4	254	1016	1000	1016
2	Слесари ремонтники	2	2	4	254	1016	1000	1016
	Итого численность вспомогательных рабочих катего-			8 чел.		2032		2032

	рии А							
	Списочная численность 2032 / 228 = 9 чел.							

Продолжение таблицы 46

		Категория Б						
3	Транспортные рабочие	3	2	6	254	1524	900	1371,6
4	Подсобные рабочие	2	2	4	254	1016	800	812,8
5	Другие	3	2	6	254	1524	800	1219,2
	Итого вспомогательных рабочих категории Б			24		6096		3403
Списочная численность = 6096 / 228 = 27								
Всего списочная численность – 65 чел.								

Затраты на оплату труда основного производственного персонала предприятия определяются по формуле:

$$C_{\text{фот}} = N_{\text{сн}} (3 + 3_{\text{д}} + 3_{\text{пр}} + 3_{\text{ком}}), \quad (29)$$

где $N_{\text{сн}}$ - списочная численность работников основного производственного персонала; 3 - средняя заработная плата основного производственного персонала (или дневной тарифный фонд заработной платы); $3_{\text{д}}$ - дополнительные выплаты за условия и режим работы, совмещение профессий и др.; $3_{\text{пр}}$ - премии; $3_{\text{ком}}$ - компенсации и прочие выплаты.

Заработная плата должна соответствовать реальным условиям предприятия. Аналогичным образом рассчитывается $C_{\text{фот}}$ - вспомогательных рабочих по содержанию и эксплуатации оборудования и рабочих обслуживающих цехов.

В состав затрат включается единый социальный налог ($C_{\text{соц}}$), норматив которого определяется государственными органами.

Отчисление в единый социальный налог учитывается от годового фонда заработной платы. Норматив отчислений периодически пересматривается. До 31 декабря 2010 года составляет 26%. С 1 января 2011 года единый социальный налог заменяется страховыми взносами и его величина составит 34% от годового фонда заработной платы (из них: 26% - в пенсионный фонд; 2,9% - социальное страхование; 5,1 – медицинское страхование).

С 2011 года отменяется регрессивная шкала. Страховые взносы начисляются лишь до тех пор, пока выплаты работнику нарастающим итогом с начала года не превысят 415000 рублей. С суммы сверх названного лимита взносы до конца расчетного периода (года) платить будет не надо. Этот лимит ежегодно будет индексироваться с учетом данных о средней заработной плате по России.

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования ($C_{рсэо}$) включают следующие затраты:

- амортизация оборудования и транспортных средств;
- ремонт и эксплуатацию оборудования (включает стоимость смазочных и других вспомогательных материалов);
- заработная плата вспомогательных рабочих (с отчислениями во внебюджетные фонды);
- прочие расходы.

Амортизационные отчисления по оборудованию исчисляются прямым счетом по каждому виду:

$$C_{a.об} = \sum_{i=1}^n (\Phi_{сэ.об i} \cdot H_{ai}) / 100, \quad (30)$$

где $\Phi_{сэ.об i}$ – первоначальная среднегодовая стоимость i -го вида оборудования, тыс. руб.; H_{ai} – норма амортизационных отчислений по i -му виду оборудования (средняя норма амортизации – 10-12% от стоимости оборудования).

Доля оборудования составляет, например, 60% от общей стоимости основных производственных фондов. Расходы на капитальный и текущий ремонты оборудования определяются процентом от стоимости оборудования (5% – на капитальный ремонт, 1,5% – на текущий ремонт).

Прочие цеховые расходы определяются в размере 1-3% от фонда оплаты труда вспомогательных рабочих категории А.

Цеховые расходы ($C_{цех}$) включают, в основном, затраты по управлению производством цеха.

В их состав входят:

- затраты по содержанию работников аппарата управления и вспомогательного персонала категории «Б» с отчислениями во внебюджетные фонды;
- амортизация, расходы на текущий ремонт зданий и сооружений цеха (1-2% от стоимости зданий и сооружений);
- прочие расходы (расходы на охрану труда и технику безопасности) определяются в размере 2% от суммы предшествующих затрат или 1-2% от ФОТ управленческого персонала и вспомогательных рабочих категории Б.

Общезаводские расходы ($C_{общ}$) объединяют затраты, связанные с деятельностью предприятия в целом. В их состав входят:

- оплата труда работников аппарата управления предприятием, отчисления во внебюджетные фонды;
- амортизация, расходы на текущий ремонт общезаводских основных фондов;

- прочие расходы (50% от оплаты труда работников аппарата управления).

Или укрупненным методом:

Суммируются затраты по фонду оплаты труда основных рабочих и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, и от полученной суммы принимают 25-40%.

Коммерческие расходы (внепроизводственные) (C_k) включают в себя расходы на упаковку, погрузку и транспортировку продукции, а также расходы, связанные с рекламой. Расходы принимаются 3–5% от производственной себестоимости.

При освоении новой техники или технологии, или новой продукции, необходимо самостоятельно рассчитать текущие затраты предприятия.

Расчет текущих затрат проводится или по элементам или по статьям калькуляции себестоимости продукции. Затраты определяются по году выхода предприятия на полную мощность, с выделением переменных и постоянных (условно-постоянных). Деление затрат в пропорции 70:30, соответственно. Для шагов расчета с неполной мощностью проводится корректировка (например: переменные затраты при 100% объеме 6,47 млн. руб., а условно-постоянные – 2,773 млн. руб. Мощность освоения составила 85%, тогда корректируемые затраты составят: $6,47 \cdot 0,85 + 2,773 = 8,27$ млн. руб.).

При построении калькуляции себестоимости конкретного вида продукции расчеты затрат проводятся в следующей последовательности:

- определяют прямые затраты, связанные с выпуском продукции (материальные, энергетические, затраты на оплату труда основных рабочих и отчисление от зарплаты на социальные нужды);
- затраты на содержание и эксплуатацию с выделением амортизационных отчислений;
- цеховые расходы;
- накладные затраты (общехозяйственные, коммерческие).

Таблица 47

Структура текущих затрат (калькуляция себестоимости выпуска продукции)

№ п/п	Статьи затрат	Условные обозначения	Затраты	
			млн. руб.	% к итогу
1	Сырье и материалы за вычетом возвратных отходов	C_m		
2	Энергозатраты	C_t		
3	Фонд оплаты труда основного производственного персонала	$C_{фот}$		
4	Отчисления во внебюджетные фонды	$C_{соц}$		

Продолжение таблицы 47

5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в т.ч. амортизация оборудования	$C_{рсз}$ $C_{а.об}$		
6	Цеховые расходы	$C_{цех}$		
	Цеховая себестоимость	$C_{общ}$		
7	Общезаводские расходы			
	Производственная себестоимость			
8	Коммерческие расходы	C_k		
	Полная себестоимость			

Определение границ безубыточности или критического объема продаж

Точка критического объема производства (Q_k) показывает тот объем производства продукции, при котором предприятие не получает ни прибыли, ни убытков, т.е. выручка от реализации продукции (B) равна ее полным затратам.

Точку критического объема производства в натуральном выражении ($Q_{кн}$) определяют:

$$Q_{кн} = \frac{Z_{пост}}{B - Z_{пер}}, \quad (31)$$

где $Z_{пост}$ - величина условно-постоянных затрат в общих затратах на производство; $B - Z_{пер}$ - маржинальный доход на единицу продукции; $Z_{пер}$ - переменные затраты на производство продукции.

В стоимостном ($Q_{ку}$) выражении эта величина определяется:

$$Q_{ку} = Q_{кн} \cdot Y_{ед}, \quad (32)$$

где $Y_{ед}$ - оптовая цена единицы продукции.

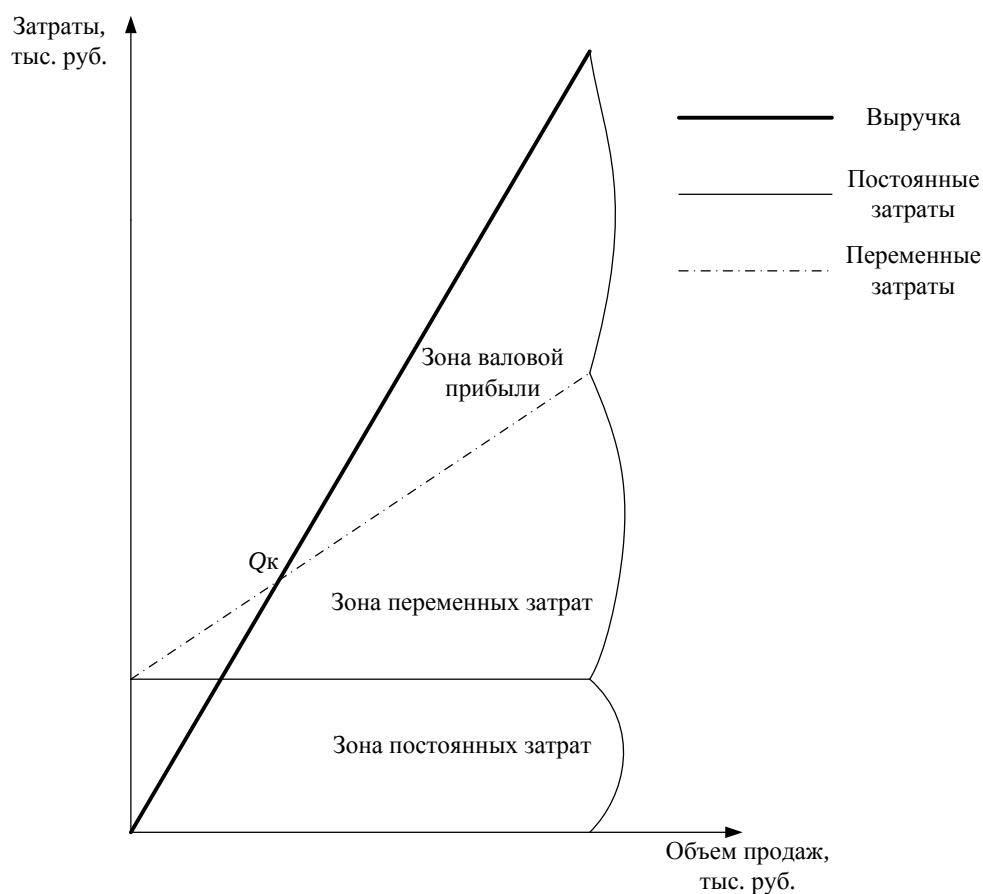


Рис. 69 График точки безубыточности

Запас финансовой прочности предприятия (*ЗФП*) — показывает насколько можно снизить планируемый объем производства, до достижения точки безубыточности

$$ЗФП = B - Q_{кy}. \quad (33)$$

Эффект производственного рычага (*ЭПР*) дает количественную оценку изменения прибыли при изменении выручки на 1%.

$$ЭПР = (B - Z_{пер}) / П, \quad (34)$$

где *П* - прибыль от реализации продукции.

Прогнозирование прибыли

Прогноз прибыли производится сопоставлением доходов и расходов предприятия, т.е. ожидаемой величиной выручки от продаж и затратами по каждому шагу расчета.

Расчет прибыли оценивает операционную деятельность предприятия:

- прибыль от реализации это разность между выручкой от реализации и затратами;

- прибыль от финансово-хозяйственной деятельности. Она меньше прибыли от реализации на сумму финансовых обязательств перед бюджетом (налог на имущество).

Налог на имущество рассчитывается от остаточной стоимости основных производственных фондов в размере 2,2%.

Налогооблагаемая прибыль равна финансово-хозяйственной прибыли.

Чистая прибыль меньше прибыли от финансово-хозяйственной деятельности на величину налога на прибыль.

Прогноз движения денежных средств

Прогноз движения денежных средств дает более полную информацию о деятельности предприятия, чем прогноз прибыли, т.к. в нем освещаются операционная, финансовая и инвестиционная сферы деятельности предприятия.

К притоку денежных средств относятся:

- выручка от реализации;
- привлечение кредита;
- амортизационные отчисления.

К оттоку денежных средств относятся:

- затраты (связанные с текущей деятельностью предприятия);
- расчет с бюджетом (налоги на прибыль и имущество);
- возврат кредита;
- инвестиции.

Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов проводится по следующей системе показателей:

- чистому дисконтированному доходу (ЧДД);
- индексу доходности (ИД);
- сроку окупаемости;
- внутренней норме доходности (ВНД).

При оценке эффективности инвестиций необходимо определиться с минимальной нормой дохода на капитал (дисконта E).

Дисконта (E) используется для приведения разновременных затрат в сопоставимый вид.

Норма дисконта может считаться прямым счетом как сумма:

- ставки безрискового дохода, т.е. дохода, который получает инвестор за использование своих денежных средств (a);
- поправки на риск (b);
- ожидаемого уровня инфляции (c):

$$E = a + b + c. \quad (35)$$

Коэффициент дисконтирования (d_t) определяют по формуле:

$$d_t = \frac{1}{(1 + E)^t}. \quad (36)$$

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу. Величина ЧДД для постоянной нормы дисконта определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T (R_t - Z_t) / (1 + E)^t, \quad (37)$$

где R_t – результаты, достигнутые на t -м шаге расчета (шаг соответствует, как правило, одному году); Z_t – затраты, имеющие место на том же шаге; T – расчетный период; E – постоянная норма дисконта (норма дисконтирования определяется на уровне процентной ставки банковского кредита, увеличенной на величину страхования кредитных рисков, а также с учетом инфляционного ожидания); t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2, 3, \dots, T$).

На практике пользуются упрощенной формулой расчета ЧДД, исключая из состава Z_t на каждом шаге капитальные вложения, соответствующие этому шагу:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T (R_t - Z_t^*) / (1 + E)^t - \sum_{i=0}^T K_t / (1 + E)^t, \quad (38)$$

где Z_t^* – затраты на t -м шаге без капитальных вложений; K_t – сумма капитальных вложений на t -м шаге.

Первая часть формулы (38) для определения ЧДД представляет собой сумму дисконтированной прибыли (ДЧП), а вторая – сумму дисконтированных капитальных вложений (ДКВ).

$$\text{ДЧП} = \sum_{i=0}^T (R_t - Z_t^*) / (1 + E)^t; \quad (39)$$

$$\text{ДКВ} = \sum_{i=0}^T K_t / (1 + E)^t. \quad (40)$$

Индекс доходности (ИД) определяется как отношение суммы ДЧП к сумме ДКВ:

$$\text{ИД} = \text{ДЧП} / \text{ДКВ}. \quad (41)$$

При положительном ЧДД – проект эффективен, $ИД > 1$ и, наоборот, при $ИД < 1$ проект неэффективен.

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой такую норму дисконта, при которой сумма дисконтированной чистой прибыли равна сумме дисконтированных капитальных вложений. Обозначим такую норму дисконта $E_{вн}$:

$$ВНД = \sum_{i=0}^T (R_t - Z_t^*) / (1 + E_{вн})^t - \sum_{i=0}^T K_t / (1 + E_{вн})^t. \quad (42)$$

Расчет ЧДД позволяет определить эффективность проекта при некоторой заданной норме дисконта E . ВНД определяется в результате расчета, а затем сравнивается с требуемой инвестором нормой дохода на капитал. Если ВНД равна или больше требуемой инвестором нормы дохода на капитал, то инвестиции оправданы.

Срок окупаемости ($T_{ок}$) – минимальный временной интервал от начала осуществления проекта до момента времени, за пределами которого ЧДД становится не отрицательным, т.е. первоначальные вложения и другие затраты покрываются суммарными доходами:

$$T_{ок} = n + \frac{ЧТС_n}{ЧДД_{n+1}}, \quad (43)$$

где n – последний год когда $ЧТС \leq 0$; $ЧТС_n$ – чистая текущая стоимость в n -ом году, определяется пошагово, исходя из величины инвестиций и ЧДД_{*i*} (табл. 66); $ЧДД_{n+1}$ – величина ЧДД в $n+1$ -ом году.

Оценка коммерческой эффективности проекта осуществляется по трем видам деятельности предприятия:

- инвестиционной;
- операционной;
- финансовой.

В разрезе каждого вида деятельности происходит приток $\Pi_i(t)$ и отток $O_i(t)$ денежных средств.

$$q_i(t) = \Pi_i(t) - O_i(t), \quad (44)$$

где I – вид деятельности предприятия; $q_i(t)$ – поток денежных средств, который определяется как разность между притоком и оттоком денежных средств в сумме от инвестиционной и операционной деятельности на каждом шаге расчета.

$$q_i(t) = [\Pi_1(t) - O_1(t)] + [\Pi_2(t) - O_2(t)] = q_1(t) + q_2(t), \quad (45)$$

где $q_i(t)$ – аналог $R - Z$; $q_1(t)$ – аналог (K_t) ; $q_2(t)$ – аналог $R - Z^*$.

Разность между притоком и оттоком денежных средств от всех трех видов деятельности представляет сальдо денег на каждом шаге. Форма денежных потоков представлена в табл. 48.

Таблица 48

Поток денежных средств при осуществлении инвестиционного проекта

№ п/п	Показатель (номер строки и математические действия)	Значение показателя по шагам расчета				
		шаг 0	шаг 1	шаг...i	шаг t	ликвидация
1	2	3	4	5	6	7
<i>Потоки реальных денег от инвестиционной деятельности</i>						
1	Земля					
2	Здания, сооружения					
3	Машины и оборудование, передаточные устройства					
4	Нематериальные активы					
5	Итого, вложения в основной капитал (1+2+3+4)					
6	Прирост оборотного капитала					
7	Всего инвестиций (5+6)					
<i>Приток реальных денег от операционной деятельности</i>						
8	Объем продаж					
9	Цена					
10	Выручка (8 × 9)					
11	Внереализационные доходы					
12	Переменные затраты					
13	Постоянные затраты					
14	Амортизация					
15	Проценты по кредитам					
16	Прибыль (10+11–12–13–14–15)					
17	Налоги и сборы					
18	Проектируемый чистый доход (16–17)					
19	Чистый приток от операций (18+14)					
<i>Поток реальных денег от финансовой деятельности</i>						
20	Собственный капитал (акции, субсидии и т.п.)					
21	Краткосрочные кредиты					
22	Долгосрочные кредиты					
23	Погашение задолженности по кредитам					
24	Выплаты дивидендов					
25	Сальдо реальных денег (7+19+20+21+22–23–24)					

Обязательным условием принятия инвестиционного проекта является положительное сальдо накопленных денег в любом временном интервале,

а отрицательная величина сальдо свидетельствует о необходимости привлечения дополнительных средств.

Приведенная методика справедлива для любых инвестиционных проектов.

Расчет инвестиционного проекта и оценка его эффективности на примере цеха склеивания шпона с объемом выпуска 100000 м³ фанеры в год

Таблица 49

Расчет стоимости требуемого оборудования

Наименование оборудования	Единица измерения	Кол-во оборудования	Стоимость	
			Единицы, тыс. руб.	Всего, тыс. руб.
Линия сборки пакетов, подпрессовывания и горячего прессования фирмы «Raute»	шт.	2	96000	192000
Линия обрезки кромок фирмы «Angelo-Kremona»	шт.	1	31260	31260
Калибровальный станок фирмы «Rauma Repola»	шт.	1	30000	30000
Шлифовальный станок фирмы «Steinemman»	шт.	1	30688	30688
Линия сортирования фанеры фирмы «Raute»	шт.	1	25000	25000
Упаковочная машина	шт.	1	2880	2880
Электропогрузчик	шт.	2	80	160
Итого по оборудованию				311988

Таблица 50

Расчет капитальных вложений

№	Наименование подпункта	Сумма, тыс. руб.	Удельный вес, %
1	Стоимость оборудования	311988	65
2	Строительные работы (40% от п. 1)	124795	26
3	Оборотные средства	46049	9
Всего инвестиций		482831	100

Источники инвестиций:

Средства инвесторов – 362,2 млн. руб.

Заемные средства (кредит) – 120,7 млн. руб.

Условия кредитования:

- номинальная процентная ставка – 10% годовых;
- кредит погашается равными долями за 3 года.

Таблица 51

Формирование кредитных издержек, тыс. руб.

Наименование позиции	t_1	t_2	t_3	t_4
Погашение кредита, млн. руб.	-	40,3	40,3	40,1
Задолженность по погашению кредита, млн. руб.	120,7	80,4	40,3	-
Проценты за пользование кредитом, млн. руб.	12,07	8,04	4,03	-
Кредитные издержки	12,07	48,34	44,33	40,1

Расчет затрат на производство и реализацию продукции

Для расчета затрат используем формулу (24):

Цены ресурсов, используемых в расчете, принимаются за один период.

Расчет стоимости сырья и вспомогательных материалов

Расчет представлен в таблице на годовую программу 100 000 м³ фанеры.

Таблица 52

Расчет стоимости сырья и материалов

Наименование материала	Единица измерения	Расход на 1 м ³	Расход на программу	Цена за единицу, руб.	Стоимость, тыс. руб.
Шпон	м ³	1,22	122028,4	4500	549127,80
Клей СФЖ-3014	кг	122	12226000	150	183390,00
Шлифовальная шкурка	м ²	1,96	196666,5	100	19666,7
Лента для упаковки	кг	1,3	130000	120	15600,00
Итого					767784,5

Потребное количество сырья и материалов на 1 м³ и годовую программу определяется в технологическом разделе проекта.

Расчет стоимости электроэнергии, пара и сжатого воздуха

Потребное количество пара и сжатого воздуха на годовую программу определяется в технологическом разделе проекта, электроэнергии – в энергетическом.

Таблица 53

Расчет стоимости электроэнергии, пара и сжатого воздуха на технологические
нужды

Виды затрат	Единица измерения	Расход на 1 м ³	Расход на программу	Цена за единицу, руб.	Стоимость, тыс. руб.
Электроэнергия	кВт	20,6	2068362,19	3	6205,1
Пар	т	0,1	10000,0	380	3800,00
Сжатый воздух	м ³	1,38	138240	3,5	483,8
Итого					10488,9

Расчет численности работающих и фонда оплаты труда

Таблица 54

Расчет эффективного фонда времени одного рабочего

Показатель	Значение
1. Календарный фонд времени, дней	365
2. Нерабочие дни, всего	114
в том числе: - праздничные	14
- выходные	104
3. Количество рабочих дней	247
4. Оплачиваемые неявки на работу (очередные, декретные, учебные отпуска, выполнение государственных обязанностей и др.)	34
5. Эффективный фонд времени, дней	213

Таблица 55

Расчет численности основных рабочих и тарифного фонда заработной платы

Наименование оборудования	Количество оборудования	Численность рабочих в смену на оборудовании	Сменность работы	Явочная численность рабочих	Количество дней работы цеха	Требуемое человеко-дней	Разряд рабочего	Тарифная ставка в день, руб.	Тарифный фонд з/п, тыс. руб.
Линия сборки пакетов	4	3	3	36	247	8892	III	400	3556,8
Линия подпрессовывания и горячего прессования	2	3	3	18	247	4446	V	550	2445,3
Линия обрезки	1	1	3	3	247	741	V	550	407,6
Калибровальный станок	1	1	3	3	247	741	V	550	407,6
Шлифовальный станок	1	1	3	3	247	741	V	550	407,6
Линия сортировки	1	1	3	3	247	741	IV	450	333,5
Упаковочная машина	1	1	3	3	247	741	IV	450	333,5
Починка фанеры	1	2	3	6	247	741	III	400	296,4
				75		17784			8188,3

Списочная численность основных рабочих $17784 / 230 = 77$ чел.

Таблица 56

Расчет численности и тарифного фонда заработной платы вспомогательных рабочих

Наименование профессии	Численность рабочих в смену на оборудование	Количество смен в день	Явочная численность рабочих	Количество дней работы цеха	Требуемое количество человеко-дней	Разряд рабочего	Тарифная ставка в день, руб.	Тарифный фонд з/п, тыс. руб.
Категория А (ремонтники)								
1. Слесарь-ремонтник	3	3	9	247	2223	IV	450	1000,4
2. Электрик	1	3	3	247	741	IV	450	333,5
Итого			12		2964			1333,9
Списочная численность вспомогательных рабочих категории «А» $2964 / 230 = 13$ чел.								
Категория Б (транспортные и вспомогательные)								
1. Водитель электропогрузчика	2	2	4	247	988	IV	450	555,8
2. Водитель электропогрузчика	1	1	1	247	247			
3. Заточник	1	1	1	247	247	IV	450	111,2
Итого:			6		1482			667,0
Списочная численность вспомогательных рабочих категории «Б» $1482 / 230 = 7$ чел.								

Таблица 57

Расчет численности ИТР, служащих, МОП и фонда заработной платы

Наименование должностей	Должностной оклад в месяц, руб.	Численность	Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.
Начальник цеха	22000	1	264,0
Сменный мастер	17000	3	612,0
Контрольный мастер	16500	2	396,0
Инженер-технолог	18000	1	216,0
Уборщица	6000	1	72,0
Итого		8	1560,0

Таблица 58

Расчет годового фонда и средней заработной платы

Показатели	Ед. изм.	Основные рабочие	Вспомогательные рабочие		ИТР, служащие, МОП	Итого
			А	Б		
Списочная численность	чел	77	13	7	8	105
Фонд зарплаты по тарифам	тыс. руб.	8188,3	1333,9	667,0	1560,0	11749,2
Дополнительные выплаты	%	8	8	8	-	-
	тыс. руб.	655,1	106,7	53,4	-	815,2
Премия	%	20	15	15	10	-
	тыс. руб.	1637,7	200,1	100,1	156,0	2093,9
Годовой фонд оплаты труда	тыс. руб.	10481,1	1640,7	820,5	1716	14658,3
Среднегодовой фонд оплаты труда	тыс. руб.	136,1	126,2	117,2	214,5	139,6

Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Таблица 59

Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Элементы затрат	Сумма, тыс. руб.
1. ФОТ вспомогательных рабочих категории «А»	1640,7
2. Единый социальный налог (26 %)	426,6
3. Амортизация оборудования (10% от стоимости оборудования)	37438,6
4. Расходы на текущий ремонт и эксплуатацию (3,5% от стоимости оборудования)	4679,8
5. Прочие расходы (3% от п. 1)	49,0
Итого	43808,3

Расчет цеховых расходов

Таблица 60

Смета цеховых расходов

Элементы затрат	Сумма затрат, тыс. руб.
1. Зарплата управленческого персонала (ИТР, служащих, МОП)	1716,0
Зарплата вспомогательных рабочих категории «Б»	820,5
2. Единый социальный налог (26%)	659,5
3. Амортизация зданий и сооружений (2% от стоимости строительных работ)	2496
4. Текущий ремонт зданий (1% от стоимости строительных работ)	1248
5. Прочие расходы (1% от ФОТ)	25,4
Итого	6965,4

Расчет калькуляции себестоимости продукции

На основании выполненных расчетов составляется калькуляция себестоимости выпуска фанеры в заданном объеме, равном $V = 100000 \text{ м}^3$ в год.

Таблица 61

Калькуляция себестоимости продукции

Статьи затрат	Условное обозначение	Затраты, тыс. руб.	
		На весь объем	На единицу продукции
Сырье и материалы	C_m	767784,5	7,7
Пар, электроэнергия, сжатый воздух	C_t	10488,9	0,10
Заработная плата основных рабочих	$C_{\text{фот}}$	10481,1	0,10
Отчисления на социальные нужды (26%)	$C_{\text{соц}}$	2725,1	0,03
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{\text{ресо}}$	43808,3	0,44
Цеховые расходы	$C_{\text{цех}}$	6965,4	0,07
Цеховая себестоимость		842256,1	8,44
Общезаводские расходы	$C_{\text{общ}}$	54289,4	0,54
Производственная себестоимость		896545,5	8,98
Коммерческие расходы (3%)	$C_{\text{ком}}$	26896,4	0,27
Полная себестоимость		923442,1	9,24

Точка безубыточности, или критический объем продаж

В затратах величина переменных составляет 70%, а постоянные затраты 30%.

Объем реализации 100000 м³ фанеры, цена реализации 11000 руб. за 1 м³.

Таблица 62

Показатели для расчета безубыточности производства

Наименование показателей	Сумма затрат, тыс. руб.		
	Обозначение	Обозначение	На весь объем, тыс. руб.
1. Оптовая цена	B^1, B	На единицу продукции, тыс. руб.	1100000
2. Затраты	$3^1, 3$	11,0	923442,1
3. Затраты переменные	$3_{пер}$	9,24	646409,3
4. Затраты условно-постоянные	$3_{пост}$	6,47	277032,3
5. Маржинальный доход	M	2,8	453590,4
6. Прибыль	Π	4,56	176557,9

Точка критического объема производства в натуральном выражении определяется:

$$Q_{кн} = \left(\frac{3_{пост}}{B^1 - 3_{пер}^1} \right) = \frac{277032,3}{(11 - 6,47)} = 61155 \text{ м}^3,$$

где B^1 и $3_{пер}^1$ - оптовая цена и переменные затраты на единицу продукции.

При этом объеме производства предприятие не получит прибыли.

Критический объем в стоимостном выражении:

$$Q_{ку} = Q_{кн} \cdot B^1 = 61155 \cdot 11,0 = 672705 \text{ тыс. руб.}$$

Запас финансовой прочности предприятия

$$ЗФП = B - Q_{ку} = 1100000 - 672705 = 427295 \text{ тыс. руб.,}$$

что составляет 38,8% от выручки от реализации продукции:

$$(ЗФП / B) \cdot 100\% = 38,8\%,$$

то есть планируемый объем может снизиться на эту величину, прежде чем будет достигнута точка безубыточности.

Эффект производственного рычага, количественно оценивающий изменение прибыли при изменении выручки на 1% равен:

$$ЭПР = (B - 3_{пер}) / \Pi = (110000 - 646409) / 176558 = 2,6\%.$$

Прогнозирование прибыли и движения финансов

Расчет налога на имущество

Базой для начисления налога на имущество является остаточная стоимость основных производственных фондов (строящиеся предприятия освобождаются от этого налога по первому году деятельности).

Стоимость основных производственных фондов (ОФП):

I – стоимость оборудования – 311,988 млн. руб.

II – стоимость строительных работ – 124,795 млн. руб.

Амортизационные отчисления:

I активной части:

$$311,88 \cdot 0,1 = 31,2 \text{ млн.руб.}$$

II пассивной части

$$124,795 \cdot 0,02 = 2,5 \text{ млн. руб.}$$

Таблица 63

Расчет налога на имущество

Показатели	Ед. из-мер.	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
Стоимость ОПФ	млн. руб.	436,78								
Амортизационные отчисления	млн. руб.	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7
Остаточная стоимость	млн. руб.	403,08	369,4	335,7	302,0	268,3	234,6	200,9	167,2	
Налог на имущество (2,2%)	млн. руб.	8,1	7,4	6,7	6,04	5,4	4,7	4,0	3,3	0,6

Норма дисконта может быть рассчитана прямым счетом:

- принимаемая ставка безрискового дохода 10%;
- 2% (поправка на риск);
- 8% (ожидаемый уровень инфляции).

Всего:

$$E = 10 + 2 + 8 = 20\% \text{ или } 0,2.$$

Выпуск продукции не может быть постоянным по всем шагам расчета, так как выход на проектную мощность возможен по истечению определенного срока. Текущие затраты изменяются в динамике по годам освоения.

При неполном освоении затраты необходимо корректировать:

$$З_{m1} = (З_{nep} \cdot 0,85) + З_{пост},$$

$$З_{m1} = (646409,3 \cdot 0,85) + 277032,3 = 826480 \text{ тыс. руб.} = 826,5 \text{ млн. руб.}$$

Коэффициент дисконтирования, стоимость будущих денег в сегодняшнем эквиваленте, по годам (t):

$$d_t = \frac{1}{(1 + E)^t},$$

$$a_0 = \frac{1}{(1 + 0,2)^0} = 1, \quad a_1 = \frac{1}{(1 + 0,2)^1} = 0,83, \quad a_2 = \frac{1}{(1 + 0,2)^2} = 0,69,$$

$$a_3 = \frac{1}{(1 + 0,2)^3} = 0,58, \quad a_4 = \frac{1}{(1 + 0,2)^4} = 0,48, \quad a_5 = \frac{1}{(1 + 0,2)^5} = 0,40,$$

$$a_6 = \frac{1}{(1 + 0,2)^6} = 0,33, \quad a_7 = \frac{1}{(1 + 0,2)^7} = 0,27, \quad a_8 = \frac{1}{(1 + 0,2)^8} = 0,23,$$

$$a_9 = \frac{1}{(1 + 0,2)^9} = 0,19, \quad a_{10} = \frac{1}{(1 + 0,2)^{10}} = 0,16.$$

Таблица 64

Прогноз прибыли по шагам расчета

Наименование позиции/шаги	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
1. Уровень (процент) освоения	85	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2. Выручка от реализации, млн. руб.	935	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
3. Себестоимость, млн. руб., в том числе амортизация	$\frac{826,5}{-}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$	$\frac{923,4}{33,7}$
4. Прибыль от реализации, млн. руб. (2-3)	109	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6
5. Налоги, относимые на финансовые результаты (налог на имущество), млн. руб.		8,1	7,4	6,7	6,04	5,04	4,7	4,0	3,3	2,7
6. Налогооблагаемая прибыль, млн. руб. (4-5)	108	168,5	169,2	169,9	170,56	171,56	171,9	172,6	173,3	173,9
7. Налог на прибыль (20%), млн. руб. (6п0,2)	21,6	33,7	33,8	33,98	34,1	34,3	34,4	34,5	34,7	34,8
8. Чистая прибыль, млн. руб. (6-7)	86,4	134,8	135,4	135,9	136,4	137,2	137,5	138,1	138,6	139,2
9. То же нарастающим итогом	86,4	222,0	356,6	492,5	628,9	766,1	903,6	1041,7	1180,3	1319,5
10. Чистая прибыль + амортизация (ДП)	86,4	168,5	169,1	169,6	170,1	170,9	171,2	171,8	172,2	172,9

Таблица 65

Прогноз движения денежных средств

Наименование позиций	Горизонт расчета										
	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
Приток денежных средств:	362,1	1055,7	1133,7	1133,7	1133,7	1133,7	1133,7	1133,7	1133,7	1133,7	1133,7
- средства инвесторов	362,1										
- привлечение кредита		120,7									
- выручка от продаж	-	935	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
- амортизационные отчисления	-	-	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7
Отток денежных средств:	362,1	985,8	1013,9	1008,9	1004,2	965,3	962,7	962,5	961,9	961,4	960,9
- инвестиции	362,1	120,7									
- текущие затраты		826,9	923,4	923,4	923,4	923,4	923,4	923,4	923,4	923,4	923,4
- возврат кредита (кредитные издержки)		12,07	48,7	44,33	40,1						
- налоги (имущество + прибыль)	0	26,1	41,8	41,2	40,7	40,1	39,3	39,1	38,5	38,0	37,5
Общий поток денежных средств (приток – отток)	0	69,9	119,8	124,8	129,5	170,2	171	171,2	171,8	172,3	172,8
Тоже нарастающим итогом (свободные денежные средства)	0	69,9	189,7	314,5	444,0	614,2	785,2	956,4	1128,2	1300,5	1473,3

Таблица 66

Определение чистого дисконтированного дохода и чистой текущей стоимости при принятой норме дисконта 20%, млн. руб.

Шаги расчета, годы, t_i	Чистый приток, $\Pi_i(t)$	Чистый отток, $O_i(t)$	Коэффициент дисконтирования, d_t	Дисконтированные		ЧДД	ЧТС
				притоки $\Pi_i \cdot d_t$	оттоки $O_i \cdot d_t$		
0		362,2	1		362,2	-362,2	-362,2
1	86,4	120,7	0,83	71,7	100,2	-28,5	-390,7
2	168,5		0,69	116,3		116,3	-274,4
3	169,1		0,58	98,1		98,1	-176,3
4	169,6		0,48	81,4		81,4	-94,9
5	170,1		0,40	68		68	-26,9
6	170,9		0,33	56,4		56,4	29,5
7	171,2		0,28	47,9		47,9	77,4
8	171,8		0,23	39,5		39,5	116,9
9	171,8		0,19	32,6		32,6	149,5
10	172,9		0,16	27,7		27,7	177,2
Итого	1622,3	482,9		639,6	462,4	177,2	-

Основные интегральные показатели эффективности инвестиционного проекта

Чистая текущая стоимость (ЧТС) равна 177,2 млн. руб. Положительное значение является подтверждением целесообразности осуществления инвестиций.

$$ИД = \frac{ДЧП}{ДКВ} = \frac{639,6}{462,4} = 1,38.$$

Это означает, что на каждый инвестированный рубль приходится 1,38 рубля дохода.

Для определения внутренней нормы доходности проекта расчеты были выполнены при нормах дисконта 20% (табл. 66) и 30% (табл. 67):

$$ВНД = 20 + \left(177,2 \cdot \left(\frac{30 - 20}{100} \right) / (177,2 + 95,1) \right) \cdot 100 = 20 + \left(\frac{17,72}{272,3} \right) \cdot 100 = 26,5\%.$$

что больше нормы дисконтирования.

Это говорит о том, что реализация проекта экономически эффективна.

Срок окупаемости:

$$T_1 = n + \frac{ЧТС_n}{ЧДД_{n+1}} = 5 + \frac{26,9}{56,4} = 5,4 \text{ года.}$$

Срок окупаемости не превышает нормативный.

Таблица 67

Определение чистого дисконтированного дохода и ЧТС при норме дисконта 30%.

Шаги расчета, годы, t_i	Чистый приток, $П_i(t)$	Чистый отток, $О_i(t)$	Коэффициент дисконтирования, d_t	Дисконтированные		ЧДД	ЧТС
				притоки $П_i \cdot d_t$	оттоки $О_i \cdot d_t$		
0		362,2	1		362,2	-362,2	-362,2
1	86,4	120,0	0,7	60,5	84,0	-23,5	-385,7
2	168,5		0,54	90,1		90,1	-295,6
3	169,1		0,4	67,6		67,6	-228,0
4	169,6		0,26	44,0		44,0	-184,0
5	170,1		0,18	30,6		30,6	-153,4
6	170,9		0,13	22,2		22,2	-131,2
7	171,2		0,09	15,4		15,4	-115,8
8	171,8		0,06	10,3		10,3	-105,5
9	171,8		0,04	5,2		5,2	-100,3
10	172,9		0,03	5,2		5,2	-95,1
Итого	1622,3			351,		-95,1	

Таблица 68

Технико-экономические показатели

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
Показатели эффективности инвестиционного проекта производства фанеры			
1	Годовой объем производства фанеры	м ³	100000
2	Годовая мощность	тыс. руб.	1100000
3	Общая сумма инвестиций	тыс. руб.	482831
	- в том числе основных производственных фондов	тыс. руб.	436783
4	Источники финансирования инвестиций	тыс. руб.	
	- средства инвесторов		362124
	- среднесрочный кредит		120708
5	Численность работающих	чел.	105
	Численность рабочих		77
6	Себестоимость единицы продукции	руб.	9240
Показатели коммерческой эффективности			
7	Норма дисконта принятая при дисконтировании результатов и затрат по проекту	%	20
8	Чистый дисконтированный доход	млн. руб.	177,2
9	Индекс доходности	%	1,38
10	Внутренняя норма доходности	%	26,5
11	Срок окупаемости	лет	5,4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008, № 87.
2. Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации строительства, реконструкции объектов капитального строительства. Постановление Правительства РФ от 19.01.2006, № 20.
3. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004, №190-ФЗ.
4. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001, №136-ФЗ.
5. Сборник разъяснений по предпроектной и проектной подготовке строительства. М.: ОАО «Центринвестпроект», 2008 – 30 с.
6. Единая система технологии проектирования предприятий, зданий и сооружений. М.: ЦНИИпроект, 1986 – 196 с.
7. Казанцев А.К., Серова Л.С. Основы производственного менеджмента. М.: ИНФРА-М, 2002 – 348 с.
8. Калитеевский Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005 – 480 с.
9. Леонович А.А. Технология древесных плит: прогрессивные решения. СПб.: Химиздат, 2005 – 208 с.
10. Чубинский А.Н. Магистерская диссертация. СПб.: СПбГЛТА, 2008 – 56 с.
11. Чубинский А.Н. Производственный менеджмент в лесопилении. СПб.: СПбГЛТА, 2009 – 72 с.
12. Чубинский А.Н., Шагалова Т.А. Проектирование деревообрабатывающих производств. СПб.: Издательский дом Герда, 2007 – 128 с.
13. Куликов В.А. Производство фанеры. М.: Лесная промышленность, 1976 – 368 с.
14. Официальные сайты компаний: Седерхамн Эрикссон www.se-saws.ru; Esterer WD www.ewd.ru; Newsaw www.hewsaw.com; Автоматика вектор www.a-vektor.ru; Глобал Эдж www.globaledge.ru, КАМИ-Станкоагрегат www.stankoagregat.ru

АНКЕТА

Для принятия решения о производстве фанеры

1. Какой из показателей, на Ваш взгляд, является приоритетным для принятия решения о выборе вида фанеры, планируемого к выпуску? (отметьте «У» для каждого показателя его уровень приоритетности, но не более одной отметки «У» в одном столбце и одной строке).

Приоритетность показателя при принятии Вами решения о выпуске нового вида фанеры					
Наименование показателя	Уровень приоритетности				
	очень высокий	высокий	средний	низкий	очень низкий
Темп роста спроса на фанеру на мировом рынке					
Темп роста спроса на фанеру на внутрирос- сийском рынке					
Цена фанеры на рынке					
Себестоимость произ- водства фанеры					
Деловая репутация произ- водителя фанеры					

2. Какой из видов фанеры эффективнее для производства? (отметьте «У» для каж-
дого вида фанеры ее эффективность).

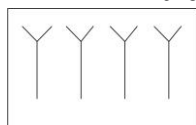
Вид фанеры	Эффективность		
	высокая	средняя	низкая
на фенолоформальдегидных клеях			
на карбамидоформальдегидных клеях			
большеформатная			
квадратная (1525x1525)			
хвойная (только из хвойного шпона)			
березовая (только из березового шпона)			
комбинированная (наружные слои из березового шпона)			
комбинированная (наружные слои из хвойного шпона)			
ламинированная			
шлифованная			
нешлифованная			

АНКЕТА

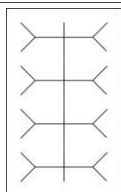
для принятия решения о выборе бревнопильного оборудования /10/

Показатели	Баллы
1. Качество пилопродукции, получаемой на оборудовании	
1.1 Точность формы	
1.2 Точность размера	
1.3 Шероховатость поверхности	
2. Техничко-экономические характеристики оборудования	
2.1 Себестоимость производства пиломатериалов	
2.2 Коэффициент использования сырья при производстве пиломатериалов	
2.3 Стоимость оборудования	
2.4 Стоимость доставки и шеф-монтажа	
3. Известность марки/производителя	

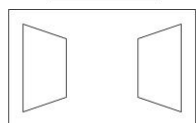
Условные обозначения лесопильного оборудования



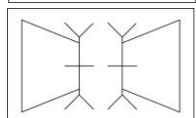
лесоильная рама



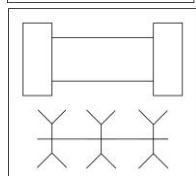
многоильный круглоильный станок



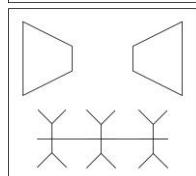
фрезерно-брусующий станок



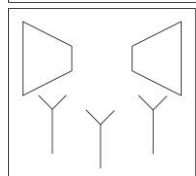
фрезерно-обрезной станок



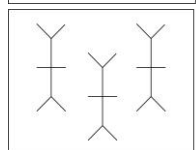
фрезерно-профилирующий агрегат



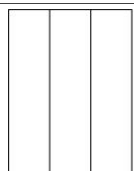
фрезерно-ильный круглоильный станок



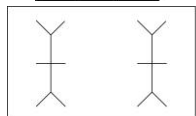
фрезерно-ильный ленточноильный станок



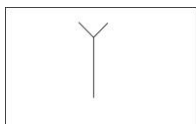
многоильное торцовочное устройство (триммер);



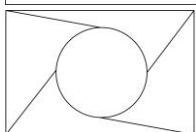
накопительное устройство с механизмом поштучной выдачи предмета обработки



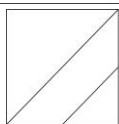
обрезной станок



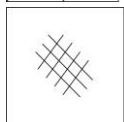
однопильный ленточнопильный станок



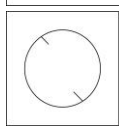
окорочный станок



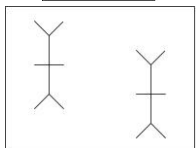
рубительная машина



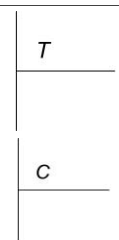
сортировочная машина для щепы, опилок, виброгрохот



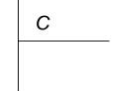
строгальный (продольно-фрезерный) станок



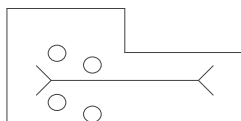
торцовочный станок проходного типа



устройство для определения диаметра бревна



устройство для определения сечения доски



горбыльно-ребровой станок

Анатолий Николаевич Чубинский
Александр Алексеевич Тамби
Татьяна Александровна Шагалова

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие