

*Посвящаю 70-летию Великой Победы
и 85-летию Белорусского государственного
технологического университета,
флагмана высшего образования и науки
Республики Беларусь, давшего путевку в
жизнь мне и многим тысячам выпускников*

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. А. Янушкевич

**ТЕХНОЛОГИЯ
ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.
КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям
1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»,
1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»
специализации 1-36 05 01 03 «Машины и оборудование
деревообрабатывающей промышленности»*

Минск 2015

УДК 674.093(075.8)
ББК 37.132я73
Я65

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Металлические и деревянные конструкции»
Белорусского национального технического университета
(кандидат технических наук, доцент *А. В. Оковитый*);
генеральный директор ОАО «Речицадрев»
кандидат технических наук *В. В. Тулейко*

Янушкевич, А. А.

Я65 Технология лесопильного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств», 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 03 «Машины и оборудование деревообрабатывающей промышленности» / А. А. Янушкевич. – Минск : БГТУ, 2015. – 150 с.
ISBN 978-985-530-454-9.

Приведены состав и содержание курсового и дипломного проектов. Описаны современные технологии и оборудование лесопильного производства, рассмотрены методики: расчета сырья в лесопилении; выбора и расчета оборудования лесопильных цехов и складов сырья и пиломатериалов; разработки технологических схем производственных участков. Даны примеры решения типовых технологических задач и технологические схемы лесопильных потоков и цехов, приведены справочные материалы, необходимые для проектирования лесопильных цехов.

Пособие может быть использовано студентами специальностей «Энергоэффективные технологии в лесном комплексе», «Экономика и управление на предприятиях лесного комплекса» дневной и заочной форм обучения.

УДК 674.093(075.8)
ББК 37.132я73

ISBN 978-985-530-454-9 © УО «Белорусский государственный технологический университет», 2015
© Янушкевич А. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные технологические процессы лесопильного производства предусматривают применение высокопроизводительного оборудования, которое обеспечивает рациональный раскрой сырья, высокое качество продукции и безопасные условия работы.

В лесопильном производстве в последнее время применяют высокие ресурсосберегающие технологии, современные автоматизированные линии с программным управлением для оптимального раскроя бревен на пилопродукцию целевого назначения.

Все это требует подготовки специалистов, владеющих знаниями, необходимыми для проектирования лесопильных предприятий в современных условиях. Навыки проектирования студенты получают при выполнении курсовых и дипломных проектов.

В учебно-методическом пособии приведены методики по планированию раскроя бревен, по выбору и расчету технологического и вспомогательного оборудования лесопильных цехов и складов сырья и пиломатериалов, по разработке технологических планов цехов и складов; рассматриваются примеры по составлению и расчету поставок и планов раскроя бревен, по расчету производительности оборудования.

В приложение учебно-методического пособия включены справочные материалы, необходимые для проектирования цехов и складов.

Автором в 2008 г. было издано учебно-методическое пособие на белорусском языке «Тэхналогія лесапільнай вытворчасці. Курсавое і дыпломнае праектаванне». За последние годы обновилось и усовершенствовалось технологическое оснащение лесопильных заводов. Настоящее издание переработано и дополнено с учетом современных требований; исключены устаревшие материалы и нормативы по проектированию предприятий.

При написании учебно-методического пособия использован многолетний опыт преподавания дисциплины автором и сотрудниками кафедры технологии деревообрабатывающих производств.

Автор благодарен доценту Пастушени В. И. за полезные советы, доценту Федосенко И. Г., ассистенту Веретикову И. И., инженеру Куис Л. И. и студентам Свирид Наталье, Тюхаю Алексею, Чесновскому Евгению, Усович Наталье, Ласицкому Антону, Крейдичу Павлу, Казубович Ольге за большую помощь в подготовке и оформлении материалов пособия.

Автор выражает благодарность рецензентам Оковитому А. В. и Тулейко В. В. за большой труд и полезные советы, которые содействовали улучшению качества учебно-методического пособия.

1. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО (ДИПЛОМНОГО) ПРОЕКТА

По дисциплине «Технология лесопильного производства» студенты выполняют курсовой (дипломный) проект по теме «Проект (реконструкция) лесопильного цеха».

Курсовой (дипломный) проект должен соответствовать требованиям стандартов (СТП БГТУ 002-2007 «Проекты (работы) курсовые» или СТП БГТУ 001-2010 «Проекты (работы) дипломные»), а также заданию на проектирование, выданному кафедрой. Он состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка в соответствии со стандартом включает:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список литературы;
- приложения (при необходимости).

Основная часть расчетно-пояснительной записки курсового проекта включает:

- составление плана раскроя бревен и расчет баланса древесины;
- выбор, обоснование и расчет технологического оборудования;
- выбор вспомогательного и транспортного оборудования;
- составление заказной спецификации оборудования;
- разработку и описание технологического процесса;
- разработку плана размещения оборудования в цехе;
- мероприятия по охране труда в цехе;
- расчет основных технико-экономических показателей цеха.

В основную часть пояснительной записки дипломного проекта кроме вопросов, которые включены в курсовой проект, дополнительно входят:

- аналитический обзор научно-технической литературы по теме проекта;

выбор и обоснование места строительства (реконструкции) цеха (предприятия);

обоснование технологии и оборудования цеха;

выбор и расчет режущих инструментов, порядок их подготовки и установки;

разработка технологических разрезов цеха (при необходимости);

разработка технологии и выбор оборудования участка подготовки сырья для переработки (при необходимости);

разработка технологии и выбор оборудования участка сортировки и отгрузки пилпродукции (при необходимости).

Кроме этого, в соответствии с СТП БГТУ 001-2010 «Проекты (работы) дипломные» в дипломном проекте разрабатывают разделы:

научно-исследовательский (конструкторский);

автоматизации производства;

мероприятия по охране труда и безопасности жизнедеятельности;

мероприятия по охране окружающей среды;

контроль качества и метрологическое обеспечение производства;

экономический.

Графическая часть курсового проекта включает технологический план цеха (при необходимости – первого и второго этажей), а также по заданию руководителя чертеж (схему) вспомогательного (транспортного) оборудования или производственного участка на выбор.

Состав графической части дипломного проекта устанавливается в соответствии с требованиями СТП БГТУ 001-2010 и согласовывается с руководителем проекта.

2. ПЛАНИРОВАНИЕ РАСКРОЯ БРЕВЕН НА ПИЛОПРОДУКЦИЮ

Целью планирования раскроя бревен является обеспечение рационального использования сырья с учетом выполнения заданной спецификации пиломатериалов.

План раскроя бревен – это система поставов, которые обеспечивают выполнение спецификации пиломатериалов при условии рациональной распиловки данного сырья. Для составления плана раскроя необходимо учитывать заданную спецификацию бревен по размерам и качеству, спецификацию пиломатериалов, которые необходимо выпилить, и нормативы посортного выхода пилопродукции.

Основными этапами составления плана раскроя являются:

- составление поставов;
- расчет поставов;
- составление плана раскроя.

Составление и расчет поставов – важный и ответственный этап в планировании раскроя бревен, потому что он определяет рациональность использования древесины.

Рассмотрим основные положения составления и расчета поставов.

2.1. Составление и расчет поставов на распиловку бревен на пиломатериалы общего назначения

Составить постав – это значит выбрать способ распиловки, определить количество выпиливаемых досок, их местоположение в торце бревна и толщину. Поставы должны обеспечивать рациональный раскрой бревен на пиломатериалы, которые соответствуют спецификации и имеют высокое качество.

Теоретические исследования по распиловке бревен дают возможность сформулировать основные требования к составлению рациональных поставов.

1. При распиловке вразвал из центральной зоны бревна предусматривают выпиливание толстых досок, а по мере приближения к краю торца толщина досок в поставе уменьшается.

Развальный способ применяют для распиловки бревен хвойных и лиственных пород на необрезные доски, из которых потом выпиливают заготовки для мебели, строительных деталей, тарных заготовок и т. д. Раскрой необрезных досок на заготовки позволяет лучше использовать сырье, особенно при переработке кривых или сильносбежистых пиломатериалов.

2. При распиловке с брусковкой толщину бруса выбирают в пределах 0,55–0,80 вершинного диаметра бревна с учетом спецификации пиломатериалов; толщину досок за брусом в первом проходе и толщину боковых досок за пределами пласти бруса определяют по соответствующим графикам (рис. 1 и 2 приложения) и принимают по возможности одинаковых размеров. Толщину досок, которые выпиливают из средней части бруса во втором проходе, определяют с учетом качественных зон бревна и спецификации пиломатериалов. При этом желательно выпиливать толстые доски только одного-двух размеров по толщине.

Отметим, что распиловка с брусковкой обеспечивает лучшее использование качественных зон бревна и меньшее рассеивание размеров пиломатериалов, чем распиловка вразвал. Объемный выход обрезных досок, особенно спецификационных, при распиловке с брусковкой увеличивается.

3. Поставы должны быть симметричными относительно центра бревна. Несимметричные поставы увеличивают количество размеров досок по ширине, усложняют их сортировку, создают неблагоприятные условия для работы лесопильной рамы.

4. В один постав не рекомендуется включать доски смежной толщины (16 и 19, 19 и 22, 22 и 25), потому что при их сортировке усложняется распределение по размерам досок, толщина которых отличается менее чем на 5 мм.

5. Не рекомендуется составлять поставы с большим количеством пил, т. е. выпиливать только тонкие доски, потому что при перегрузке лесопильной рамы значительно снижается ее производительность. Оптимальное количество досок в поставе выбирают по табл. 1 приложения.

6. В связи с тем что сердцевинная часть доски имеет низкое качество, толщина центральных и сердцевинных досок принимается не меньшей, чем указано в табл. 2 приложения.

7. Ширина поставы не должна превышать размеров предельного охвата диаметра бревна поставом (формула (44) [1]).

8. При составлении поставов на выпиливание специальных пиломатериалов необходимо учитывать отдельные требования, которые к ним предъявляются (например, радиальность резонансных досок).

При составлении поставов используют графики и таблицы профессора Н. А. Батина. Рассмотрим порядок составления поставов на примерах.

Пример 1. Бревна хвойных пород диаметром $d = 20$ см и длиной $L = 5$ м распиливают на лесопильной раме. Ширина пропила составляет $s = 3,6$ мм. Составить постав на распиловку этих бревен вразвал.

Решение. По табл. 1 приложения выбираем оптимальное количество досок в поставе (6 досок) и составляем схему постава (рис. 1). После этого определяем толщину досок по графикам Н. А. Батина (рис. 1 приложения). Сначала устанавливаем номер графика, по которому будем определять толщину досок по формуле

$$N = (m + 1) - n,$$

где N – номер графика; m – общее количество пар досок в поставе; n – порядковый номер доски от центра торца бревна.

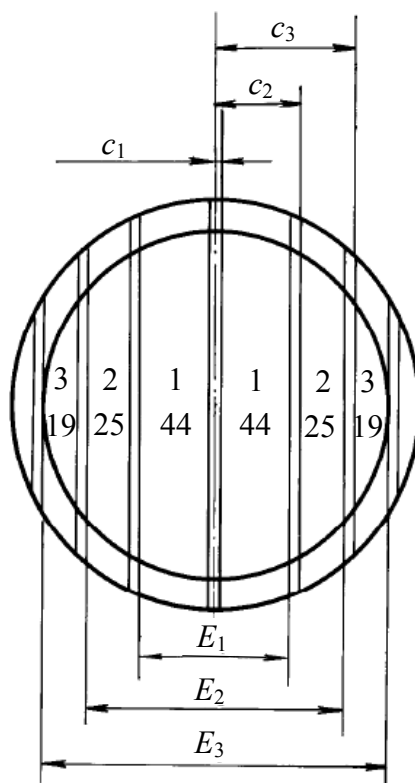


Рис. 1. Схема постава на распиловку бревен вразвал

Толщину первой доски определим по графику $N_1 = (3 + 1) - 1 = 3$, т. е. по графику 3, соответственно толщину второй доски – по графику 2, третьей – по графику 1.

Для определения толщины доски необходимо знать расстояние от центра постава до внутренней пласти доски. Для первой доски это расстояние $c_1 = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 3,6 = 1,8$ мм. Тогда на оси абсцисс находим точку $c_1 = 1,8$ мм и по вертикали поднимаемся для пересечения с кривой, соответствующей диаметру 20 см. Точку пересечения переносим на ось ординат и находим, что стандартная толщина $a_1 = 44$ мм.

Для второй доски расстояние от центра постава до внутренней пласти $c_2 = c_1 + (a_1 + y_1 + s) = 1,8 + (44 + 1,4 + 3,6) = 50,8$ мм. Отметим, что величина усушки $y_1 = 1,4$ мм для доски толщиной $a_1 = 44$ мм определяется по табл. 3 приложения.

По графику 2 устанавливаем толщину второй доски: $a_2 = 25$ мм.

Для третьей доски

$$c_3 = c_2 + (a_2 + y_2 + s) = 50,8 + (25 + 0,8 + 3,6) = 80,2 \text{ м.}$$

По графику 1 определяем толщину третьей доски: $a_3 = 19$ мм.

Отметим, что при определении по графикам из двух более близких стандартных значений принимают ту толщину доски, которая задана спецификацией пиломатериалов.

Таким образом, в нашем примере составленный постав имеет следующий вид:

$$19 - 25 - 44 - 44 - 25 - 19.$$

Общая ширина этого постава, т. е. расстояние между наружными пластинами крайних досок, составляет

$$\begin{aligned} E_{\text{п}} &= 2 \cdot ((a_1 + y_1 + s/2) + (a_2 + y_2 + s) + (a_3 + y_3 + s)) = \\ &= 2 \cdot ((44 + 1,4 + 3,6/2) + (25 + 0,8 + 3,6) + (19 + 0,6 + 3,6)) = \\ &= 199,6 \text{ мм} = 0,998 \cdot d. \end{aligned}$$

На основе этого расчета можно сделать вывод, что охват диаметра бревна поставом соответствует требованиям теории раскря.

Пример 2. Составить постав на распиловку бревен хвойных пород диаметром 24 см, длиной 5 м на обрезные пиломатериалы с брусом. Ширина пропила составляет 3,6 мм. По спецификации нужны доски шириной 150 мм.

Решение. Постав для I прохода. С учетом спецификации пиломатериалов выбираем толщину бруса 150 мм (это соответствует $0,625 \cdot d$, т. е. находится в пределах рекомендуемых правил

составления поставов). По табл. 1 приложения определяем количество досок, которые выпиливают в I проходе (по две доски с каждой стороны за брусом). После этого составляем схему поставов для I прохода (рис. 2). Толщину досок определяем, как и в примере 1, по графикам Н. А. Батина. Сначала устанавливаем номер графика, по которому будем определять толщину досок. Для второй доски – это график 2, а для третьей – график 1. Затем определяем расстояние от центра:

$$c_2 = 0,5 \cdot (h_6 + y_6) + s = 0,5 \cdot (150 + 3,9) + 3,6 = 80,55 \text{ мм.}$$

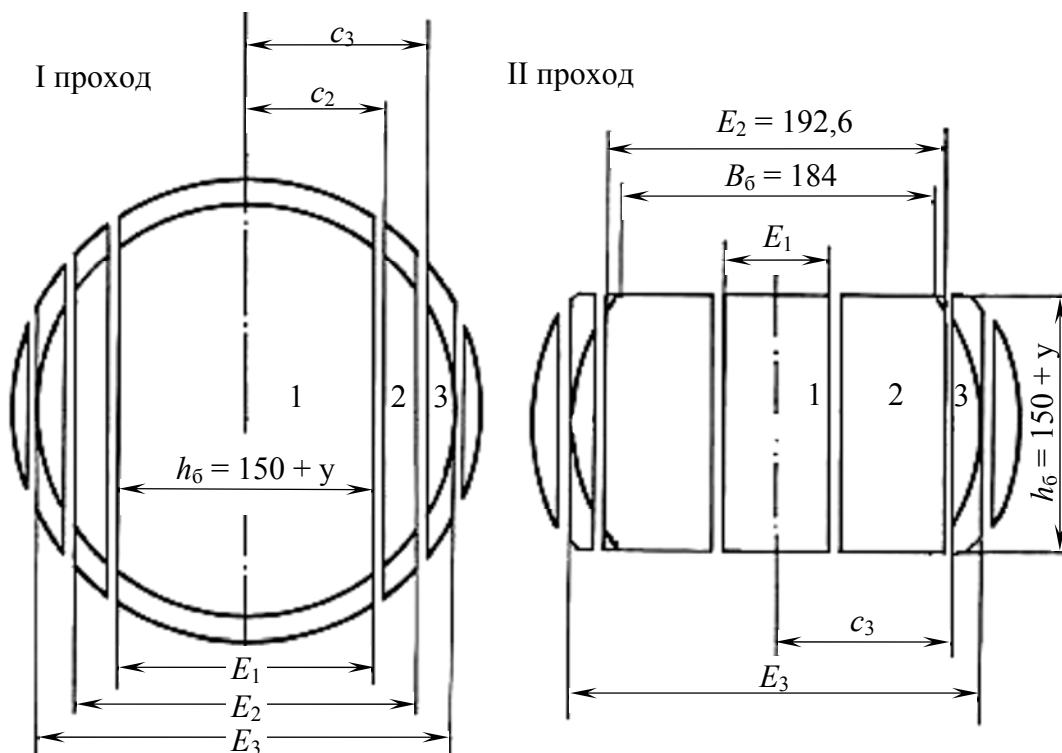


Рис. 2. Схема поставов на распиловку бревен с брусковкой

По графику 2 определяем толщину второй доски ($a_2 = 22$ мм) в соответствии со спецификацией пиломатериалов.

Для третьей доски

$$c_3 = c_2 + (a_2 + y_2 + s) = 80,55 + (22 + 0,7 + 3,6) = 106,85 \text{ мм.}$$

По графику 1 определяем толщину третьей доски $a_3 = 16$ мм. В этих расчетах h_6 – номинальная толщина бруса; y_6 , y_2 – припуски на усушку по толщине соответственно бруса и второй доски (табл. 2 приложения); s – ширина пропила.

Отметим, что при определении толщины досок учитывают спецификацию пиломатериалов.

Таким образом, постав первого прохода будет иметь следующий вид:

$$\frac{150}{1} - \frac{22}{2} - \frac{16}{2}.$$

Общая ширина этого постав составит

$$E_{\text{п1}} = (150 + 3,9) + 2 \cdot (22 + 0,7 + 3,6) + 2 \cdot (16 + 0,6 + 3,6) = 246,9 \text{ мм} = 1,03 \cdot d.$$

Это значит, охват диаметра поставом соответствует требованиям рационального раскроя.

Постав для II прохода. Сначала определяем ширину пласти бруса:

$$B_6 = \sqrt{d^2 - (h_6 + y_6)^2} = \sqrt{240^2 - (150 + 3,9)^2} = 184 \text{ мм}.$$

В постав для распиловки ширины пласти бруса с учетом спецификации пиломатериалов и наилучшего использования этой пласти включаем три доски толщиной 60 мм. Ширина этого постав будет

$$(60 + 1,8) + 2 \cdot (60 + 1,8 + 3,6) = 192,6 \text{ мм}.$$

Отметим, что при этом обрезные доски будут иметь небольшой обзол. Однако, в соответствии с СТБ 1713-2007, для досок первого сорта допускается ширина обзола 5 мм продолжительностью до 20% от длины доски. В нашем случае ширина обзола составляет всего $(192,6 - 184) / 2 = 4,3$ мм. Таким образом, выбранный постав из трех досок толщиной 60 мм соответствует требованиям СТБ.

По табл. 1 приложения установим количество досок, которые выпиливают из боковой зоны бревна за пластью бруса во II проходе (по одной доске с каждой стороны). Составим схему постав для II прохода (рис. 2) и определим расстояние от центра до внутренней пласти доски:

$$c_3 = 1/2 \cdot 192,6 + 3,6 = 99,9 \text{ мм}.$$

По графику 1 определяем толщину этой доски. Наиболее близкий стандартный ее размер будет 19 мм. Однако с учетом спецификации и того, что в первом проходе выпиливаем доски толщиной 22 и 16 мм, принимаем $a_3 = 22$ мм. Тогда постав II прохода будет

$$\frac{60}{3} - \frac{22}{2}.$$

Общая ширина этого постава

$$E_{\text{III}} = (60 + 1,8) + 2 \cdot (60 + 1,8 + 3,6) + \\ + 2 \cdot (22 + 0,7 + 3,6) = 245,2 \text{ мм} = 1,02 \cdot d.$$

Это значит, охват диаметра бревна поставом соответствует требованиям рационального раскроя.

Отметим, что постав для I прохода можно составить проще – по графикам Н. А. Батина для составления поставов на распиловку боковой зоны бревна (рис. 2 приложения). Для этого на верхней горизонтальной оси находим толщину бруса с припуском на усушку (150 + 3,9) и опускаем вертикальную линию вниз. На графике 2 (номер определяем по количеству пар досок) находим точку пересечения этой вертикали с наклонной линией диаметра 24 см. Сносим точку пересечения на ось ординат и определяем толщину обеих боковых досок – 19 мм. В этом случае постав I прохода будет

$$\frac{150}{1} - \frac{19}{4}.$$

Общая ширина постава составит

$$(150 + 3,9) + 4(19 + 0,6 + 3,6) = 246,7 \approx 1,03 \cdot d.$$

Это значит, охват бревна этим поставом почти такой, как и в поставе, который был составлен по графикам рис. 1 приложения. Однако надо отметить, что выпилка досок одинаковой толщины будет содействовать упрощению дальнейшего технологического процесса по обработке досок. Но если в I проходе будут приняты доски толщиной 19 мм, то и во II проходе необходимо выпиливать доски толщиной 19 мм, а не 22 мм (в одном поставе доски по толщине должны отличаться не менее чем на 5 мм).

Расчет постава предусматривает определение ширины, длины и объема досок, а также объемного выхода пиломатериалов из бревна при его распиловке. Исходные данные для расчета постава – диаметр, длина бревна, его сбеги и объем, а также характеристика постава (способ распиловки, количество досок в нем, их местоположение и толщина). В результате теоретических исследований установлены формулы для определения размеров обрезных досок (ширины и длины) в зависимости от местоположения досок в поставе.

Напомним некоторые из этих формул и приведем порядок расчета поставов. Сначала необходимо определить ширину пифагорической зоны, затем – ширину и длину досок.

Ширина пифагорической зоны определяется по формуле

$$E_{кр} = \sqrt{1,5 \cdot d^2 - 0,5 \cdot D^2}, \text{ мм.}$$

В *пифагорической зоне* длина обрезных досок соответствует длине бревна, а ширину находят по теореме Пифагора, а именно

$$b_i = \sqrt{d^2 - E_i^2}, \text{ мм,}$$

где d – диаметр бревна в вершинном торце, мм; E_i – расстояние между симметричными внешними пластинами i -й доски, мм.

Это расстояние (рис. 3) определяют следующим образом:

– для сердцевинной доски

$$E_c = a_c + y_c = P_c, \text{ мм;}$$

– для двух центральных досок

$$E_{ц} = 2 \cdot (a_{ц} + y_{ц} + s / 2) = 2 \cdot P_{ц}, \text{ мм;}$$

– для двух боковых досок

$$E_{б} = E_{c(ц)} + 2 \cdot (a_{б} + y_{б} + s) = E_{c(ц)} + 2 \cdot P_{б}, \text{ мм,}$$

где $a_c, a_{ц}, a_{б}$ – номинальная толщина соответственно сердцевинной, центральной и боковой досок, мм; $y_c, y_{ц}, y_{б}$ – припуск на усушку по толщине соответственно сердцевинной, центральной и боковой досок, мм; s – ширина пропила, мм; $P_c, 2 \cdot P_{ц}, 2 \cdot P_{б}$ – расход ширины поставы соответственно на сердцевинную, две центральные и две боковые доски, мм (приведен в табл. 3 и 4 приложения).

В *параболической зоне* в соответствии с теорией раскрыя бревен доски должны быть укорочены. Оптимальную ширину обрезной доски определяют по формуле и принимают более близкое стандартное значение $b_{ст(i)}$:

$$b_{0(i)} = \sqrt{\frac{D^2 - E_i^2}{3}},$$

где D – диаметр бревна в комлевом торце, мм.

Затем находят расчетную длину доски и принимают ближайшее стандартное значение $l_{ст(i)}$:

$$l_{p(i)} = \frac{D - d_{p(i)}}{c};$$

$$d_{p(i)} = \sqrt{(b_{ст(i)} + y_{(i)})^2 + E_i^2},$$

где $d_{p(i)}$ – расчетный диаметр бревна в том сечении, в котором получается ширина доски ($b_{ст(i)} + y(i)$), см; c – сбеги бревна, см/м.

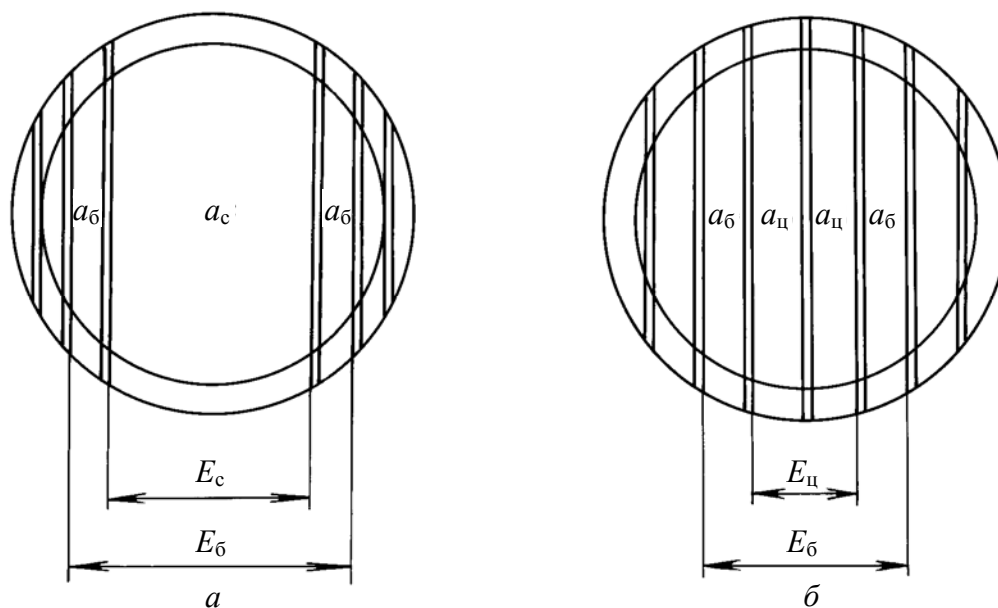


Рис. 3. Схема раскря бревен вразвал:
 а – нечетный постав с сердцевинной доской;
 б – четный постав с двумя центральными досками

При распиловке бревен с брусковкой (рис. 2, с. 13) ширину и длину обрезных досок, которые выпиливают в I проходе за брусом и во II проходе за пластью бруса, определяют так же, как и при распиловке вразвал. Ширина досок, выпиливаемых из бруса в пределах его пласти, будет соответствовать толщине бруса, а длина этих досок – длине бревна. Отметим, что ширину пласти бруса определяют по теореме Пифагора.

После определения размеров всех досок находят их объем, а затем расчетный объемный выход пиломатериалов из бревна.

Пример 3. Хвойные бревна диаметрам 20 см, длиной 5 м распиливают вразвал на обрезные доски по поставу

$$\frac{44}{2} - \frac{25}{2} - \frac{19}{2}.$$

Ширина пропила составляет 3,6 мм. Выполнить расчет этого постава, т. е. определить размеры досок, объем и объемный выход из бревна.

Решение. Сначала определяем ширину пифагорической зоны:

$$E_{кр} = \sqrt{1,5 \cdot d^2 - 0,5 \cdot D^2},$$

Для этого находим диаметр бревна в комлевом торце:

$$D = d + c \cdot L = 20 + 0,76 \cdot 5 = 23,8 \text{ см.}$$

Тогда

$$E_{\text{кр}} = \sqrt{1,5 \cdot 200^2 - 0,5 \cdot 238^2} = 178 \text{ мм.}$$

Ширину пифагорической зоны можно определить также по табл. 5 приложения.

Затем рассчитываем расстояние между симметричными пластинами досок в поставе:

$$E_1 = 2 \cdot (a_1 + y_1 + s / 2) = 2 \cdot (44 + 1,4 + 3,6 / 2) = 94,4 \text{ мм;}$$

$$E_2 = E_1 + 2 \cdot (a_2 + y_2 + s) = 94,4 + 2 \cdot (25 + 0,8 + 3,6) = 153,2 \text{ мм;}$$

$$E_3 = E_2 + 2 \cdot (a_3 + y_3 + s) = 153,2 + 2 \cdot (19 + 0,6 + 3,6) = 199,6 \text{ мм,}$$

где a_1, a_2, a_3 – номинальная толщина досок в поставе; y_1, y_2, y_3 – припуски на усушку по толщине для соответствующих досок; s – ширина пропила.

При расчетах расстояния между симметричными пластинами досок в поставе можно пользоваться табл. 1 приложения. Из расчетов видно, что первая и вторая доски находятся в пифагорической зоне ($E_1 < E_{\text{кр}}, E_2 < E_{\text{кр}}$), а третья – в параболической зоне ($E_3 > E_{\text{кр}}$). Значит, первая и вторая доски будут иметь длину, равную длине бревна, т. е. 5 м, а третья доска должна быть укорочена.

Определяем ширину досок:

$$b_1 = \sqrt{d^2 - E_1^2} = \sqrt{200^2 - 94,4^2} = 176,3 \text{ мм;}$$

$$b_2 = \sqrt{d^2 - E_2^2} = \sqrt{200^2 - 153,2^2} = 128,5 \text{ мм.}$$

Если отнять припуски на усушку по ширине, то стандартные размеры этих досок будут соответственно 175 и 125 мм.

Крайние боковые доски нужно укорачивать. Оптимальную ширину этих досок определяем по формуле

$$b_0 = \sqrt{\frac{(D^2 - E_3^2)}{3}} = \sqrt{\frac{(238^2 - 199,6^2)}{3}} = 74,8 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартную ширину этой доски 75 мм, а с припуском на усушку ширина третьей доски будет $75 + 2,3 = 77,3$ мм.

Расчетный диаметр определяем по формуле

$$d_p = \sqrt{b_p^2 + E_3^2} = \sqrt{77,3^2 + 199,6^2} = 214 \text{ мм.}$$

Затем находим длину укороченной доски:

$$l_p = \frac{D - d_p}{c} = \frac{23,8 - 21,4}{0,76} = 3,16 \text{ м.}$$

Стандартная длина этой доски будет 3,0 м. Таким образом, в результате расчета поставка получили следующие размеры обрезных досок (в метрах) и их объем V_d :

$$\begin{aligned} 0,044 \cdot 0,175 \cdot 5 \cdot 2 &= 0,07700 \text{ м}^3 \\ 0,025 \cdot 0,125 \cdot 5 \cdot 2 &= 0,03125 \text{ м}^3 \\ 0,019 \cdot 0,075 \cdot 3 \cdot 2 &= 0,00855 \text{ м}^3 \\ &0,11680 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Объемный выход пиломатериалов из бревна составит

$$\eta = 100 \cdot \frac{V_d}{V_b} = 100 \cdot \frac{0,1168}{0,19} = 61,47\%.$$

Объем бревна V_b определяем по табл. 6 приложения.

Пример 4. Хвойные бревна диаметром 24 см и длиной 5 м распиливают с брусковкой на обрезные доски по поставу:

$$\text{I} - \frac{150}{1} - \frac{22}{2} - \frac{16}{2}; \quad \text{II} - \frac{60}{3} - \frac{22}{2}.$$

Ширина пропила составляет 3,6 мм. Выполнить расчет поставка.

Решение. Сначала сделаем дополнительные вычисления. Определим комлевый диаметр бревна:

$$D = d + c \cdot L = 24 + 0,86 \cdot 5 = 28,3 \text{ см.}$$

Затем по табл. 5 приложения определяем $E_{кр} = 216$ мм.

После этого находим расстояние между симметричными пропилами в I и II проходах (рис. 2, с. 13), пользуясь табл. 2 приложения.

I проход:

$$E_1 = 153,9 \text{ мм}; E_2 = 153,9 + 52,6 = 206,5 \text{ мм};$$

$$E_3 = 206,5 + 40,4 = 246,9 \text{ мм.}$$

II проход:

$$E_1 = 61,8 \text{ мм}; E_2 = 61,8 + 130,8 = 192,6 \text{ мм};$$

$$E_3 = 192,6 + 52,6 = 245,2 \text{ мм.}$$

Отметим, что в I и во II проходах третьи доски будут укорочены, потому что $E_3 > E_{кр}$. Затем определяем ширину пласти бруса и ширину досок.

Ширина пласти бруса:

$$B_{бр} = \sqrt{d^2 - E_1^2} = \sqrt{240^2 - 153,9^2} = 184 \text{ мм.}$$

Ширина второй доски в I проходе, толщина которой 22 мм, составляет

$$b_2 = \sqrt{d^2 - E_2^2} = \sqrt{240^2 - 206,5^2} = 122 \text{ мм.}$$

Стандартная ширина этой доски составляет 125 мм с учетом допускаемого обзола. Таким образом, объем боковых досок первого прохода будет

$$V_2 = 0,022 \cdot 0,125 \cdot 5 \cdot 2 = 0,0275 \text{ м}^3.$$

Во II проходе ширина досок, которые выпиливают из пласти бруса, будет равна толщине бруса – 150 мм. С учетом того, что $E_3 > B_{бр}$, они будут иметь небольшой обзол, который допускается в первом сорте обрезных досок. Допускается обзол шириной 5 мм и длиной до 20% длины доски. В нашем примере ширина обзола составит $(192,8 - 184) / 2 = 4,4$ мм, т. е. удовлетворяет требованиям стандарта.

Крайние доски в I и во II проходах будут укорочены. Определим их оптимальную ширину и длину в I проходе:

$$b_3 = \sqrt{\frac{D^2 - E_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{283^2 - 246,9^2}{3}} = 79,9 \text{ мм.}$$

Стандартная ширина $b_3 = 75$ мм, с учетом усушки $b_{3(п)} = 75 + 2,3 = 77,3$ мм.

$$d_p = \sqrt{b_{3(п)}^2 + E_3^2} = \sqrt{77,3^2 + 246,9^2} = 258,7 \text{ мм.}$$

Длина этих досок

$$l_p = (D - d_p) / c = (28,3 - 25,87) / 0,86 = 2,83 \text{ м.}$$

Стандартная длина – 2,75 м.

Во II проходе размеры крайних досок толщиной 22 мм (также укороченных) определяются аналогично первому проходу. Их ширина составит 75 мм, а длина – 3 м.

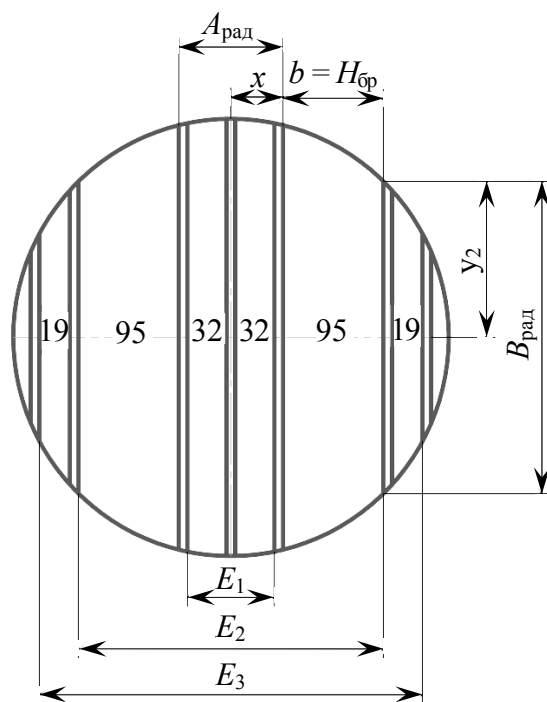


Рис. 4. Схема распиловки бревна (I проход)

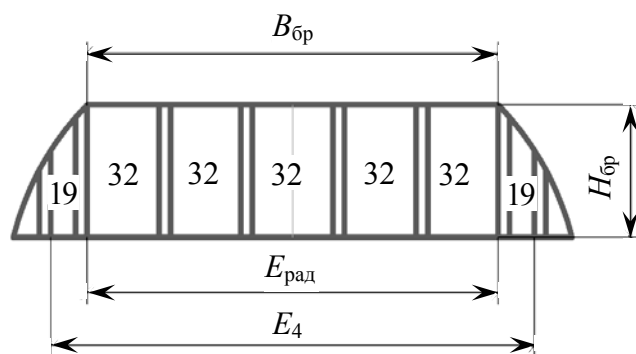


Рис. 5. Схема распиловки бруса (II проход)

В первом проходе из центральной зоны бревна выпиливают радиальные доски, а из боковых зон (сегментов) – два бруса и доски. Во втором проходе брусья распиливают на радиальные доски.

Размеры зон радиальности бревна и сегмента, а также номенклатура для составления поставок приведены в [6, 7] и на рис. 3 приложения.

Толщина выпиливаемых брусьев равна заданной ширине радиальных досок, т. е. $b = 95$ мм. В долях радиуса бревна она составляет

$$b = H_{бр} = \frac{95}{160} = 0,59 \cdot r.$$

Для данной толщины бруса, пользуясь номограммой (рис. 3 приложения), находим ширину центральной зоны радиальности бревна:

$$A_{\text{рад}} = 2 \cdot x = 2 \cdot 0,26 \cdot r = 2 \cdot 0,26 \cdot 160 = 83 \text{ мм.}$$

Ширина зоны радиальности сегмента (бруса) составит

$$B_{\text{рад}} = 2 \cdot y_2 = 2 \cdot 0,55 \cdot r = 2 \cdot 0,55 \cdot 160 = 176 \text{ мм.}$$

С учетом припусков на усушку и ширины пропила, из центральной зоны бревна шириной 83 мм можно выпилить две радиальные доски толщиной 32 мм.

Из боковой зоны бревна выпиливают два бруса толщиной 95 мм и боковые доски. Отметим, что боковые доски не являются радиальными, но они обеспечивают более полный охват торца бревна поставом и способствуют повышению общего объемного выхода досок из бревна.

Тогда постав ***I прохода*** (рис. 4) будет

$$\frac{32}{2} - \frac{95}{2} - \frac{19}{2}.$$

Определим расстояние между симметричными пластинами досок:

$$E_1 = 2 \cdot \left(32 + 1 + \frac{2,4}{2} \right) = 68,4 \text{ мм;}$$

$$E_2 = 68,4 + 2 \cdot (95 + 2,8 + 2,4) = 268,8 \text{ мм;}$$

$$E_3 = 268,8 + 2 \cdot (19 + 0,6 + 2,4) = 312,8 \text{ мм.}$$

Определим ширину центральных досок:

$$b_1 = \sqrt{360^2 - 68,4^2} = 312 \text{ мм.}$$

При раскрое такой доски по ширине получим две радиальные доски шириной 95 мм и одну шириной 100 мм из серединной зоны (она включает сердцевину доски и не является радиальной).

Объем досок из центральной зоны бревна составит:

$$V_1 = 32 \cdot 95 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,0608 \text{ м}^3;$$

$$V_2 = 32 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,0320 \text{ м}^3.$$

Крайние боковые доски толщиной 19 мм находятся в параболической зоне бревна, так как $E_3 > E_{\text{кр}} = 287 \text{ мм}$.

Ширина этих досок составит

$$b_3 = \sqrt{\frac{D^2 - E_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{377^2 - 312,8^2}{3}} = 121 \text{ мм},$$

где $D = 32 + 1,14 \cdot 5 = 37,7$ см.

Принимаем $b_{3\text{ст}} = 125$ мм.

Определим длину этой доски:

$$l_3 = \frac{D - d_p}{c} = \frac{37,7 - 33,8}{1,14} = 3,42 \text{ м}; \quad l_{\text{ст}} = 3,25 \text{ м};$$

$$d_p = \sqrt{(125 + 3,4)^2 + 312,8^2} = 338 \text{ мм}.$$

Объем боковых досок составит

$$V_3 = 19 \cdot 125 \cdot 3,25 \cdot 2 \cdot 10^6 = 0,0154 \text{ м}^3.$$

Составим постав для II прохода и определим размеры и объем досок, выпиливаемых из бруса.

Определим ширину пласти бруса:

$$B_{\text{бр}} = \sqrt{d^2 - E_2^2} = \sqrt{320^2 - 268,8^2} = 174 \text{ мм}.$$

Выше была определена ширина зоны радиальности бруса $B_{\text{рад}} = 176$. В этом случае в пределах ширины пласти бруса можно выпилить пять радиальных досок толщиной 32 мм. Для более полного охвата торца бруса поставом выпиливаем боковые доски толщиной 19 мм.

Тогда постав **II прохода** (рис. 5) будет

$$\frac{32}{5} - \frac{19}{2}.$$

Определим ширину постава радиальных досок:

$$E_{\text{рад}} = (32 + 1) + 4 \cdot (32 + 1 + 4) = 181 \text{ мм}.$$

В этом случае обзол досок будет равным $(181 - 174) / 2 = 3,5$ мм, что допустимо по СТБ 1713-2007.

Общая ширина постава II прохода будет

$$E_4 = 181 + 2 \cdot (19 + 0,6 + 4) = 228,4 \text{ мм}.$$

Ширина радиальных досок толщиной 32 мм соответствует толщине бруса, т. е. 95 мм. Их объем составляет

$$V_{\text{рад}} = 32 \cdot 95 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,1520 \text{ м}^3.$$

Ширина боковых досок толщиной 19 мм из брусьев будет равна

$$b_4 = \frac{\sqrt{d^2 - E_4^2} - A_{\text{рад}}}{2}, \text{ мм},$$

где $A_{\text{рад}}$ – ширина центральной вырезки из бревна по поставу I прохода, мм:

$$A_{\text{рад}} = E_1 + 2 \cdot S_1 = 68,4 + 2 \cdot 2,4 = 73,2 \text{ мм}.$$

Тогда

$$b_4 = \frac{\sqrt{320^2 + 228,4^2} - 73,2}{2} = 75,4 \text{ мм}.$$

С учетом допускаемых обзолов принимаем $b_{4\text{ст}} = 75 \text{ мм}$.
Объем боковых досок из брусьев будет

$$V_4 = 19 \cdot 75 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,0285 \text{ м}^3.$$

Общий объем выпиленных досок составит

$$V_{\text{д}} = 0,0608 + 0,0320 + 0,0154 + 0,1520 + 0,0285 = 0,2887 \text{ м}^3.$$

Из них объем радиальных досок составит

$$V_{\text{рад}} = 0,0608 + 0,1520 = 0,2128 \text{ м}^3.$$

Общий объемный выход досок из бревна:

$$\eta = \frac{0,2887}{0,48} \cdot 100 = 60,14\%.$$

В том числе объемный выход радиальных досок из бревна будет равен

$$\eta_{\text{рад}} = \frac{0,2128}{0,48} = 44,33\%.$$

2.3. Составление плана раскроя бревен

При составлении плана раскроя в первую очередь предусматривают выпилровку широких и толстых досок из крупных бревен, а также досок тех размеров, которые необходимы в большом коли-

честве. Одновременно с такими основными пиломатериалами в поставки включают доски тонкие и узкие. Их выпиливают из периферийной зоны бревна или бруса.

Затем постепенно переходят к распиловке средних бревен на пиломатериалы, которые еще не выпилены. Таким образом, последовательно выпиливают заданные пиломатериалы при распиловке всего сырья по спецификации.

Отметим, что при составлении поставок необходимо стремиться выполнить заданную спецификацию пиломатериалов. Перевыполнение или невыполнение может быть в пределах $\pm 5\%$. При этом бревна одного диаметра могут быть распилены по нескольким поставкам.

Результаты составления и расчета поставок приводят в сводной ведомости по форме табл. 3 (см. с. 27).

После этого определяют количество бревен, которые необходимо распилить с учетом необходимого количества пиломатериалов по спецификации, это значит 1000 м^3 . Объем бревен B для выпиливания 1000 м^3 пиломатериалов определяют по формуле

$$B = \frac{1000}{\eta_{\text{ср}}} \cdot 100, \text{ м}^3;$$
$$\eta_{\text{ср}} = \frac{\eta_1 \cdot P_1 + \eta_2 \cdot P_2 + \dots + \eta_i \cdot P_i}{100},$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$ – объемный выход досок по каждому поставу, %; P_1, P_2, \dots, P_i – доля бревен соответствующих диаметров по спецификации, %.

Общее количество бревен распределяют по диаметрам с учетом спецификации сырья. Сначала определяют объем бревен каждого диаметра:

$$B_i = \frac{B \cdot P_i}{100}, \text{ м}^3.$$

Затем определяют количество таких бревен с учетом объема одного бревна соответствующего диаметра:

$$N_i = \frac{B_i}{V_i}, \text{ шт.},$$

где B_i и N_i – соответственно объем и количество бревен i -го диаметра; P_i – доля бревен i -го диаметра в общем объеме сырья по спецификации, %; V_i – объем одного бревна i -го диаметра, м^3 .

Пример 6. Составить план раскроя бревен по спецификации сырья (табл. 1) на пиломатериалы по спецификации (табл. 2).

Таблица 1

Спецификация сырья

Диаметр, см	Процент по объему	Процент по сортам			Всего
		I	II	III	
20	65	10	60	30	100
24	35	40	40	20	100
<i>Всего</i>	100	Длина бревен 5 м			

Таблица 2

Спецификация пиломатериалов

Толщина, мм	Ширина, мм				Всего, м ³
	75	125	150	175	
	Объем досок, м ³				
16	14	–	–	–	14
19	46	–	–	–	46
22	20	57	–	–	77
25	–	169	–	–	169
44	–	–	–	417	417
60	–	–	277	–	277
				<i>Всего</i>	1000

Раньше были составлены и рассчитаны поставки с учетом заданных спецификаций (примеры 1–4).

Результаты составления и расчета поставок для выполнения заданной спецификации пиломатериалов при раскрое бревен диаметрам 20 и 24 см приведены в табл. 3.

Таблица 3

Ведомость расчета поставок

Параметры бревен	Постав	Расстояние между пластами досок, мм	Размеры досок стандартные			Количество досок	Объем досок, м ³	Объемный выход досок η, %
			a, мм	b, мм	l, м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d = 20$ см $L = 5$ м $V = 0,19$ м ³	$\frac{44}{2} - \frac{25}{2} - \frac{19}{2}$	94,4	44	175	5	2	0,07700	–
		153,2	25	125	5	2	0,03125	–
		199,6	19	75	3	2	0,00855	–
						<i>Всего</i>	0,11680	61,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d = 24$ см $L = 5$ м $V = 0,27$ м ³	$\frac{150}{1} - \frac{22}{2} - \frac{16}{2}$	153,9	150	184	–	–	–	–
		206,9	22	125	5	2	0,0275	–
		246,9	16	75	2,75	2	0,066	–
	$\frac{60}{3} - \frac{22}{2}$	61,8	60	150	5	1	0,0450	–
		192,8	60	150	5	2	0,0900	–
		245,5	22	75	3	2	0,0099	–
<i>Всего</i>							0,1790	66,3

Решение. Для составления плана раскроя сначала определим объем сырья, необходимого для выпиливания 1000 м³ пиломатериалов.

Средний выход обрезных досок при раскрое бревен диаметрами 20 и 24 см определим по вышеприведенной формуле:

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{61,47 \cdot 65 + 66,3 \cdot 35}{100} = 63,16\%.$$

Тогда общий объем сырья для выпиливания 1000 м³ досок составит

$$B = \frac{1000}{63,16} \cdot 100 = 1583,3 \text{ м}^3.$$

Затем определяем объем и количество бревен каждого диаметра и результаты распределения бревен приводим в табл. 4.

Таблица 4

Распределение бревен

Характеристика бревен			Доля бревен в общем объеме, %	Количество бревен	
d , см	L , м	V , м ³		м ³	шт.
20	5	0,19	65	1029,1	5416
24	5	0,27	35	554,2	2052
<i>Всего</i>			100	1583,3	7468

После расчета количества бревен, которые распиливают по каждому поставу, составляют план раскроя бревен (табл. 5).

В таблицу записывают все составленные поставки. При этом чтобы определить общий объем досок каждого размера поперечного сечения, необходимо объем досок этого размера, выпиленных из одного бревна (табл. 3), умножить на количество бревен, распиленных по данному поставу. Общее количество выпиленных

досок $A_{пл.р}$ будет примерно равным 1000 м^3 , отклонения объема могут составлять $\pm 5\%$.

Таблица 5

План раскроя бревен

Номер по-става	Диаметр бревен, см	Количество бревен, распиливаемых по поставу		Размеры выпиливаемых досок, мм							Всего досок, м^3
				16×75	19×75	22×75	22×125	25×125	44×175	60×150	
		шт.	м^3	Объем досок, выпиленных из всех бревен, м^3							
1	20	5416	1029,1	–	46,31	–	–	169,25	417,03	–	632,59
2	24	2052	554,2	13,54	–	20,31	56,43	–	–	277,02	367,30
<i>Всего</i>		1583,3	13,54	46,31	20,31	56,43	169,25	417,03	277,02	999,89	

Фактический объемный выход досок по плану раскроя определяют по формуле

$$\eta_{пл.р} = \frac{A_{пл.р}}{B} \cdot 100 = \frac{999,89}{1583,3} \cdot 100 = 63,15\%.$$

2.4. Расчет посортного состава пиломатериалов

Посортный состав пиломатериалов нужно знать для того, чтобы можно было рассчитать экономические показатели и выбрать наиболее эффективные направления дальнейшего использования досок в зависимости от их качества.

Для расчета распределения досок по сортам необходимо знать нормативы посортного состава пиломатериалов при распиловке бревен в зависимости от их размеров, качества и породы древесины. Эти нормативы разрабатывают на основе экспериментальных распиловок бревен. В табл. 8 приложения приведены нормативы посортного состава пиломатериалов из бревен хвойных и лиственных пород по данным ЦНИИМОД.

Долю пиломатериалов каждого сорта в общем объеме можно определить по формуле

$$c_{n(m)} = \frac{P_{n(m)} \cdot a_m}{100}, \%,$$

где $c_{n(m)}$ – доля досок n -го сорта, выпиленных из бревен m -го сорта, %; $P_{n(m)}$ – нормативный процент досок n -го сорта, выпиленных

из бревен m -го сорта (табл. 8 приложения); a_m – доля бревен m -го сорта по спецификации сырья, %.

Таким образом, определяют процент досок каждого сорта из бревен каждого сорта и каждой размерной группы, а затем – средневзвешенное значение доли досок по сортам.

Объем пиломатериалов каждого сорта определяют по формуле

$$A_n = \frac{A_{\text{пл.р}} \cdot c_{n(\text{ср})}}{100}, \text{ м}^3,$$

где A_n – объем пиломатериалов n -го сорта, м^3 ; $A_{\text{пл.р}}$ – общий объем выпиленных досок по плану раскроя, м^3 ; $c_{n(\text{ср})}$ – средневзвешенный процент досок n -го сорта, %.

Расчет посортного состава пиломатериалов можно выполнить на компьютере по разработанным на кафедре программам.

2.5. Расчет баланса древесины

При распиловке бревен получают обрезные пиломатериалы, кусковые отходы (горбыли, рейки и обрезки) и опилки. Кроме того, часть древесины теряется на усушку и распыл.

Баланс древесины – это распределение древесины при распиловке бревен на пилопродукцию, отходы и потери. На структуру баланса древесины оказывают влияние размерно-качественная характеристика сырья и пилопродукции, способы и схемы распиловки, оборудование, которое применяют, режущие инструменты и др.

Отметим, что от структуры баланса древесины зависит эффективность лесопильного производства в целом, потому что в себестоимости продукции лесопиления доля стоимости сырья составляет 70–80%. Если принять объем сырья за 100%, то баланс древесины можно показать в следующем виде (в процентах от объема бревна):

$$\eta_{\text{пм}} + \eta_{\text{к.отх}} + \eta_{\text{оп}} + \eta_{\text{пот}} = 100,$$

где $\eta_{\text{пм}}$ – объемный выход пиломатериалов, %; $\eta_{\text{к.отх}} = \eta_{\text{г}} + \eta_{\text{от}} + \eta_{\text{р}}$ – количество кусковых отходов (горбылей, отрезков, реек), %; $\eta_{\text{оп}}$ – количество опилок, %; $\eta_{\text{пот}} = \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}}$ – безвозвратные потери (усушка, распыл), %.

Например, при распиловке бревен с брусочкой на обрезные доски в зависимости от размеров бревен и пиломатериалов, структуры поставов можно получить 53–65% пиломатериалов, 18–26%

кусовых отходов, 11–15% опилок. Кроме того, безвозвратные потери составляют 4–6% от объема сырья.

Баланс древесины нужно знать для того, чтобы запланировать направления использования отходов, которые неизбежно получают при распиловке бревен. Для каждого конкретного случая можно сделать расчет баланса древесины. В курсовом проекте баланс древесины определяют для одного постава.

Объемный выход пиломатериалов определяют в результате расчета постава. Объем опилок $V_{\text{оп}}$ при распиловке бревна на обрезные доски определяют по формуле

$$V_{\text{оп}} = V_{\text{оп(р)}} + V_{\text{оп(обр)}}, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{оп(р)}}$ – объем опилок, полученных при распиловке бревна, м^3 ; $V_{\text{оп(обр)}}$ – объем опилок, полученного при обрезке досок, м^3 .

Объем опилок при распиловке бревна с брусочкой:

$$V_{\text{оп(р)}} = (0,65 \cdot d_{\text{ср}} \cdot z_1 + 0,95 \cdot h_{\text{бр}} \cdot z_2) \cdot s \cdot L, \text{ м}^3,$$

где $d_{\text{ср}}$ – диаметр бревна на середине его длины, м; $h_{\text{бр}}$ – толщина бруса с припуском на усушку, м; z_1, z_2 – количество пропилов соответственно в I и II проходах; s – ширина пропила, м; L – длина бревна, м.

При распиловке вразвал объем опилок составит

$$V_{\text{оп(р)}} = 0,75 \cdot d_{\text{ср}} \cdot z \cdot L \cdot s, \text{ м}^3.$$

Объем опилок при обрезке досок

$$V_{\text{оп(обр)}} = 2 \cdot (a'_1 \cdot l_1 \cdot n_1 + a'_2 \cdot l_2 \cdot n_2 + \dots + a'_m \cdot l_m \cdot n_m) \cdot s_{\text{обр}}, \text{ м}^3,$$

где a'_1, a'_2, \dots, a'_m – толщина доски с припуском на усушку, м; l_1, l_2, \dots, l_m – длина доски, м; n_1, n_2, \dots, n_m – количество досок заданной толщины и длины; $s_{\text{обр}}$ – ширина пропила на обрезном станке, м.

Доля опилок от объема бревна:

$$\eta_{\text{оп}} = \frac{100 \cdot V_{\text{оп}}}{V_{\text{б}}}, \%$$

Объем усушки (в процентах от объема бревна) можно определить по формуле

$$\eta_{\text{ус}} = \frac{100 \cdot (\sum V_{\text{д.сыр}} - \sum V_{\text{д.сух}})}{V_{\text{б}}}, \%$$

где $\sum V_{\text{д.сыр}}, \sum V_{\text{д.сух}}$ – объем выпиленных досок соответственно в сыром и сухом виде, м; $V_{\text{б}}$ – объем бревна, м^3 .

Потери древесины на распыл составляют 1–2% от объема бревна.

Объем кусковых отходов укрупненно можно определить, если от объема бревна вычесть объем выпиленных пиломатериалов, объем опилок и потерь на усушку и распыл:

$$\eta_{\text{к.отх}} = 100 - (\eta_{\text{пм}} + \eta_{\text{оп}} + \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}}).$$

На лесопильных заводах кусковые отходы чаще всего перерабатывают на технологическую щепу, которую используют в качестве сырья для производства целлюлозы или древесных плит. Коэффициент выхода технологической щепы из кусковых отходов составляет 0,85–0,95 в зависимости от типа рубильных машин, применяемых для измельчения отходов.

Для расчета баланса древесины выбирают один постав, объемный выход досок в котором близок к среднему выходу досок по плану раскроя, а диаметр бревна – к среднему диаметру бревен по спецификации.

Отметим, что объемный выход досок по расчетному поставу не всегда совпадает со средним выходом по плану раскроя. В этом случае необходимо скорректировать баланс древесины для плана раскроя, т. е. умножить данные табл. 7 на коэффициент

$$K = \frac{100 - (\eta_{\text{пл.р}} + \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}})}{100 - (\eta_{\text{пм}} + \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}})},$$

где $\eta_{\text{пл.р}}$ – средний объемный выход досок по плану раскроя, %; $\eta_{\text{пм}}$ – объемный выход по расчетному поставу, %.

После этого составляют баланс древесины по плану раскроя (табл. 8), а если нужно, то и баланс на годовую программу цеха по распиленному сырью.

Затем выполняют анализ баланса древесины и определяют направления использования отходов.

Пример 7. Определить баланс древесины при распиловке хвойных бревен диаметром 20 см, длиной 5 м вразвал на обрезные доски по поставу 44/2–25/2–19/2 на лесопильных рамах. Ширина пропила составляет 3,6 мм.

Решение. При распиловке вразвал объем опилок от лесопильных рам определяют по формуле

$$V_{\text{оп(р)}} = 0,75 \cdot d_{\text{ср}} \cdot z \cdot s \cdot L, \text{ м}^3,$$

где z – количество пропилов; $s = 3,6$ мм – ширина пропила;

$$d_{\text{ср}} = d + c \cdot \frac{L}{2} = 20 + 0,77 \cdot \frac{5}{2} = 21,9 \text{ см};$$

$$z = n + 1 = 6 + 1 = 7.$$

Тогда

$$V_{\text{оп(р)}} = 0,75 \cdot 0,219 \cdot 7 \cdot 0,0036 \cdot 5 = 0,0207 \text{ м}^3.$$

Это составляет от объема бревна

$$\eta_{\text{оп}} = \frac{V_{\text{оп}}}{V_6} \cdot 100 = \frac{0,0207}{0,19} \cdot 100 = 10,9\%.$$

При обрезке необрезных досок объем опилок составляет

$$V_{\text{оп(обр)}} = 2 \cdot (a'_1 \cdot l_1 \cdot n_1 + a'_2 \cdot l_2 \cdot n_2 + \dots + a'_m \cdot l_m \cdot n_m) \cdot s_{\text{обр}}, \text{ м}^3,$$

где $a'_1 = 44 + 1,4 = 45,4$ мм; $a'_2 = 25 + 1,2 = 26,2$ мм; $a'_3 = 19 + 0,6 = 19,6$ мм – толщина досок с припусками на усушку; $l_1 = l_2 = 5$ м, $l_3 = 3$ м – длина досок (по результатам расчета поставка, пример 3); $n_1 = n_2 = n_3 = 2$ – количество досок; $s_{\text{обр}} = 3,5$ мм – ширина пропила на обрезном станке.

Тогда

$$V_{\text{оп(обр)}} = 2 \cdot (0,0454 \cdot 5 \cdot 4 + 0,0262 \cdot 5 \cdot 2 + 0,0196 \cdot 3 \cdot 2) \cdot 0,0035 = 0,0058 \text{ м}^3.$$

Это составляет от объема бревна

$$\eta_{\text{оп(обр)}} = 0,0058 \cdot 100 / 0,19 = 3,05\%.$$

Значит, общий процент опилок составляет

$$\eta_{\text{оп}} = 10,9 + 3,05 = 13,95\%.$$

Затем определяют объем усушки (табл. 6).

Таблица 6

Объем усушки

Размеры сырых досок			Количество	Объем сырых досок, м ³	Объем сухих досок, м ³	Объем усушки, м ³
толщина $a + y$, мм	ширина $b + y$, мм	длина l , м				
45,4	179,4	5	2	0,08145	–	–
25,8	128,4	5	2	0,03313	–	–
19,6	77	3	2	0,00909	–	–
<i>Всего</i>				0,12367	0,11680	0,00687

Примечания: 1) величина усушки по толщине и ширине приведена в табл. 3 приложения; 2) объем сухих досок принят по табл. 3 (с. 27–28).

Процент усушки от объема бревна составляет

$$\eta_{\text{ус}} = 0,00687 \cdot 100 / 0,019 = 3,62\%.$$

Потери древесины на распыл принимаем $\eta_{\text{расп}} = 1,5\%$.

Объем кусковых отходов (горбылей, отрезков, реек) определяем укрупненно:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{к.отх}} &= 100 - (\eta_{\text{пм}} + \eta_{\text{оп}} + \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}}) = \\ &= 100 - (61,47 + 13,95 + 3,62 + 1,5) = 19,46\%. \end{aligned}$$

Отметим, что объемный выход обрезных досок $\eta_{\text{пм}} = 61,47\%$ принят по табл. 3 (с. 27–28).

Баланс древесины по расчетному поставу приведены в табл. 7.

Однако средний объемный выход досок по плану раскроя $\eta_{\text{пл.р}}$ отличается от объемного выхода по расчетному поставу $\eta_{\text{пм}}$. Поэтому необходимо скорректировать баланс древесины с учетом коэффициента

$$K = \frac{100 - (\eta_{\text{пл.р}} + \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}})}{100 - (\eta_{\text{пм}} + \eta_{\text{ус}} + \eta_{\text{расп}})} = \frac{100 - (63,15 + 3,62 + 1,5)}{100 - (61,47 + 3,62 + 1,5)} = 0,95.$$

Таблица 7

Баланс древесины по поставу

Название продукции, отходов и потерь	Количество	
	м ³	%
Продукция – обрезные доски	0,11680	61,47
Отходы, всего	0,06348	33,41
В том числе:		
опилки	0,02650	13,95
кусковые отходы	0,03698	19,46
Потери, всего	0,00972	5,12
В том числе:		
усушка	0,00687	3,62
распыл	0,00285	1,50
Всего (объем бревна)	0,19000	100,00

Баланс древесины по плану раскроя можно определить, если умножить на этот коэффициент процент кусковых отходов и процент опилок:

$$\eta_0 = 13,95 \cdot 0,95 = 13,24\%;$$

$$\eta_{\text{к.отх}} = 19,46 \cdot 0,95 = 18,49\%.$$

Кусковые отходы перерабатывают на технологическую щепу, выход которой составляет в среднем 90% от объема отходов, и ее

используют в качестве сырья для производства древесных плит. Остальные 10% составляет мелкая щепа, которая присоединяется к опилкам.

Таким образом, кондиционная технологическая щепа составляет

$$\eta_{т.щ} = \frac{18,49 \cdot 90}{100} = 16,64\%.$$

Мелкая щепа:

$$\eta_{м.щ} = \frac{0,00687}{0,19} \cdot 100 = 3,62\%.$$

Результаты расчета баланса древесины по плану раскря с учетом переработки кусковых отходов на технологическую щепу приведены в табл. 8.

Таблица 8

Баланс древесины по плану раскря

Название продукции, отходов и потерь	Количество	
	м ³	%
Продукция, всего	1263,3	79,79
В том числе:		
обрезные доски	999,9	63,15
технологическая щепа	263,4	16,64
Отходы, всего	238,9	15,09
В том числе:		
опилки	209,6	13,24
кусковые отходы	29,3	1,85
Потери, всего	81,1	5,12
В том числе:		
усушка	57,3	3,62
распыл	23,8	1,5
Всего (объем бревен)	1583,3	100

После расчета баланса древесины следует наметить направления использования отходов лесопиления.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

Основными технологическими операциями в лесопильном цехе являются: продольная распиловка бревен и брусьев на пиломатериалы; продольный раскрой (обрезка) необрезных досок; поперечный раскрой (торцовка) досок. Кроме этого, в лесопильном цехе организуется переработка кусковых отходов на технологическую щепу.

Распиловка бревен и брусьев осуществляется на лесопильных рамах, на круглопильных и ленточнопильных станках и на агрегатных (фрезерно-пильных) линиях.

Выбор оборудования для переработки бревен на пиломатериалы осуществляется в зависимости:

- от размерно-качественной характеристики сырья;
- назначения, размеров и качества пиломатериалов;
- особенностей принятого способа распиловки бревен;
- технической характеристики и экономической эффективности использования того или другого оборудования;
- объемов переработки сырья и выпуска пиломатериалов;
- других конкретных условий лесопильного предприятия (размеров цеха, наличия квалифицированных специалистов и т. д.).

При **расчете** оборудования определяют его производительность с учетом технической характеристики и количество станков для обеспечения синхронной работы в лесопильном потоке и выполнения производственного задания по переработке сырья или по выпуску пилопродукции.

Рассмотрим особенности выбора и применения оборудования для переработки бревен на пилопродукцию, а также вспомогательного и транспортного оборудования лесопильных цехов и методику его расчета.

На лесопильных предприятиях Беларуси широкое распространение получили лесопильные рамы. Но в последнее время для распиловки бревен используют также круглопильные и ленточнопильные станки, фрезернопильное и фрезерно-брусующее оборудование.

3.1. Лесопильные рамы

Основные технические показатели лесопильных рам: B – ширина просвета пильной рамки – расстояние между стойками пильной рамки; H – высота хода пильной рамки – размах возвратно-поступательного перемещения пильной рамки; n – частота вращения коленчатого вала; Δ – посылка – перемещение бревна (бруса) в раме за один оборот коленчатого вала; Π – производительность. Эти показатели приведены в табл. 9 приложения.

Модель лесопильной рамы выбирают по величине просвета пильной рамки в зависимости от наибольших размеров бревен, которые будут на ней распиливать.

Ширину просвета лесопильной рамы определяют по формуле

$$B = d_{\max} + c \cdot L + 2 \cdot e, \text{ см,}$$

где d_{\max} – диаметр наиболее толстого бревна по спецификации, см; c – сбег бревна, см/м; L – длина бревна, м; e – зазор между стойками пильной рамки и бревном с каждой стороны, $e = 5$ см.

Лесопильные рамы в зависимости от модели имеют ширину просвета 500, 630, 750 мм и т. д.

Высота хода пильной рамки H и частота вращения коленчатого вала n являются важными конструкционными и эксплуатационными характеристиками лесопильной рамы.

Двухэтажные лесорамы имеют высоту хода пильной рамки 600 или 700 мм, а одноэтажные – 400 мм (тарные – 250 мм). Частота вращения коленчатого вала для двухэтажных лесорам составляет 325–360 мин⁻¹, а у одноэтажных – 250–285 мин⁻¹ (у тарных – 480 мин⁻¹) в зависимости от модели лесорамы.

Посылка (величина подачи бревна за один ход пильной рамки) – основной показатель, который определяет производительность лесорамы. Величина посылки определяется работоспособностью пил; необходимым качеством распиловки (шероховатостью поверхности досок); мощностью приводов резания и подачи в лесораме; наибольшей конструктивной посылкой, которую может обеспечить механизм подачи. За расчетную принимается наименьшая из указанных.

Расчетные посылки приведены в табл. 10–12 приложения. Они выбираются в зависимости от размеров бревен, постава, модели лесорамы. В указанных таблицах приведены величины посылок для распиловки хвойных бревен вразвал или с брусковкой на двухэтажных лесопильных рамах с ходом пильной рамки 600 мм. В табл. 13 приложения указаны посылки для одноэтажных лесорам.

Если распиливают бревна других пород, величина посылки принимается с учетом поправочного коэффициента: для осины – 1,0, ольхи – 0,95, березы – 0,85, дуба – 0,65.

Фактическая посылка обычно бывает меньше расчетной, потому что между бревном и подающими вальцами возникает скольжение за счет износа или загрязнения вальцов, а также при распиловке мокрых неокоренных бревен. Скольжение приводит к уменьшению производительности лесорамы в среднем на 8–10%, поэтому перед распиловкой необходимо чистить или заменять вальцы, окаривать бревна.

Фактическую посылку Δ_{ϕ} можно определить по рискам, которые остаются на досках, или по формуле

$$\Delta_{\phi} = 1000 \cdot \frac{60 \cdot L}{t_p \cdot n}, \text{ мм,}$$

где L – длина бревна, м; t_p – продолжительность распиловки бревна, с (определяется хронометражем); n – частота вращения вала рамы, мин^{-1} .

Сменную производительность лесорамы находят по формуле

$$\Pi = \frac{\Delta_i \cdot n \cdot T \cdot q_i}{1000 \cdot L_i} \cdot K_T \cdot K_i, \text{ м}^3,$$

где Δ_i – посылка при распиловке бревен i -го диаметра, мм; n – частота вращения коленчатого вала рамы, мин^{-1} ; T – продолжительность смены, мин; q_i – объем i -го бревна, м^3 ; L_i – длина i -го бревна, м; K_T – коэффициент использования рабочего времени; K_i – коэффициент использования лесопильного потока при распиловке бревен i -го диаметра.

Коэффициент использования рабочего времени:

$$K_T = \frac{(T - (T_1 + T_2)) \cdot K_c \cdot K_m}{T},$$

где T_1 , T_2 – соответственно продолжительность обслуживания рабочего места и продолжительность отдыха и использования личных нужд, мин; K_c – коэффициент, который учитывает влияние участка подготовки сырья к распиловке (при наличии запаса сырья $K_c = 0,94$, при отсутствии – $K_c = 0,83$); K_m – коэффициент, который учитывает механизацию дополнительных операций (для потока с двухэтажными лесорамами $K_m = 1$, с одноэтажными при наличии околорамной механизации $K_m = 1$, а при отсутствии ее $K_m = 0,89$).

Регламентированные потери рабочего времени для двухэтажных рам: $T_1 = 10,9$ мин; $T_2 = 19,0$ мин; для одноэтажных: $T_1 = 28,0$ мин; $T_2 = 45,0$ мин.

Коэффициент использования лесопильного потока K_i зависит от способа и продолжительности распиловки бревна. Его выбирают по табл. 14 приложения или определяют по формуле

$$K_i = \frac{t_p}{t_p + t_b + \sum t \cdot n_1 + \delta \sum t \cdot n_2},$$

где t_p – продолжительность распиловки бревна, с; $t_b = 1,9$ с – продолжительность межторцового разрыва при подаче бревен, с (при распиловке на одноэтажных рамах $t_b = 2,5$ с); $\sum t \cdot n_1$, $\sum t \cdot n_2$ – суммарные внешнецикловые потери соответственно лесорамы первого и второго рядов; δ – коэффициент, который учитывает взаимное влияние внешнецикловых потерь лесорамы первого и второго рядов.

Продолжительность распиловки бревна:

$$t_p = 1000 \cdot \frac{60 \cdot L_i}{\Delta_i \cdot n},$$

где L_i – длина бревна i -го диаметра, м; Δ_i – посылка, мм (отметим, что при распиловке с брусковкой за расчетную принимают меньшую из двух посылок, которые определены по таблицам для I и II проходов); n – частота вращения вала рамы, мин^{-1} .

Суммарные внешнецикловые потери для двухэтажных лесорам при распиловке вразвал $\sum t \cdot n_1 = 3,01$ с, при распиловке с брусковкой $\sum t \cdot n_1 = 2,72$ с, $\sum t \cdot n_2 = 2,96$ с; для одноэтажных рам $\sum t \cdot n_1 = \sum t \cdot n_2 = 2,5$ с. Коэффициент $\delta = 1$, когда нет накопителей брусков между лесорамами первого и второго рядов, т. е. потери времени на этих рамах суммируются полностью.

Отметим, что по формуле производительности определяется количество сырья, которое могло быть пропущено через лесораму за определенный промежуток времени (например, за смену), т. е. производительность по пропущенному сырью $\Pi_{\text{пр}}$. При распиловке бревен вразвал такое же количество сырья будет распилено одной рамой, т. е. производительность рамы по распиленному сырью $\Pi_p = \Pi_{\text{пр}}$. Когда бревна распиливают с брусковкой, тогда их пропускают через две рамы и производительность одной лесорамы по распиленному сырью будет $\Pi_p = \Pi_{\text{пр}} / 2$.

Методику расчета производительности лесопильных рам рассмотрим на примерах.

Пример 8. В двухрамном лесопильном цехе распиливают хвойные бревна диаметром 20 см вразвал на обрезные доски по поставу

$$\frac{44}{2} - \frac{25}{2} - \frac{19}{2}$$

и диаметром 24 см с брусочкой по поставу

$$I - \frac{150}{1} - \frac{22}{2} - \frac{16}{2}; \quad II - \frac{60}{3} - \frac{22}{2}.$$

Длина бревен 5 м.

Выбрать модель одноэтажных лесорам и определить их сменную производительность при распиловке этих бревен.

Решение. Модель лесопильной рамы выбираем по величине просвета пильной рамки. Ширина просвета пильной рамки для наибольшего диаметра бревен по спецификации составляет

$$B = 24 + 0,85 \cdot 5 + 2 \cdot 5 = 38,25 \text{ см.}$$

По технической характеристике (табл. 9 приложения) выбираем одноэтажную лесораму Р63-4Б с шириной просвета 630 мм.

Определяем сменную производительность лесорамы при распиловке бревен диаметром 20 см вразвал. Сначала определяем посылку. По табл. 13 приложения она составляет $\Delta = 10$ мм. По технической характеристике лесорамы Р63-4Б находим $n = 285 \text{ мин}^{-1}$ (табл. 9 приложения). Затем определим:

$$K_T = \frac{480 - (28 + 45)}{480} \cdot 0,94 \cdot 1 = 0,797;$$

$$K_i = \frac{105,3}{105,3 + 2,5 + 2,5 + 1 \cdot 2,5} = 0,93;$$

$$t_p = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 5}{10 \cdot 285} = 105,3 \text{ с.}$$

Тогда сменная производительность лесорамы

$$II = \frac{10 \cdot 285 \cdot 480}{1000 \cdot 5} \cdot 0,797 \cdot 0,93 = 202 \text{ бревна};$$

или $II = 202 \cdot 0,19 = 38,4 \text{ м}^3$.

Определим сменную производительность лесорамы при распиловке бревен диаметром 24 см с брусочкой.

Посылка для I прохода будет $\Delta_I = 9$ мм (табл. 13 приложения), а для II прохода – $\Delta_{II} = 16$ мм. С учетом синхронной работы лесо-

рам принимаем для расчета меньшую из двух посылок, т. е. $\Delta = 9$ мм.

В нашем примере для одноэтажных лесорам $K_T = 0,797$. Найдем:

$$K_i = \frac{117}{117 + 2,5 + 2,5 + 1 \cdot 2,5} = 0,94;$$

$$t_p = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 5}{9 \cdot 285} = 117 \text{ с.}$$

Тогда сменная производительность лесорамы составит

$$П = \frac{9 \cdot 285 \cdot 480}{1000 \cdot 5} \cdot 0,797 \cdot 0,94 = 184 \text{ бревна;}$$

или $П = 184 \cdot 0,27 = 49,7 \text{ м}^3$.

Расчет загрузки лесопильных рам, которые установлены в цехе, выполняют по форме табл. 9 (с. 42).

При этом сменную производительность лесопильного рамы определяют по выше приведенной методике для каждого постава по отдельности с учетом диаметра бревен, способов и схемы их распиловки.

Исходными данными является план раскроя бревен, по которому принимают количество распиленных бревен по каждому поставу.

Количество рамо-смен (P_i) по каждому поставу:

$$P_i = N_i / П_i,$$

где N_i – количество бревен, распиленных по i -му поставу, шт.; $П_i$ – сменная производительность лесорамы при распиловке бревен по i -му поставу, штук бревен.

Общее число рамо-смен, необходимых для выполнения расчетного задания (выпиловки 1000 м^3 досок), распределяют равномерно на все лесорамы по потокам.

Если в цехе устанавливают две лесорамы, то все бревна распиливают этими рамами вразвал или с брусочкой соответственно плану раскроя бревен. Если в цехе устанавливают четыре и больше лесорам, тогда можно специализировать потоки по диаметрам бревен и способам распиловки. В этом случае общее количество рамо-смен распределяют равномерно по лесопильным потокам.

Пример 9. Выполнить расчет загрузки лесопильных рам Р63-4Б при распиловке бревен диаметром 20 и 24 см, длиной 5 м в соответствии с планом раскроя, приведенным в табл. 5 (с. 29).

Решение. Результаты расчета загрузки лесопильных рам приведены в табл. 9. Для этого производительность лесорам при распиловке бревен диаметром 20 и 24 см определена в примере 8.

Таблица 9

Расчет загрузки лесопильных рам

Номер поставы	Диаметр бревна, см / тол- щина бруса, мм	Количество пил в поставе		Количество бревен, которые распиливают				Величина посылки					
		I про- ход	II про- ход	вразвал		с брусочкой		по инструкции			расчетная		
				шт.	м ³	шт.	м ³	вразвал	с брусочкой		вразвал	с брусочкой	
		I про- ход	II про- ход						I про- ход	II про- ход			
1	20	7	–	5416	1029,1	–	–	10	–	–	10	–	–
2	24/150	6	6	–	–	2052	554,2	–	9	16	–	9	9

Окончание табл. 9

Продолжи- тельность распиловки бревна t_p , с	Коэффициент использования потока K_i	Сменная производительность лесопильной рамы, бревен			Потребное количество рамо-смен, шт.			Загрузка лесопильных рам, рамо-смен			
		враз- вал	с брусочкой		враз- вал	с брусочкой		I поток		II поток	
			I про- ход	II про- ход		I про- ход	II про- ход	лесо- пильная рама I ряда	лесо- пильная рама II ряда	лесо- пильная рама I ряда	лесо- пильная рама II ряда
		105,3	0,93	202	–	–	26,8	–	–	13,4	13,4
117	0,94	–	184	184	–	11,1	11,1	11,1	11,1	–	–
<i>Вместе</i>					26,8	11,1	11,1	24,5	24,5	–	–
<i>Всего</i>					49			–	–	–	–

Количество рамо-смен, необходимых для распиловки бревен, рассчитано с учетом количества распиленных бревен по каждому поставу (план раскроя – табл. 5 на с. 29). В табл. 9 рамо-смены распределены с учетом установки в цехе двух лесорам, т. е. работает только один лесопильный поток. Если в цехе установлены два и более потоков, тогда общее количество рамо-смен распределяют равномерно по каждому потоку.

3.2. Круглопильные станки

Преимуществом круглопильных станков является их сравнительно высокая производительность, простота конструкции, при установке они не требуют громоздких фундаментов, надежны в эксплуатации.

Но они имеют и недостатки. Во-первых, это большая ширина пропила по сравнению с лесорамами. При этом увеличивается количество опилок и снижается объемный выход пилопродукции. Во-вторых, точность распиловки более низкая, потому что пилы менее устойчивы, чем в лесорамах, где их зажимают с двух концов и натягивают. На круглопильных станках распиливают бревна и брусья ограниченных размеров по толщине, что обусловлено размерами пил.

Круглопильные станки используют на лесопильных предприятиях для распиловки бревен, а чаще – для распиловки брусьев, которые можно выпилить на лесорамах или получить на фрезерно-брусующих станках. Технические характеристики круглопильных станков приведены в табл. 15, 16 приложения.

По классификации круглопильные станки делятся:

– на станки для распиловки бревен и станки для распиловки брусьев;

- однопильные и многопильные;
- одновальные и двухвальные;
- станки с угловым расположением пил.

Сменная производительность круглопильных станков Π определяется по формулам:

– для многопильных станков

$$\Pi = \frac{U \cdot T \cdot q}{L} \cdot K_p \cdot K_m, \text{ м}^3;$$

– однопильных станков

$$\Pi = \frac{U \cdot T \cdot q}{L \cdot z} \cdot K_p \cdot K_m, \text{ м}^3,$$

где U – скорость подачи, м/мин; T – продолжительность смены, мин; q – объем бревна, м³; L – длина бревна, м; z – количество проходов при распиловке одного бревна; K_p и K_m – коэффициенты использования соответственно рабочего и машинного времени.

Отметим, что K_p учитывает регламентированные потери времени на обслуживание рабочего места, продолжительность отдыха и использование личных надобностей рабочих. В среднем принимают $K_p = 0,75–0,85$.

Коэффициент K_m учитывает потери времени на выполнение дополнительных операций при распиловке бревна. Для многопильных станков можно принять $K_m = 0,80–0,85$. При распиловке бревен на однопильных станках увеличиваются потери времени на дополнительные операции (установка и закрепление бревна, холостой ход тележки и др.). При этом принимают коэффициент $K_m = 0,4–0,6$ в зависимости от размеров бревен, наличия приспособлений для механизации дополнительных операций, квалификации рабочих и др. Отметим, что производительность однопильных станков можно определить также по формуле

$$\Pi = \frac{T}{t_{\text{ц}}} \cdot q \cdot K_p, \text{ м}^3,$$

где $t_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла переработки одного бревна, мин.

Продолжительность цикла переработки одного бревна определяют расчетами или хронометражем всех операций.

По этой формуле определяют также производительность станков с угловым расположением пил. Пильный механизм таких станков имеет два пильных вала, расположенных под прямым углом друг к другу. На этих станках осуществляется индивидуальный способ распиловки бревна на пиломатериалы (заготовки) заданного размера в поперечном сечении за один проход. Они применяются для распиловки бревен на радиальные доски.

Пример 10. Определить производительность круглопильного станка типа «Кага», который распиливает хвойные бревна диаметром 20 см, длиной 5 м на 6 досок, для чего выполняет 8 пропилов.

Решение. По технической характеристике (табл. 15 приложения) скорость подачи $U = 20$ м/мин. Тогда сменная производительность составляет

$$\Pi = \frac{U \cdot T}{L \cdot z} \cdot q \cdot K_p \cdot K_m = \frac{20 \cdot 480}{5 \cdot 8} \cdot 0,19 \cdot 0,75 \cdot 0,4 = 13,68 \text{ м}^3.$$

Пример 11. Выбрать многопильные станки для распиловки хвойных бревен диаметром 18 см и длиной 4 м на обрезные доски шириной 125 мм. В I проходе выпиливают брус и 2 доски. Брус распиливают на 5 досок. Определить: 1) сменную производительность лесопильного потока по распиленному сырью; 2) количество станко-смен, необходимых для выпилки 1000 м³ пиломатериалов, если объемный выход образных досок составляет 55,55%.

Решение. По табл. 15 приложения для распиловки бревна выбираем станок Ц-32, который может распиливать бревна диаметром до 32 см в комле и длиной до 4 м. Скорость подачи станка – 6–20 м/мин. По табл. 16 приложения для распиловки бруса выбираем станок Ц8Д-11, который может распиливать брусья толщиной до 130 мм, количество пил – до 8 шт. Скорость подачи станка – 5,7–16,8 м/мин. Для синхронной работы станков в потоке с учетом размеров бревна и бруса определяем производительность при скорости подачи 8,4 м/мин:

$$\Pi = \frac{U \cdot T}{L} \cdot q \cdot K_p \cdot K_m = \frac{8,4 \cdot 480}{4} \cdot 0,120 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 72,6 \text{ м}^3.$$

Таким образом, в потоке из двух многопильных станков в смену будет распилено 72,6 м³ бревен. Тогда производительность одной станко-смены составит $\Pi_{\text{ст.см}} = 72,6 / 2 = 36,3 \text{ м}^3$.

Определим количество сырья для выпилки 1000 м³ досок:

$$B = \frac{1000}{55,55} \cdot 100 = 1800 \text{ м}^3.$$

При производительности одной станко-смены 36,3 м³ для распиловки этого сырья необходимо будет $1800 / 36,3 = 49,6$ станко-смен.

3.3. Ленточнопильные станки

Ленточнопильные станки имеют следующие преимущества по сравнению с другими станками для распиловки бревен:

1) возможность выбора и обеспечение индивидуальной схемы распиловки бревна с учетом качества сырья и пилопродукции;

2) возможность выпилки досок с заданным размещением годичных слоев относительно пласти (радиальные или тангенциальные пиломатериалы);

3) возможность распиловки крупных бревен, в том числе бревен, которые имеют ядровую гниль (круговым способом);

4) сравнительно меньшая ширина пропила и более низкая шероховатость поверхности досок;

5) отсутствие необходимости выполнять тщательную сортировку бревен по диаметрам или по качеству перед распиловкой такими станками, так как индивидуальный подход дает возможность учитывать размеры и качество сырья в процессе распиловки.

Ленточнопильные станки бывают:

– вертикальные и горизонтальные;

– однопильные и многопильные;

– с подачей бревна на тележках;

– с конвейерной подачей бревна;

– с перемещением бревна относительно пил;

– с перемещением пильного суппорта относительно стационарно закрепленного бревна.

Выбор и расчет ленточнопильных станков производится с учетом размерно-качественной характеристики сырья и технических показателей станков.

Техническая характеристика ленточнопильных станков приведена в специальной литературе и частично в табл. 17 и 18 приложения.

Расчет производительности ленточнопильных станков ведут по методике расчета производительности круглопильных станков, которая приведена выше.

Пример 12. В лесопильном цехе распиливают хвойные бревна диаметром 32 см и длиной 5 м на радиальные доски комбинированным развальным-сегментным способом по поставу:

I проход

$$\frac{32}{2} - \frac{95}{2} - \frac{19}{2};$$

II проход

$$\frac{32}{5} - \frac{19}{2}.$$

Выбрать оборудование для распиловки бревен и брусьев и определить количество станков с учетом обеспечения синхронной работы в потоке.

Решение. Анализируя размеры бревен и постав на распиловку, выбираем для распиловки бревна двухпильный ленточнопильный станок с тандемным расположением пил ЛЛК-2. На станке можно распиливать бревна диаметром до 60 см со скоростью подачи до 80 м/мин. Станок обеспечивает высокую производительность и качество пилопродукции. Применение тонких пил (1,0–1,2 мм) способствует уменьшению расхода сырья в опилки по сравнению с лесорамой.

Для распиловки брусьев можно выбрать двухвальный круглопильный станок Ц8Д-10 со скоростью подачи до 24 м/мин. Толщина пил – 2,5 мм, установленная мощность – 49,7 кВт, что обеспечивает снижение расхода сырья в опилки и невысокие энергозатраты.

Производительность станка ЛЛК-2 определим по формуле

$$\Pi_{\text{л}} = \frac{U \cdot T \cdot K_1 \cdot K_2}{L \cdot z}, \text{ бревен,}$$

станка Ц8Д-10 по формуле

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{U \cdot T \cdot K_1 \cdot K_2}{L}, \text{ брусьев,}$$

где U – скорость подачи, м/мин; T – продолжительность смены, мин; K_1 и K_2 – коэффициенты использования рабочего и машинного времени; L – длина бревна, м; z – количество проходов при распиловке одного бревна, шт.

С учетом технической характеристики станка, размера бревна, поставка на распиловку выбирается скорость подачи и коэффициенты K_1 и K_2 . Например, для станка ЛЛК-2 позиционно-проходного типа с возвратно-поступательным перемещением бревен $K_2 = 0,4–0,6$, а для многопильного станка проходного типа Ц8Д-10 $K_2 = 0,80–0,85$.

Производительность станка ЛЛК-2 составит

$$\Pi_{\text{л}} = \frac{30 \cdot 480 \cdot 0,75 \cdot 0,6}{5 \cdot 4} = 324 \text{ бревна,}$$

станка Ц8Д-10:

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{12 \cdot 480 \cdot 0,75 \cdot 0,8}{5} = 691 \text{ брус.}$$

Учитывая, что по поставу из одного бревна выпиливается два бруса, на станок Ц8Д-10 поступит $324 \cdot 2 = 648$ брусьев.

Таким образом, в лесопильном потоке с учетом синхронной работы можно установить один станок ЛЛК-2 и один станок Ц8Д-10.

3.4. Фрезернопильное оборудование

В основу агрегатного способа переработки сырья положен принцип совмещения нескольких технологических операций в одном агрегате. Это способствует созданию малооперационной технологии, обеспечивает повышение производительности труда в 1,5–2,5 раза и комплексное использование древесины до 86–92%.

Фрезернопильное оборудование предусматривает последовательное выполнение следующих операций:

1) обработку бревна до формы бруса фрезерованием с получением технологической щепы;

2) распиловку бруса на пиломатериалы круглыми или ленточными пилами.

Преимуществом таких агрегатных линий является их высокая производительность по сравнению с другим оборудованием, а также возможность комплексной переработки бревен с одновременным получением пилопродукции и технологической щепы.

Однако есть и недостатки: высокое энергопотребление фрезернопильных агрегатов и сравнительно низкий объемный выход пилопродукции, потому что сбеговая зона бревна перерабатывается в щепу. Отметим, что увеличение выхода технологической щепы при переработке круглых лесоматериалов является целесообразным на предприятиях, которые используют щепу в качестве сырья для целлюлозы или древесных плит.

Необходимо отметить, что одним из решающих условий обеспечения бесперебойной работы высокопроизводительных линий на базе агрегатного оборудования является наличие необходимых объемов сырья определенных размеров и качества.

В зависимости от типа оборудования технологические потоки на основе агрегатного способа обработки делят:

– на линии с фрезерованием профильного бруса и его распиловкой в одном агрегате развальным способом (ЛАПБ);

– на линии с фрезерованием двух- или четырехкантных брусьев и их распиловкой за два прохода круглыми или ленточными пилами (ЛФП);

– на линии на базе фрезерно-брусующих станков для обработки бруса и круглопильных многопильных станков для распиловки бруса (ЛФБ).

Сменную производительность линий ЛАПБ, ЛФП или ЛФБ определяют по формуле

$$\Pi_{л} = \frac{U \cdot T \cdot q_i \cdot K_i \cdot K_T}{L_i}, \text{ м}^3,$$

где U – скорость подачи, м/мин; T – продолжительность смены, мин; q_i – объем i -го бревна, м³; K_i – коэффициент использования лесопильного потока при распиловке бревен i -го диаметра; K_T – коэффициент использования рабочего времени; L_i – длина i -го бревна, м.

Отметим, что коэффициенты K_i и K_T можно определить соответственно по выше приведенным формулам для лесопильных рам. В этих формулах при расчете коэффициента K_i для линий ЛАПБ принимают $\sum t \cdot n_1 = 5,1$ с, $\sum t \cdot n_2 = 0$; для линий ЛФП – $\sum t \cdot n_1 = 2,89$ с, $\sum t \cdot n_2 = 3,69$ с; для линий ЛФБ – $\sum t \cdot n_1 + \sum t \cdot n_2 = 3,1$ с; для всех линий $\delta = 1$.

При расчете коэффициента K_T для линий принимают $T_1 = 8$ мин, $T_2 = 40$ мин.

Пример 13. На ОАО «Борисовский ДОК» в г. Борисове имеется производство древесноволокнистых плит. В лесопильном цехе планируется установить поток по переработке тонкомерных бревен диаметром 10–16 см (средний диаметр 14 см), длиной 4 м. Необходимо выбрать оборудование, которое может обеспечить переработку 60 000 м³ сырья в год.

Решение. Учитывая размеры перерабатываемых бревен, и то, что на предприятии имеется цех ДВП, сырьем для которого является технологическая щепка, выбираем фрезерно-пильную линию, которая включает фрезерно-брусующую линию ФБЛ-16М и многопильный круглопильный станок Ц8Д-130 (табл. 19 и 16 приложения).

Определим производительность станков.

Для линии ФБЛ-16М выбираем $U = 24$ м/мин. Тогда:

$$\Pi_1 = \frac{U \cdot T \cdot q \cdot K_T \cdot K_i}{L} = \frac{24 \cdot 480 \cdot 0,073 \cdot 0,9 \cdot 0,67}{4} = 126,8 \text{ м}^3;$$

$$K_T = \frac{T - (T_1 + T_2)}{T} = \frac{480 - (8 + 40)}{480} = 0,9;$$

$$K_i = \frac{t_p}{t_p + t_b + \sum t \cdot n_1 + \delta \sum t \cdot n_2} = \frac{10}{10 + 1,9 + 3,1} = 0,67;$$

$$t_p = \frac{60 \cdot L}{U} = \frac{60 \cdot 4}{24} = 10 \text{ с.}$$

Для станка Ц8Д-130 $U = 25$ м/мин. Тогда

$$\Pi_2 = \frac{U \cdot T \cdot q \cdot K_p \cdot K_m}{L} = \frac{25 \cdot 480 \cdot 0,073 \cdot 0,75 \cdot 0,8}{4} = 131,4 \text{ м}^3.$$

Таким образом, учитывая производительность обоих станков, можно заключить, что они обеспечивают синхронную работу линии.

Годовая производительность цеха при работе линии в две смены 250 дней в год составит

$$\Pi_T = \Pi \cdot M \cdot Z \cdot K_T = 126,8 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 0,96 = 60\,846 \text{ м}^3.$$

Это значит, что условие задачи выполнено.

3.5. Станки для торцовки и обрезки досок

В лесопильном цехе выполняют предварительную торцовку досок. При этом вырезают дефектные места (гнили, горбыльные части, крупные сучки и т. д.).

Для предварительной торцовки досок применяют педальные торцовочные станки, например ЦКБ 40-01 (табл. 20 приложения).

Сменную производительность торцовочных установок определяют по формуле

$$\Pi_T = N_{\text{пр}} \cdot T \cdot K, \text{ досок,}$$

где $N_{\text{пр}}$ – пропускная способность установки или педального станка, шт./мин; T – продолжительность смены, мин; K – коэффициент использования рабочего времени ($K = 0,70\text{--}0,75$).

Пропускную способность станков позиционного типа принимают $N_{\text{пр}} = 10\text{--}15$ досок/мин, а для установок проходного типа ЛТ-1М – $N_{\text{пр}} = 25$ упоров/мин.

Необрезные доски после лесопильных рам или после предварительной торцовки поступают на участок обрезки. Для обрезки необрезных досок применяют круглопильные обрезные или фрезерно-обрезные станки, например Ц2Д-7А или Ц2Д-1Ф.

Сменная производительность станка определяется по формуле

$$\Pi_{\text{обр}} = \frac{U \cdot T \cdot K}{l}, \text{ досок,}$$

где U – скорость подачи, м/мин; T – продолжительность смены, мин; K – коэффициент использования станка ($K = 0,55–0,65$); l – длина доски, м.

Техническая характеристика обрезных станков приведена в табл. 21 приложения.

При расчете необходимого количества станков для каждого лесопильного потока определяют наибольшее количество досок, которые поступают на торцовку и обрезку от лесопильных рам. При этом производительность лесорамы рассчитывают при условии их непрерывной работы, т. е. при $K_i \cdot K_T = 0,98–1,00$.

Количество станков для каждого потока определяют по формуле

$$n = \frac{N}{\Pi}, \text{ шт.,}$$

где N – наибольшее количество досок, которые поступают на торцовку или обрезку от лесорам за смену, шт.; Π – сменная производительность торцовочного или обрезного станка, шт.

Пример 14. Выбрать модель торцовочного и обрезного станков и определить их количество для установки в лесопильном потоке, в котором две лесорамы Р63-4Б распиливают бревна диаметром 20 см вразвал, а диаметром 24 см – с брусочкой (пример 8).

Решение. Для распиловки бревен выбраны одноэтажные лесопильные рамы Р63-4Б (решение примера 8). Определим количество необрезных досок по каждому поставу, поступающих на торцовку и обрезку от лесорам. Для этого сначала определим производительность лесопильных рам при условии их непрерывной работы, т. е. при $K_i \cdot K_T = 0,98$. Величина посылки при распиловке бревен диаметром 20 см вразвал составляет 10 мм, а бревен диаметром 24 см с брусочкой – 9 мм (пример 8). Результаты расчета производительности лесорам при $K_i \cdot K_T = 0,98$ (количество досок) приведены в табл. 10.

Количество досок, поступающих на торцовку (обрезку)

Номер поставы	Количество досок из одного бревна			Сменная производительность лесорам при $K_i \cdot K_T = 0,98$		Сменная производительность лесорам, шт. досок					
	I проход		II проход	бревна	м ³	I поток			II поток		
	необр.	обр.	необр.			ЛР № 1	ЛР № 2	ЛР № 3	ЛР № 4		
1	6	–	–	268	50,9	1608	–	1608	–	–	–
2	4	3	2	241	65,1	934	723	482	–	–	–

Отметим, что количество необрезных досок, выпиленных из одного бревна по каждому поставу, принято по табл. 3 (с. 27–28).

Из табл. 10 видно, что наибольшее количество необрезных досок поступает на торцовку и обрезку при распиловке вразвал бревен диаметром 20 см: $N = 1608 + 1608 = 3216$ шт. Если в лесопильном цехе установлены два и более лесопильных потока, тогда рассчитывают количество досок по каждому потоку и определяют количество станков в каждом потоке отдельно.

Выбираем для торцовки досок станок ЦКБ 40-01 (табл. 20 приложения) и определяем его производительность:

$$\Pi_T = N_{\text{пр}} \cdot T \cdot K = 14 \cdot 480 \cdot 0,75 = 5040 \text{ досок.}$$

Количество торцовочных станков в лесопильном потоке составляет

$$n_T = \frac{N}{\Pi_T} = \frac{3216}{5040} = 0,64.$$

Принимаем к установке в лесопильном потоке один торцовочный станок ЦКБ 40-01 с коэффициентом загрузки $K = 0,64$.

Выбираем для обрезки необрезных досок обрезной станок Ц2Д-7А (табл. 21 приложения) и определяем его производительность:

$$\Pi_{\text{обр}} = \frac{U \cdot T \cdot K}{l} = \frac{100 \cdot 480 \cdot 0,6}{5} = 5760 \text{ досок.}$$

Количество обрезных станков в лесопильном потоке составляет

$$n_{\text{обр}} = \frac{N}{\Pi_{\text{обр}}} = \frac{3216}{5760} = 0,56.$$

Принимаем к установке в лесопильном потоке один обрезной станок Ц2Д-7А с коэффициентом загрузки $K = 0,56$.

3.6. Оборудование для переработки кусковых отходов

При распиловке бревен на обрезные пиломатериалы получают около 20–25% кусковых отходов (горбылей, реек, отрезков). Для измельчения их на технологическую щепу применяют дисковые многоножевые рубильные машины с наклонным или горизонтальным расположением загрузочного люка; с верхним или нижним выбросом щепы; левого или правого исполнения. Техническая характеристика рубильных машин приведена в специальной литературе и частично в табл. 22 приложения.

При *выборе модели* рубильных машин учитывают параметры и вид отходов, их количество и конкретные условия лесопильного цеха (его размеры, этажность цеха, места установки бункеров для щепы и др.).

Технологическая щепа после измельчения поступает на сортировочные установки, на которых она разделяется на крупную, кондиционную и мелкую.

Крупная щепа поступает на измельчение, мелкая присоединяется к опилкам, а кондиционная перемещается в бункеры.

Для сортировки щепы применяют сортировочные установки подвешенного типа с круговым вращательным движением. Техническая характеристика сортировочных установок для щепы приведена в специальной литературе и частично в табл. 23 приложения.

При расчете необходимого количества оборудования для переработки отходов определяют:

- количество кусковых отходов, поступающих на переработку;
- производительность рубильной машины или сортировочной установки.

Количество рубильных машин, которые необходимо установить в лесопильном цехе, находят по формуле

$$m = \frac{\Pi \cdot P_{\text{к}}}{100 \cdot \Pi_{\text{р.м}}},$$

где Π – наибольшая сменная производительность лесоцеха по распиленному сырью при $K_i \cdot K_T = 0,98–1,00$, м³; $P_{\text{к}}$ – количество кусковых отходов по балансу древесины, %; $\Pi_{\text{р.м}}$ – сменная производительность рубильной машины, м³.

Необходимое количество сортировочных установок определяют с учетом их производительности и общей производительности рубильных машин, которые приняты для установки в лесоцехе.

Пример 15. В лесопильном цехе на двух лесопильных рамах Р63-4Б распиливают на обрезные доски бревна диаметром 20 см вразвал, а диаметром 24 см – с брусочкой. Выбрать оборудование для переработки отходов и определить их количество.

Решение. Определим количество кусковых отходов, поступающих на измельчение. Для этого сначала найдем производительность цеха по распиленному сырью при распиловке бревен по каждому поставу. Расчет производительности лесорам выполняется по методике, приведенной в примерах 8 и 9, а результаты расчета сменной производительности по каждому поставу при $K_i \cdot K_T = 0,98$ приведены в табл. 10.

Таким образом, из табл. 10 видно, что при распиловке вразвал каждая лесорама распиливает по $50,9 \text{ м}^3$ сырья в смену, а при распиловке с брусочкой обе лесорамы распиливают за смену $65,1 \text{ м}^3$. Значит, производительность цеха по распиленному сырью при распиловке вразвал составляет $\Pi_p = 2 \cdot 50,9 = 101,8 \text{ м}^3$, а при распиловке с брусочкой – $\Pi_{бр} = 65,1 \text{ м}^3$. Для расчета необходимого количества рубильных машин принимаем наибольшую производительность цеха по распиленному сырью $\Pi = 101,8 \text{ м}^3$.

Если в цехе распиловку бревен ведут в двух и более лесопильных потоках, нужно определить производительность каждого потока по каждому поставу и для расчета количества рубильных машин принять наибольшую суммарную производительность цеха по одному из поставов.

Количество отходов, которые поступят на измельчение, определим с учетом результатов расчета баланса древесины при распиловке, которые приведены при решении примера 7.

Кусковые отходы составляют $P_k = 19,46\%$ от объема бревна.

По табл. 22 приложения выбираем рубильную машину МР2-20, производительность которой составляет $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. за смену

$$\Pi_{р.м} = \Pi_{ч} \cdot T \cdot K_p = 20 \cdot 8 \cdot 0,8 = 128 \text{ м}^3,$$

где $\Pi_{ч} = 20 \text{ м}^3$ – производительность рубильной машины в час; $T = 8 \text{ ч}$ – продолжительность смены; $K_p = 0,8$ – коэффициент использования рабочего времени.

Определим количество рубильных машин:

$$m = \frac{\Pi \cdot P_k}{100 \cdot \Pi_{р.м}} = \frac{101,8 \cdot 19,46}{100 \cdot 128} = 0,15.$$

Принимаем к установке одну рубильную машину с коэффициентом загрузки $K_3 = 0,15$.

По табл. 23 приложения выбираем сортировочную установку для щепы СЩ-70, производительность которой в насыпном объеме составляет $70 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Рубильная машина МР2-20 имеет производительность в плотном объеме $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. в насыпном объеме $20 \cdot 2,7 = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$ (с учетом коэффициента разрыхления для щепы $K_p = 2,7$).

Значит, непрерывную сортировку щепы от одной рубильной машины МР2-20 обеспечит одна сортировочная установка СЩ-70.

3.7. Транспортное оборудование

Работа лесопильного цеха по принципу непрерывного потока обеспечивается за счет установки соответствующего транспортно-го оборудования и механизмов. В специальной литературе достаточно полно описаны конструкции, принцип работы транспортно-го оборудования лесопильных цехов [13].

При выборе транспортного оборудования необходимо учитывать тип (модель) и производительность технологического оборудования (лесопильных рам, круглопильных и ленточнопильных станков и др.), размеры цеха, способы распиловки, а также технические показатели механизмов.

Техническая характеристика транспортного оборудования приведена в специальной литературе, а также частично в табл. 24, 25, 26 приложения.

Рассмотрим особенности расчета наиболее распространенных транспортных устройств.

В лесопильном цехе для перемещения сырья, пилопродукции и отходов применяют продольные и поперечные цепные конвейеры, ленточные и роликовые конвейеры. Техническая характеристика конвейеров приведена в табл. 24, 25, 26 приложения.

Продольные цепные конвейеры используют для подачи бревен в цех. Часовая производительность конвейера определяется по формуле

$$\Pi_k = \frac{3600 \cdot V}{L} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ бревен/ч,}$$

где V – скорость движения цепи конвейера, м/с; L – средняя длина бревна, м; K_1 – коэффициент использования рабочего времени ($K_1 = 0,6–0,7$); K_2 – коэффициент использования тягового органа ($K_2 = 0,75–0,85$).

Поперечные цепные конвейеры используют для перемещения досок и кусковых отходов.

Производительность конвейера определяется по формуле

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{3600 \cdot V}{b} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ досок/ч,}$$

где V – скорость движения цепи конвейера, м/с; b – средняя ширина досок, м; K_1 – коэффициент использования рабочего времени ($K_1 = 0,6-0,7$); K_2 – коэффициент использования тягового органа ($K_2 = 0,6-0,7$).

При расчете необходимого количества конвейеров кроме их производительности надо знать производительность лесопильных рам. В этом случае производительность лесорамы определяют при $K_T \cdot K_i = 1$.

Ленточные конвейеры применяют для перемещения штучных материалов (досок, горбылей, реек и др.), а также сыпучих материалов (опилок, щепы).

При перемещении штучных материалов производительность ленточного конвейера определяют так же, как и производительность продольного цепного конвейера.

Производительность ленточного конвейера при перемещении сыпучих материалов рассчитывают по формуле

$$\Pi_{\text{л.к}} = 3600 \cdot V \cdot B^2 (0,0435 + 0,16 \cdot \text{tg}0,35\varphi) \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}},$$

где V – скорость движения цепи конвейера, м/с; B – ширина ленты, м; φ – угол сыпучести опилок или щепы ($\varphi = 40^\circ$); $K_{\text{н}}$ – коэффициент, который учитывает угол наклона конвейера ($K_{\text{н}} = 0,85-1,00$); $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования ленты конвейера ($K_{\text{в}} = 0,8$).

При заданной скорости движения ширину ленты конвейера определяют в зависимости от количества опилок или щепы, которые необходимо удалить из цеха.

Ширину ленты находят по формуле

$$B = \sqrt{\frac{\Pi}{3600 \cdot V \cdot (0,0435 + 0,16 \cdot \text{tg}0,35\varphi) \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}}},$$

где Π – производительность конвейера (количество опилок или щепы, которые необходимо удалить из цеха за час), м³ сыпучих.

Количество опилок определяют с учетом баланса древесины при распиловке бревен и производительности лесорамы при $K_T \cdot K_i = 1$.

Количество щепы определяют по производительности рубильной машины.

Перевод объема материалов из метров кубических плотных в метры кубические сыпучие производят с учетом коэффициента разрыхления K_p . Для опилок принимают $K_p = 3,5$, для щепы – $K_p = 2,7$.

Пример 16. Определить, обеспечит ли продольный цепной конвейер для подачи бревен непрерывную работу двух лесопильных рам Р63-4Б, которые установлены в одном потоке и распиливают бревна диаметром 20 см и длиной 5 м вразвал на 6 досок.

Решение. Выбираем для подачи бревен конвейер БА-40 (табл. 24 приложения). Скорость движения цепи составляет 0,8 м/с.

Определяем часовую производительность конвейера:

$$П_k = \frac{3600 \cdot 0,8}{5} \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 276 \text{ бревен.}$$

Определим часовую производительность лесорамы Р63-4Б при распиловке бревен диаметром 20 см. В соответствии с решением примера 8 посылка составляет 10 мм. Тогда часовая производительность одной лесорамы при $K_i \cdot K_T = 1$ составит

$$П = \frac{10 \cdot 285 \cdot 60}{1000 \cdot 5} \cdot 1 = 34 \text{ бревна.}$$

Таким образом, две лесорамы за час будут распиливать $2 \cdot 34 = 68$ бревен. Значит, один цепной конвейер БА-40 обеспечит непрерывную работу двух лесорам Р63-4Б.

Пример 17. Определить модель ленточного конвейера для удаления щепы от рубильной машины МР2-20.

Решение. Производительность этой рубильной машины по технической характеристике составляет 20 м^3 плотных. С учетом коэффициента разрыхления щепы $K_p = 2,7$ производительность ее будет

$$П_{р.м} = 2,7 \cdot 20 = 54 \text{ м}^3 \text{ сыпучих.}$$

Скорость движения ленты конвейера принимаем $V = 1,5 \text{ м/с}$.

Тогда ширина ленты конвейера будет

$$B = \sqrt{\frac{54}{3600 \cdot 1,5 \cdot (0,0435 + 0,16 \cdot \operatorname{tg} 0,35 \cdot 40)} \cdot 1 \cdot 0,8} = 0,5 \text{ м.}$$

Принимаем ленточный конвейер КСЛ 5040-60 с шириной ленты 500 мм (табл. 26 приложения).

3.8. Сортировочные установки для пиломатериалов

На лесопильных предприятиях для сортировки досок применяют сортировочные конвейеры ТСП-3 и ТСП-4 с ручной укладкой досок в пакеты, а также полуавтоматические сортировочные установки модели ПСП (например, ПСП-36) и др. Техническая характеристика установок приведена в табл. 27 приложения.

Расчет сортировочных установок включает определение:

- дробности сортировки;
- размеров конвейера;
- скорости конвейера и производительности установки;
- модели сортировочной установки и количества установок, необходимых для сортировки выпиленных досок.

Дробность сортировки, т. е. количество групп, на которые распределяют пиломатериалы, находят по формуле

$$m = A \cdot r \cdot s \cdot l \cdot K + R,$$

где A – коэффициент, который учитывает средний диаметр распиливаемых бревен ($A = 6$ для диаметра до 24 см, $A = 8$ для диаметра 26 см и более); r – количество эффективных лесорам в цехе; s и l – количество групп, на которые делят доски соответственно по сортам и по длине; K – коэффициент повторения размеров ($K = 1$ для одной эффективной рамы или потока, $K = 0,9$ для двух потоков); R – резервные места ($R = 1-2$ на каждую эффективную раму).

Распределение досок осуществляется в пакеты, которые расположены с одной или двух сторон конвейера ТСП в зависимости от конкретных условий. Длину участка распределения рассчитывают по формулам при расположении пакетов:

- с одной стороны конвейера

$$l_p = m \cdot a;$$

- с двух сторон конвейера

$$l_p = m \cdot a / 2,$$

где m – дробность сортирования; a – длина участка для расположения одного пакета ($a = 1,8-2,0$ м).

Скорость сортировочного конвейера находят по формуле

$$V = n \cdot (b + x), \text{ м/мин,}$$

где n – количество досок, которые поступают на сортировку за 1 мин; b – средняя ширина досок, м; x – расстояние между соседними досками конвейера, м.

Для обеспечения нормальных условий труда рабочих, которые снимают доски с конвейера вручную и распределяют их по пакетам, скорость конвейера не должна быть больше 10–12 м/мин.

Количество досок, которые поступают на конвейер за одну минуту, определяют по производительности оборудования для раскря бревен.

Сменную производительность сортировочной установки ПСП можно определить по формуле

$$\Pi = \frac{60 \cdot V \cdot T \cdot K}{a}, \text{ досок,}$$

где V – скорость распределительного конвейера, м/с; T – продолжительность смены, мин; $K = 0,6–0,7$ – коэффициент использования рабочего времени; a – расстояние между упорами конвейера, м.

Скорость сортировочной установки составляет 0,21, 0,28 или 0,42 м/с, расстояние между упорами $a = 0,84$ м.

Пример 18. Определить длину участка распределения досок сортировочного конвейера ТСП-3 для следующих условий:

1) бревна, средний диаметр которых по спецификации составляет 24 см, распиливают в четырехрамном лесоцехе;

2) в цехе две лесорамы работают только с брусочкой, а во втором потоке – обе вразвал;

3) доски распределяют по размерам поперечного сечения и на две группы по качеству;

4) пакеты досок располагают по обе стороны конвейера.

Решение. Определим дробность сортировки, т. е. количество сортировочных групп досок:

$$m = A \cdot r \cdot s \cdot l \cdot K + R = 6 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,9 + 2 = 34.$$

Найдем длину участка распределения досок:

$$l_p = \frac{m \cdot a}{2} = 34 \cdot \frac{2}{2} = 34 \text{ м.}$$

Пример 19. На двух лесопильных рамах Р63-4Б распиливают хвойные бревна диаметром 20 см, длиной 5 м вразвал на 6 досок. Определить модель сортировочной установки ПСП и количество таких установок, если доски необходимо распределить по размерам поперечного сечения и на две группы по качеству.

Решение. Количество сортировочных групп досок составляет

$$m = 6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 + 2 = 26.$$

Таким образом, модель сортировочной установки будет ПСП-30.

Количество досок, поступающих за смену на сортировку, определим по производительности лесопильных рам при $K_i \cdot K_T = 0,98$ (пример 14):

$$П_{л.р} = \frac{10 \cdot 285 \cdot 480}{1000 \cdot 5} \cdot 0,98 \cdot 6 = 1608 \text{ досок.}$$

Значит, от двух лесорам будет $2 \cdot 1608 = 3216$ досок.

Производительность сортировочной установки определим по формуле

$$П_{с.у} = \frac{60 \cdot V \cdot T \cdot K}{a} = \frac{60 \cdot 0,21 \cdot 480 \cdot 0,7}{0,84} = 5040 \text{ досок.}$$

Определим количество сортировочных установок:

$$n = \frac{П_{л.р}}{П_{с.у}} = \frac{3216}{5040} = 0,64.$$

Принимаем одну установку с загрузкой 64%.

3.9. Выбор режущих инструментов

В зависимости от установленного в цехе оборудования выбирают режущий инструмент (рамные, круглые или ленточные пилы, фрезы для агрегатного оборудования, ножи для рубильных машин и т. д.).

Дереворежущие инструменты студенты изучают в специальной дисциплине «Оборудование отрасли». Конструкции и технические показатели режущих инструментов достаточно полно описаны в специальной литературе [4].

В этом разделе проекта необходимо выбрать режущие инструменты для установленного в цехе оборудования, дать краткое описание конструкции инструментов и привести их размерную характеристику. Кроме этого, необходимо описать основные технологические операции и оборудование для подготовки режущих инструментов к работе (правка, вальцовка, подготовка зубьев пил и т. д.), а также привести правила установки их и дать необходимые схемы закрепления на валах станков (в пильной рамке).

Одновременно необходимо отметить мероприятия по повышению стойкости зубьев пил (оснащение износостойкими сплавами и др.).

Количество режущих инструментов для выполнения годовой производственной программы для каждого типа оборудования определяют по методике, приведенной в специальной литературе [4, 19].

3.10. Составление заказной спецификации оборудования

После выбора и расчета технологического, вспомогательного и транспортного оборудования составляют заказную спецификацию. В заказной спецификации приводят краткие сведения из технической характеристики принятого оборудования. Спецификация оборудования составляется по форме табл. 11.

Таблица 11

Спецификация оборудования

Позиция	Название и техническая характеристика оборудования; завод-изготовитель	Тип, марка оборудования	Код оборудования	Завод-изготовитель	Единицы измерения	Количество	Масса, кг	Примечание
Номер по чертежу	Лесопильная рама. Наибольший диаметр бревен – 38 см, длина – 3,0–7,5 м. Наименьшая толщина доски – 13 мм, частота вращения коленчатого вала – 285 мин ⁻¹ . Установленная мощность – 52,4 кВт.	Р63-4Б	–	РУП «Либра», г. Дзержинск, Минская обл.	Шт.	2	6000	–

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

В современных лесопильных потоках предусматривают установку высокопроизводительного технологического оборудования, обеспечивающего рациональное использование древесины, а также вспомогательного и транспортного оборудования, которое обеспечивает механизацию и автоматизацию трудоемких переместительных операций. На технологической схеме лесопильного потока в условных знаках показывают расположение технологического, вспомогательного и транспортного оборудования.

Схема лесопильного потока является основой для разработки технологического плана лесопильного цеха. На технологическом плане цеха показывают расположение оборудования в масштабе.

На чертеже плана указывают расстояние между станками и от стен в поперечном и продольном направлениях.

На плане показывают также расположение переходов, лестниц, люков, пакетов сырья и пилопродукции и др.

Размещение оборудования на технологическом плане цеха необходимо выполнять с учетом требований техники безопасности, которые установлены в соответствующих стандартах.

Рассмотрим и проанализируем типовые технологические схемы лесопильных потоков с использованием в качестве головного оборудования:

- лесопильных рам;
- круглопильных станков;
- ленточнопильных станков;
- фрезернопильных линий.

4.1. Лесопильные цехи на базе лесопильных рам

Лесопильные цехи на базе лесопильных рам могут быть двухэтажными или одноэтажными в зависимости от того, какие лесопилы установлены в цехе.

В *двухэтажном цехе* на втором этаже располагается основное технологическое оборудование для раскроя бревен и брусьев, торцовки и обрезки досок, а также транспортное оборудование для

перемещения сортиментов. На первом этаже располагается оборудование для сбора и переработки отходов лесопиления (конвейеры, рубильные машины, сортировочные устройства для щепы).

В лесопильном цехе могут предусматриваться потоки для распиловки бревен со 100%-ной брусовкой или со смешанной распиловкой (вразвал и с брусовкой).

На рис. 6 показана схема расположения оборудования около лесопильных рам в потоке со 100%-ной брусовкой.

Подача бревен осуществляется продольным цепным конвейером. Бревно нажимает торцом на упор, который автоматически выключает конвейер и включает сбрасыватель. Сбрасыватель рычажного типа сбрасывает бревно на накопитель, а затем по команде оператора лесорама специальный механизм передает его на впередирамную тележку. Оператор закрепляет бревно гидравлическими зажимами, направляет его по центру постава пил и подает в лесопильную раму на распиловку.

После распиловки боковые доски и горбыли первой секцией роликового конвейера перемещаются на вторую секцию, имеющую ролики с винтовой навивкой, которые сбрасывают доски на поперечный конвейер. Брус задерживается между двумя пластинами, установленными за лесорамой, затем выталкивается очередным брусом и роликовым конвейером перемещается до упора, который установлен над конвейером.

Двухсекционный брусоперекладчик перемещает брус в сторону роликового конвейера перед лесорамой второго ряда. Механизм подачи брусьев в лесораму второго ряда включает три неприводных ролика, три гидравлических манипулятора и подающее устройство, которое имеет два ролика – верхний и нижний. Брус лежит на роликах, манипуляторы сжимаются и устанавливают его по центру постава пил. Затем манипуляторы расходятся в стороны, и включается подающее устройство. Брус прижимается верхним роликом к приводному нижнему ролику и подается в лесораму.

За лесорамой второго ряда установлен роликовый конвейер с разделительными пластинами, между которыми перемещаются обрезные доски, а за ними – необрезные доски и горбыли. Обрезные доски ленточным конвейером выносятся из цеха, а необрезные доски и горбыли сбрасываются винтовыми роликами на поперечный конвейер.

На рис. 7 приведена схема размещения оборудования около лесопильных рам в потоке со смешанной распиловкой, т. е. вразвал и с брусовкой.

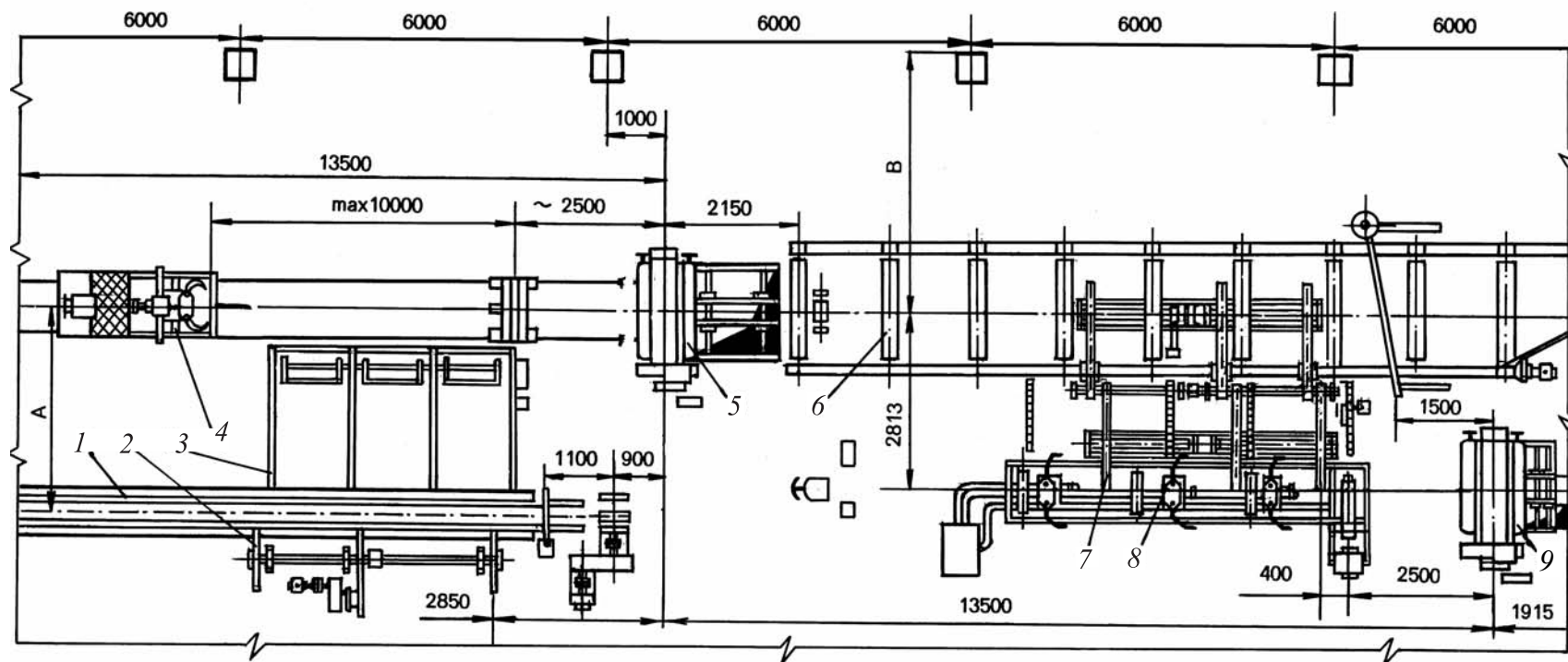


Рис. 6. Схема размещения оборудования около лесопильных рам в потоке со 100%-ной брусковкой:

- 1 – продольный конвейер для подачи бревен; 2 – сбрасыватель бревен; 3 – накопитель;
 4 – впередирамная тележка; 5 – лесопильная рама первого ряда; 6 – роликовый конвейер за лесорамой первого ряда;
 7 – брусоперекладчик двухсекционный; 8 – роликовый конвейер перед рамой второго ряда;
 9 – лесопильная рама второго ряда. Размер *A* принимают с учетом размеров накопителя,
 размер *B* – с учетом размещения оборудования на участках торцовки и обрезки досок

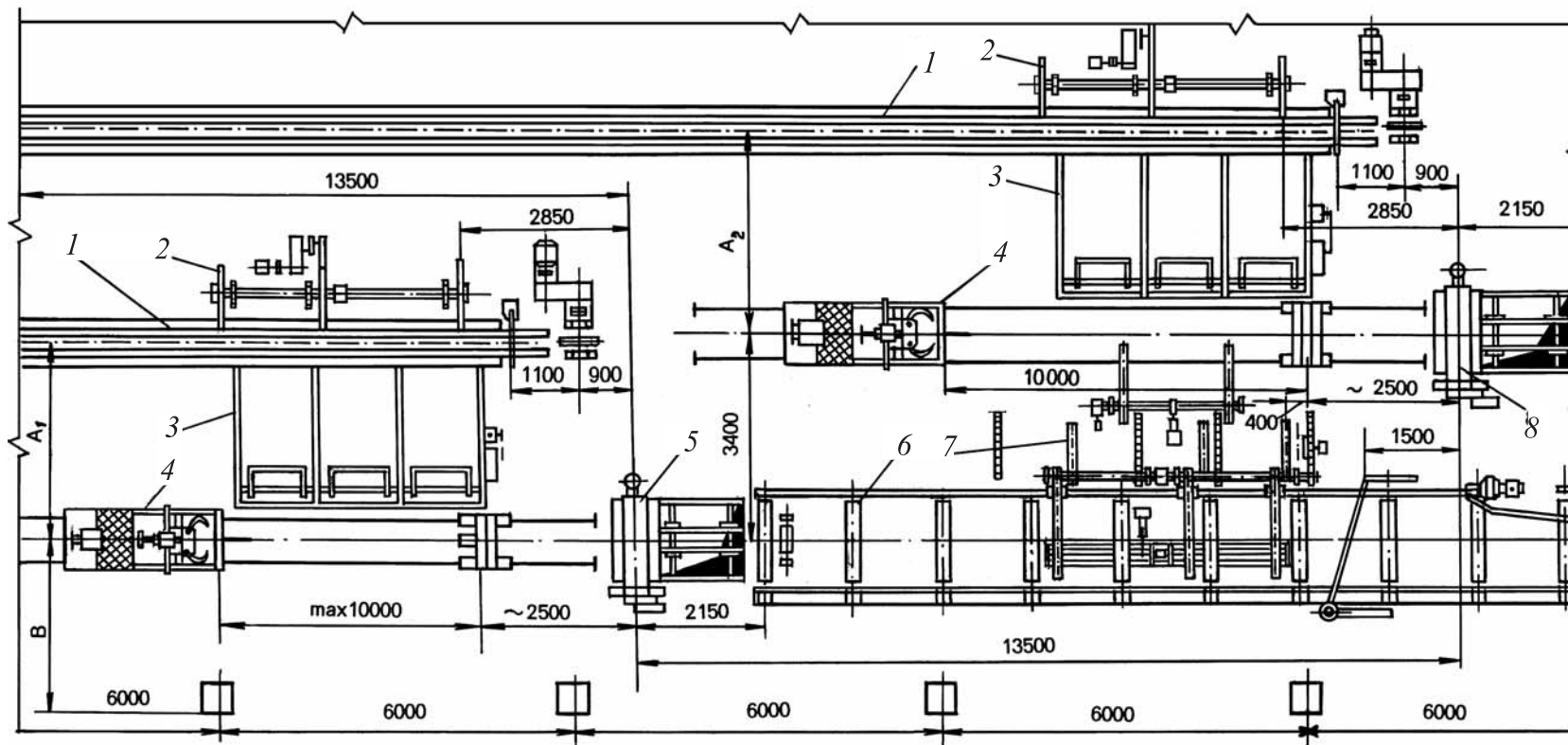


Рис. 7. Схема расположения оборудования около лесопильных рам в потоке со смешанной распиловкой:
 1 – продольный конвейер для подачи бревен; 2 – сбрасыватель бревен; 3 – накопитель; 4 – впередирамная тележка; 5 – лесопильная рама первого ряда; 6 – роликовый конвейер за лесорамой первого ряда;
 7 – брусоперекладчик с поворотной секцией; 8 – лесопильная рама второго ряда. Размеры A_1 и A_2 принимают с учетом размеров накопителей, размер B – с учетом размещения оборудования на участках торцовки и обрезки досок

В отличие от лесопильного потока со 100%-ной брусовкой в этом потоке установлены два удлиненных цепных конвейера для подачи бревен к каждой лесораме. Перед лесорамой второго ряда также установлена впередирамная тележка, позволяющая подавать бревна и брусья. Брусоперекладчик имеет дополнительную поворотную секцию для передачи бруса на тележки.

Схемы размещения оборудования в лесопильном потоке на участке предварительной торцовки и обрезки необрезных досок приведены на рис. 8 и 9.

Необрезные доски и горбыли от лесопильных рам первого и второго ряда сбрасываются с роликовых конвейеров на поперечные цепные конвейеры и передаются к торцовочным станкам. Горбыли сбрасываются в люки перед роликовыми торцовочными столами. Необрезные доски, имеющие обзолный участок или участки с гнилью и другие пороки, подлежат торцовке, а затем передаются роликовым конвейером на обрезной станок.

Оператор обрезного станка оценивает размеры и качество необрезной доски, устанавливает пилы на необходимом расстоянии друг от друга и подает доску в станок.

Измерение ширины необрезных досок и управление пилами можно осуществлять автоматически с помощью автоматического измерителя. Для сбрасывания реек на поперечный конвейер устанавливают рейкоотделительное устройство. Обрезные доски от обрезных станков и от лесорамы второго ряда при распиловке с брусовкой ленточными конвейерами передаются на сортировочные установки. Кусковые отходы (горбыли, рейки, отрезки) сбрасываются через люки на первый этаж, где установлены рубильные машины, на которых они измельчаются в технологическую щепу.

Технологический план двухэтажного лесопильного цеха (второй и первый этажи) приведен в учебнике [1, рис. 125].

В этом цехе один поток может работать вразвал и с брусовкой, а второй – со 100%-ной брусовкой. Для обрезки необрезных досок установлены обрезные станки.

На первом этаже установлены торцовочная установка проходного типа, фундаменты лесорам, конвейеры для перемещения опилок, а также оборудование для измельчения кусковых отходов (рубильные машины и установки для сортировки щепы и конвейеры для перемещения щепы).

В цехе установлены переходные мосты, лестницы, люки и др. Пол на втором этаже имеет два уровня: на участке лесорам – выше, а на участке обрезки досок – ниже.

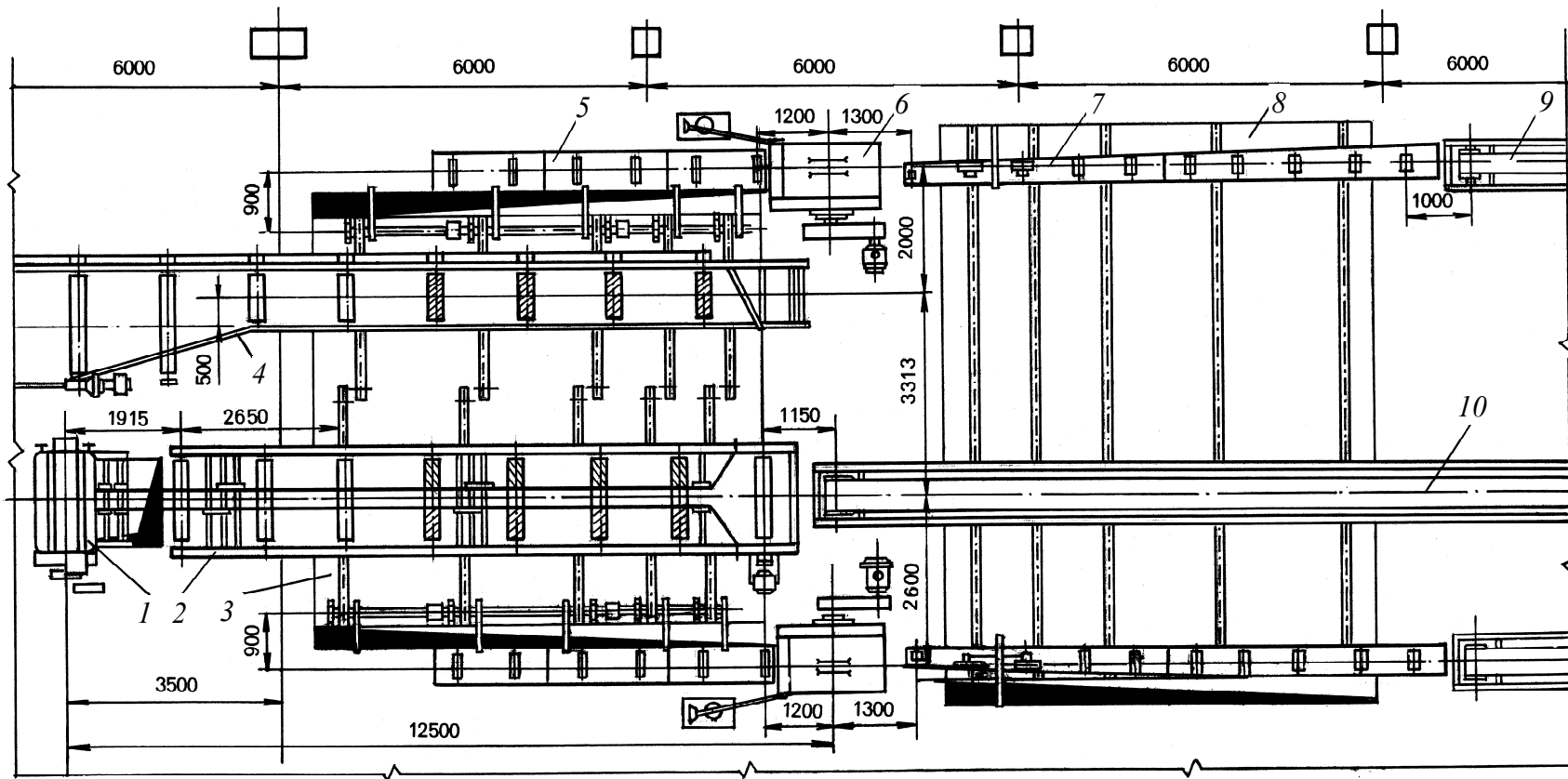


Рис. 8. Схема расположения оборудования в лесопильном потоке на участке обрезки досок:
 1 – лесопильная рама второго ряда; 2 – роликовый конвейер за лесорамой второго ряда;
 3 – поперечные конвейеры для перемещения необрезных досок и горбылей; 4 – роликовый конвейер
 за лесорамой первого ряда; 5 – впередистаночный стол с пультом управления; 6 – обрезной станок;
 7 – рейкоотделительное устройство; 8 – поперечный конвейер для перемещения реек;
 9, 10 – ленточный конвейер для досок

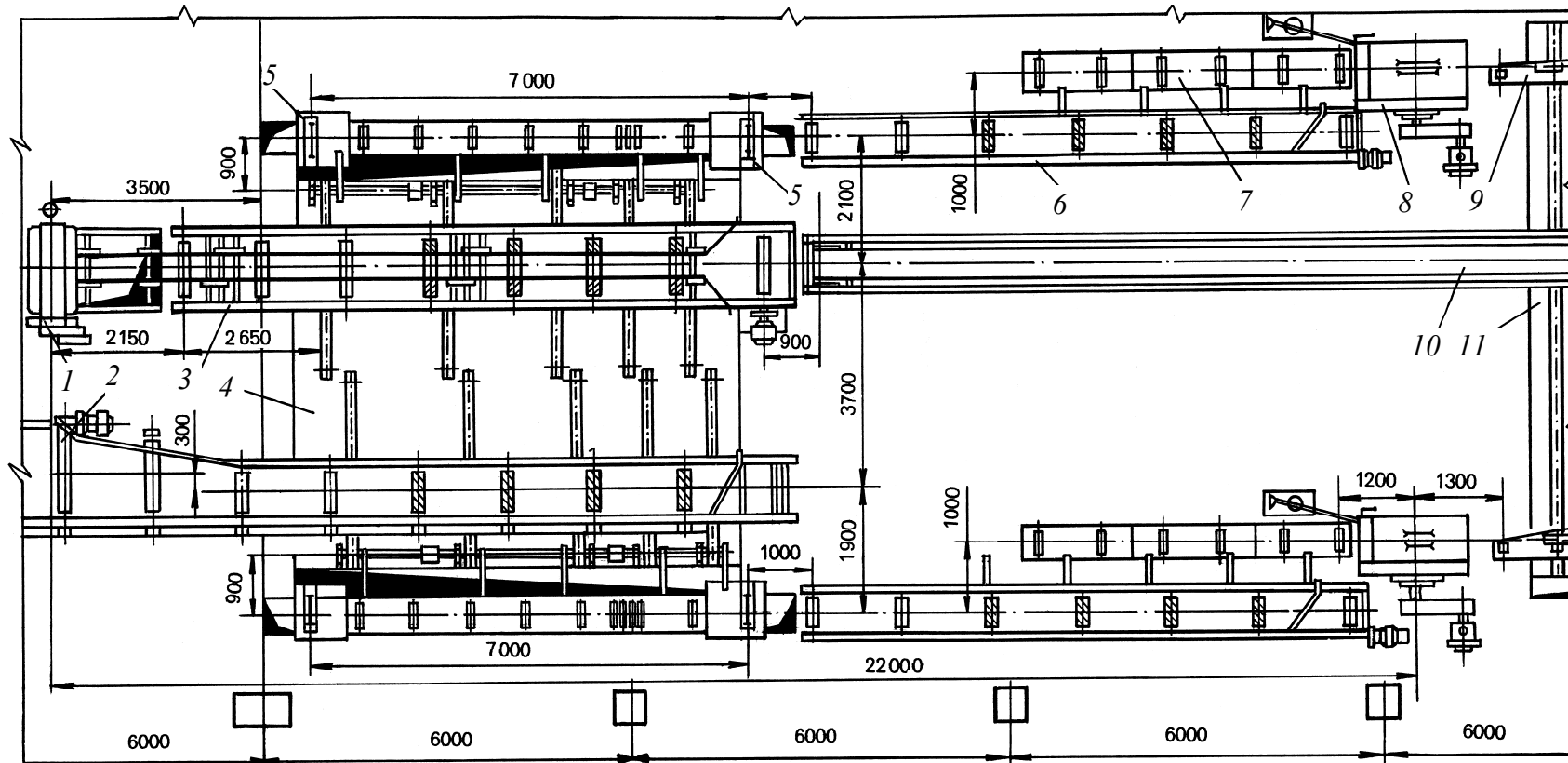


Рис. 9. Схема расположения оборудования в лесопильном потоке с предварительной торцовкой досок перед обрезкой:

- 1 – лесопильная рама второго ряда; 2 – роликовый конвейер за лесорамой первого ряда; 3 – роликовый конвейер с разделительными пластинами за лесорамой второго ряда; 4 – поперечные конвейеры для перемещения необрезных досок и горбылей; 5 – торцовочные станки; 6 – навесной роликовый конвейер; 7 – впередистаночный стол с пультом управления; 8 – обрезной станок; 9 – рейкоотделительное устройство; 10 – ленточный конвейер для обрезных досок; 11 – поперечный цепной конвейер для перемещения реек

Лесопильные цехи на базе *одноэтажных лесопильных рам* проектируют на предприятиях средней мощности.

На рис. 10 приведена схема лесопильного потока с одноэтажными лесопильными рамами.

Уровень пола на участке, где расположены лесопильные рамы, выше (+1,2 м), а фундаменты лесорам располагаются в подвальном помещении.

Бревна подаются к обеим лесопильным рамам продольным цепным конвейером и сбрасываются на накопитель или на впередирамную тележку кольцевыми сбрасывателями. Распиловку бревен можно осуществлять вразвал на обеих лесорамах или с брусовкой.

Бревна в лесораму первого и второго ряда подают впередирамными тележками. За лесорамами устанавливают роликовые конвейеры для перемещения брусьев, досок и горбылей. В потоке размещают торцовочные станки для предварительной торцовки досок, а также по необходимости обрезные станки для обрезки необрезных досок.

Кусковые отходы (горбыли, рейки) удаляют из цеха ленточным конвейером, расположенным под полом в приямке. Их переработка на технологическую щепу может быть организована на рубильных машинах, которые установлены в отдельном помещении.

4.2. Лесопильные цехи на базе круглопильных станков

Схемы цехов на базе круглопильных станков разнообразны. Это могут быть цехи с применением 1-, 2-, 4- или 6-пильных станков для распиловки бревен.

Выбор станков зависит от размеров бревен. Мелкие бревна распиливают на брус и два горбыля, а средние – на брус, необрезные доски и горбыли.

Многопильные станки распиливают брусья на обрезные доски. Торцовка досок может осуществляться на 1-, 2-, 3- или 4-пильных станках. Многопильные торцовочные станки применяют для распиловки досок по длине на заготовки. Пилы в этих станках могут перемещаться друг относительно друга в зависимости от длины заготовок.

На рис. 11, 12, и 13 приведены примеры схем потоков на базе круглопильных станков.

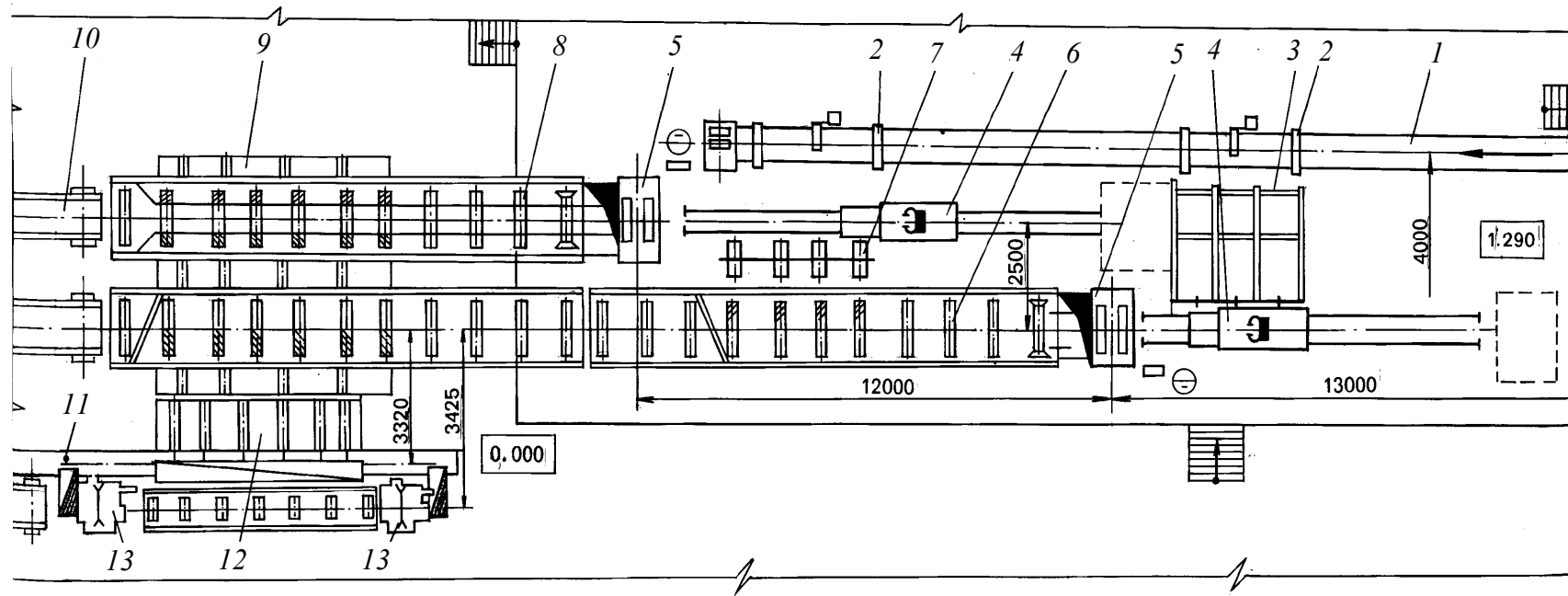


Рис. 10. Схема лесопильного потока с одноэтажными лесопильными рамами:

- 1 – продольный цепной конвейер для бревен; 2 – сбрасыватель бревен; 3 – накопительная площадка;
 4 – впередирамные тележки с дистанционным управлением; 5 – одноэтажная лесопильная рама;
 6 – роликовый конвейер за лесорамой первого ряда; 7 – брусоперекладчик; 8 – роликовый конвейер
 с разделительными пластинами за лесорамой второго ряда; 9 – поперечный конвейер для перемещения
 необрезных досок и горбылей; 10 – ленточный конвейер для досок; 11 – ленточный конвейер для горбылей;
 12 – механизм подачи досок; 13 – торцовочный станок

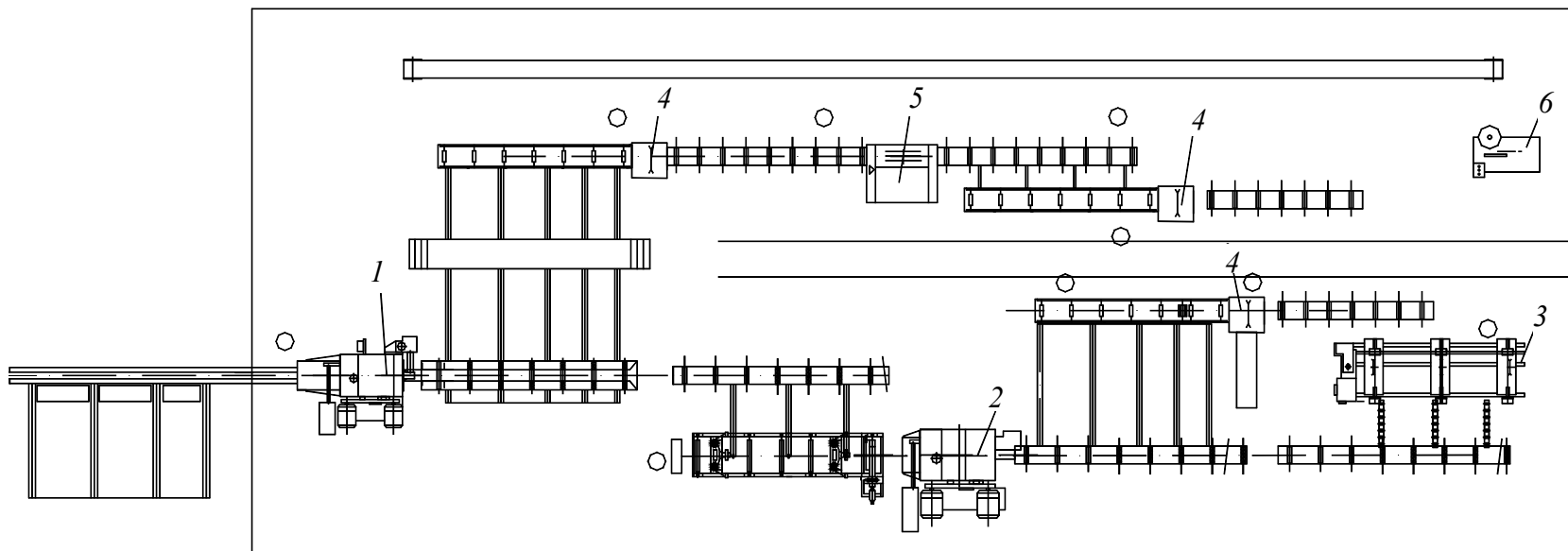


Рис. 11. Схема расположения оборудования в цехе на базе многопильных круглопильных станков (I вариант):
 1 – станок для распиловки бревен; 2 – станок для распиловки брусьев; 3 – трехпильный торцовочный станок;
 4 – торцовочный станок; 5 – многопильный обрезной станок; 6 – станок для переработки отходов

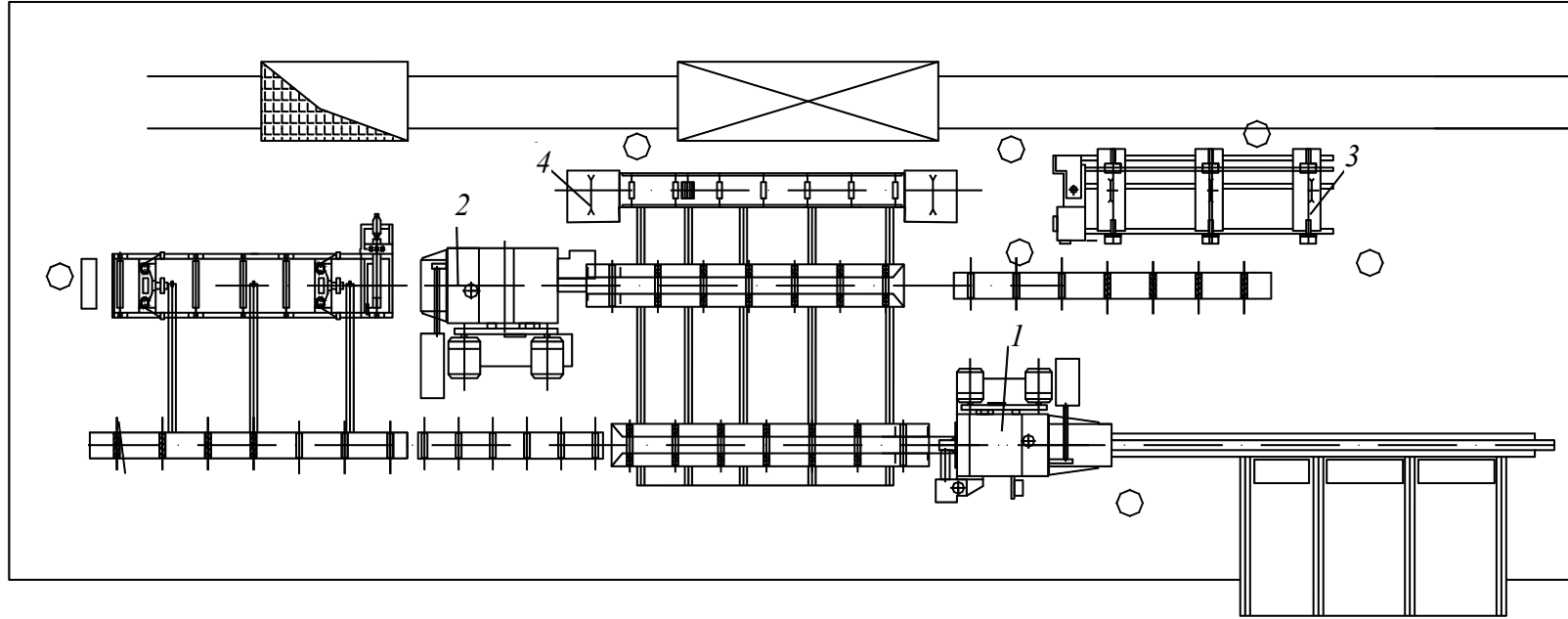


Рис. 12. Схема расположения оборудования в цехе на базе многопильных круглопильных станков
(II вариант – с поворотом потока):

- 1* – станок для распиловки бревен; *2* – станок для распиловки брусьев;
3 – трехпильный торцовочный станок; *4* – торцовочный станок

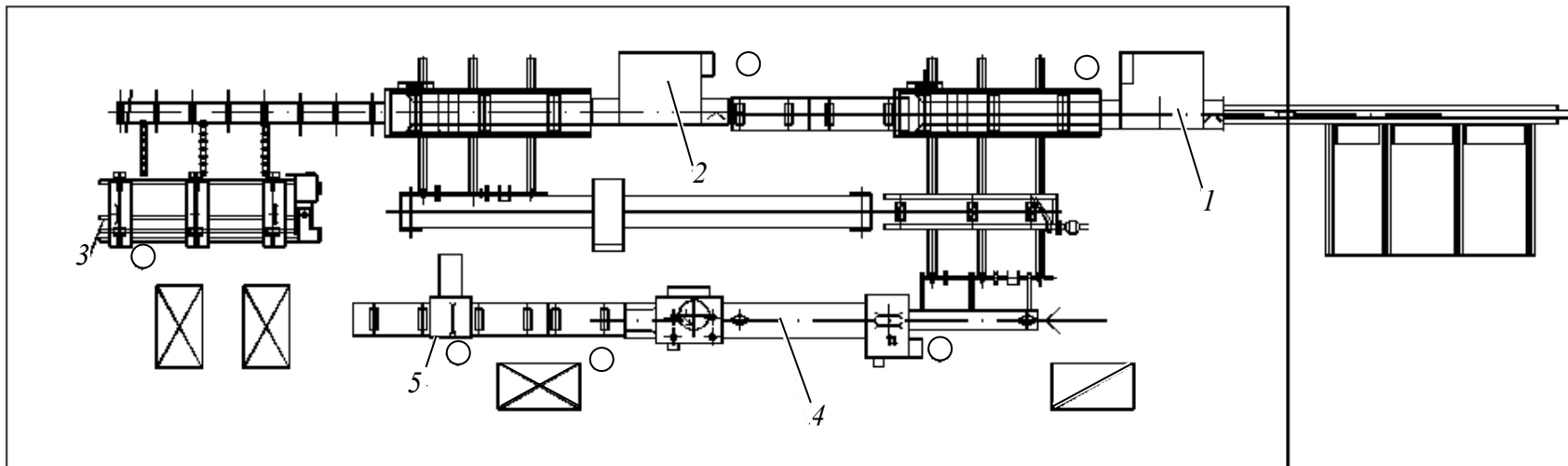


Рис. 13. Схема расположения оборудования в цехе
на базе круглопильных станков с потоком переработки горбылей:
1 – станок для распиловки бревен; 2 – станок для распиловки брусьев;
3 – трехпильный торцовочный станок; 4 – поток переработки горбылей;
5 – однопильный торцовочный станок

В приведенных потоках для механизации переместительных операций применяют роликовые, цепные, ленточные конвейеры и другое вспомогательное оборудование.

В качестве примера рассмотрим схему расположения оборудования в цехе на базе круглопильных станков с потоком для переработки горбылей на мелкую пилопродукцию, которая приведена на рис. 13.

Бревна подаются в распиловку поперечном цепным конвейером с механизмом поштучной подачи. На брусочном станке из бревна выпиливают брус и два горбыля. Брус передается роликовым конвейером на многопильный станок, где распиливается на обрезные доски, которые поступают на трехпильный торцовочный станок.

Пилы этого станка могут перемещаться друг относительно друга в зависимости от длины заготовок. Горбыли системой конвейеров от первого и от второго круглопильных станков передаются на поток переработки горбылей. В этом потоке последовательно установлены двухпильный обрезной станок, круглопильный станок с горизонтальными пилами и торцовочный станок.

Пилопродукция укладывается на тележки и электропогрузчиками перемещается на склад.

Отметим, что в этом потоке перерабатывают мелкие бревна на заготовки для европоддонов.

Рассмотрим технологическую схему лесопильного цеха с применением однопильных круглопильных станков для распиловки бревен и многопильного станка для распиловки брусьев (рис. 14).

В цехе установлены два однопильных станка и один многопильный. Кроме этого имеется торцовочное устройство и обрезной станок для обрезки необрезных досок.

Бревна подаются бревнотаской и сбрасываются кольцевыми сбрасывателями на накопители перед круглопильными станками. По мере необходимости бревна специальными устройствами подаются на околостаночные тележки, закрепляются упорами и поступают в распиловку.

На однопильном станке осуществляется распиловка бревна по индивидуальной схеме. При этом выпиливаются необрезные доски, горбыли и брус. Необрезные доски и горбыли системой конвейеров передаются на торцовочную установку. Горбыли отделяются (сбрасываются на ленточный конвейер), а необрезные доски по мере необходимости торцуют (отрезается горбыльная часть, участки с гнилью и т. п.) и передают на обрезной круглопильный станок.

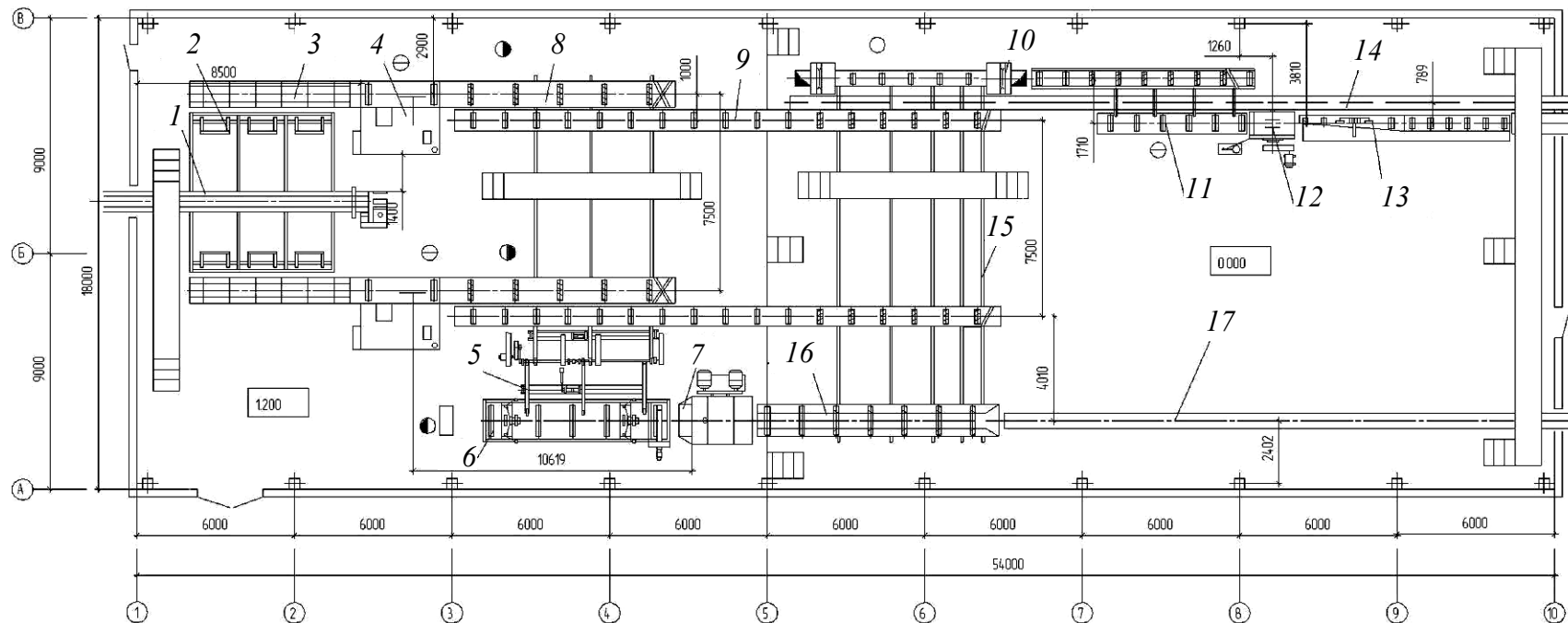


Рис. 14. Схема цеха на базе однопильных круглопильных станков:

1 – загрузочное устройство; 2 – механизм поштучной выдачи; 3 – тележка; 4 – однопильный круглопильный станок; 5 – брусоперекладчик; 6 – центрирующее устройство; 7 – многопильный круглопильный станок; 8, 9 – роликовый конвейер; 10 – торцовочные станки; 11 – впередистаночный стол; 12 – обрезной станок; 13 – рейкоотделительное устройство; 14 – ленточный конвейер для отходов; 15 – поперечный цепной конвейер; 16 – роликовый конвейер с разделительными пластинами; 17 – ленточный конвейер для досок

Брусья от обоих однопильных станков системой конвейеров передаются на многопильный станок, распиливаются на обрезные и необрезные доски и горбыли. Необрезные доски и горбыли, также как и от однопильных станков, передаются на торцовку и обрезку.

Обрезные доски из бруса и после обрезного станка перемещаются конвейерами на сортировочное устройство, расположенное вне цеха.

Расположение станков в цехе выполняется с учетом требований техники безопасности. В цехе предусматривается установка переходных мостов для безопасного перехода рабочих через конвейеры.

4.3. Лесопильные цехи на базе ленточнопильных станков

Схемы лесопильных потоков на базе ленточнопильных станков приведены на рис. 15 и 16. Внимания заслуживает схема потока на базе вертикального ленточнопильного комплекса ЛЛК-2 с тандемным расположением пил.

Бревна закрепляют на тележке и подают на пильный механизм. За один проход отпиливают горбыль и необрезную доску. Затем в зависимости от диаметра бревна и толщины досок бревно переворачивают и во втором проходе отпиливают еще горбыль и необрезную доску с другой стороны. Если бревно имеет большой диаметр, тогда можно дважды пропилить с одной и другой стороны и выпилить с каждой стороны по три доски и брус из средней зоны.

При распиловке работой станка управляет автоматическая система по заданной программе (перемещение пил, переворачивание бревна). Это обеспечивает точность работы всех механизмов и высокое качество пилопродукции, потому что исключает ошибки оператора. Еще одним преимуществом этого комплекса является то, что не нужна тщательная сортировка бревен перед распиловкой. Достаточно распределить бревна на несколько размерных групп. Измеритель дает информацию о размерах и форме бревна, компьютер определяет оптимальную схему распиловки с учетом спецификации досок и управляет работой комплекса (перемещает пилы, переворачивает бревна и др.).

Брусья роликовым конвейером и брусоперекладчиком передаются на стол с манипуляторами перед многопильным круглопильным станком. На этом станке брус распиливают на обрезные доски, которые ленточным конвейером передаются на сортировку.

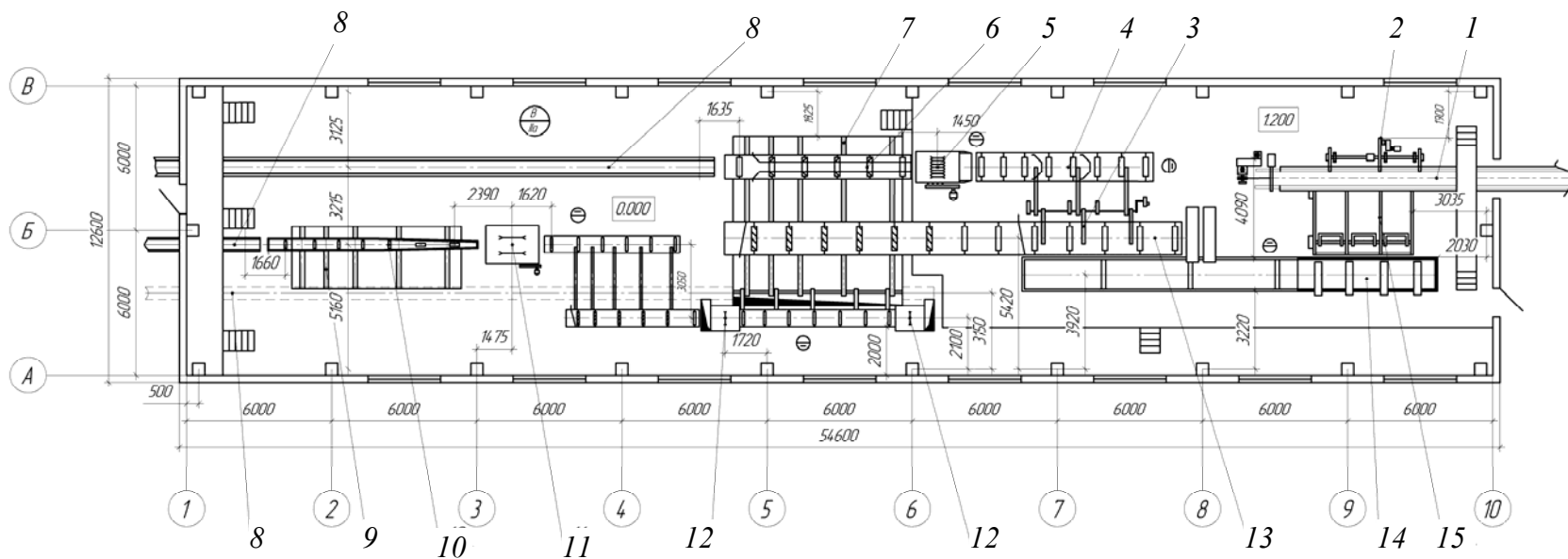


Рис. 15. Схема расположения оборудования в цехе на базе вертикального ленточнопильного и круглопильного станков:

- 1 – продольный цепной конвейер; 2 – сбрасыватель бревен; 3 – брусоперекладчик;
- 4 – подающий роликовый конвейер; 5 – многопильный станок; 6 – рольганг позадистаночный;
- 7 – поперечный цепной конвейер; 8 – ленточный конвейер; 9 – поперечный цепной конвейер;
- 10 – рейкоотделительное устройство; 11 – обрезной станок; 12 – торцовочный станок;
- 13 – роликовый конвейер; 14 – ленточный станок ЛЛК-2; 15 – накопитель бревен

Необрезные доски и горбыли поперечным цепным конвейером перемещаются на торцовочный и обрезной станки. Горбыли и рейки сбрасываются на ленточный конвейер и удаляются из цеха.

На рис. 16 приведена схема потока на базе горизонтальных станков. На обоих станках из бревен выпиливают по несколько необрезных досок и брусья (в зависимости от диаметров бревен). Затем брусья передают на распиловку на многопильный круглопильный станок, а доски и горбыли – на торцовочный и фрезерно-обрезной станки. Горбыли сбрасываются на ленточный конвейер и перемещаются на участки переработки на технологическую щепу.

Более производительной является линия с применением многопильных ленточнопильных станков фирмы «Гравитон» (рис. 17). Бревна поступают сначала на ленточнопильный комплекс «Гравитон-КЛБ», который включает два симметрично расположенных вертикальных станка и один горизонтальный ленточный станок. На вертикальных станках выпиливают брус и два горбыля, а на горизонтальном – отпиливают нижний горбыль. Горбыли передаются на двухпильный станок «Гравитон-СПГ», на котором из них выпиливают необрезные доски.

Треугольный брус системой конвейеров передается от станка «Гравитон-КЛБ» на многопильный горизонтальный станок «Гравитон-МЛК». Этот станок может иметь до шести пил и распиливает брус на обрезные доски, которые ленточным конвейером перемещаются на сортировку. Горбыль поступает на станок «Гравитон-СПГ», где его распиливают на необрезные доски. Необрезные доски передаются на торцовочный и обрезной станки.

Конвейерные линии фирмы «Гравитон» обеспечивают переработку бревен широкого диапазона диаметров со сравнительно небольшой шириной пропила (1,5–2,4 мм) и достаточной точностью размеров выпиленных досок.

4.4. Лесопильные цехи на базе фрезернопильных линий

В последнее время широко применяют для переработки бревен фрезернопильное оборудование.

Примером лесопильного потока на базе такого оборудования может быть технологическая схема, приведенная на рис. 18.

Бревна перед распиловкой проходят через фрезерные модули, которые измельчают горбыльную зону на технологическую щепу.

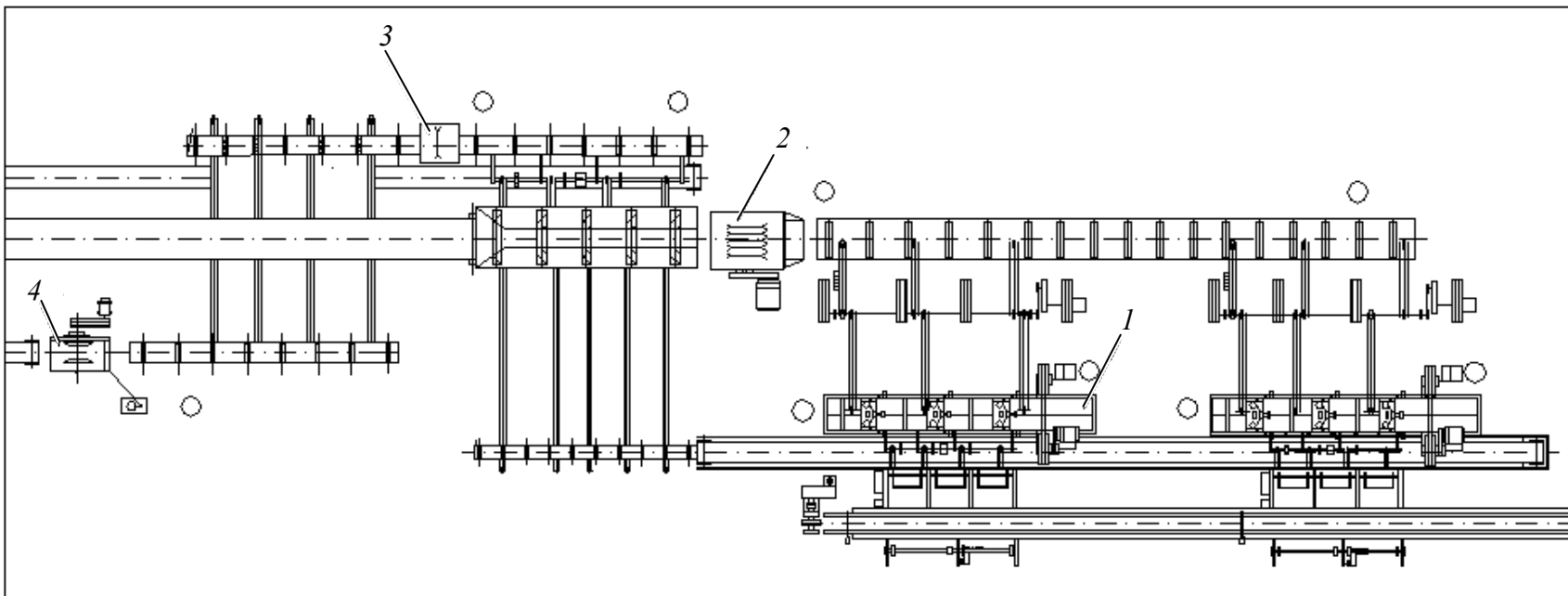


Рис. 16. Схема расположения оборудования в цехе на базе горизонтальных ленточнопильных и круглопильных станков:
1 – однопильный горизонтальный ленточнопильный станок; 2 – круглопильный станок для распиловки бруса;
3 – торцовочный станок; 4 – фрезерно-обрезной станок

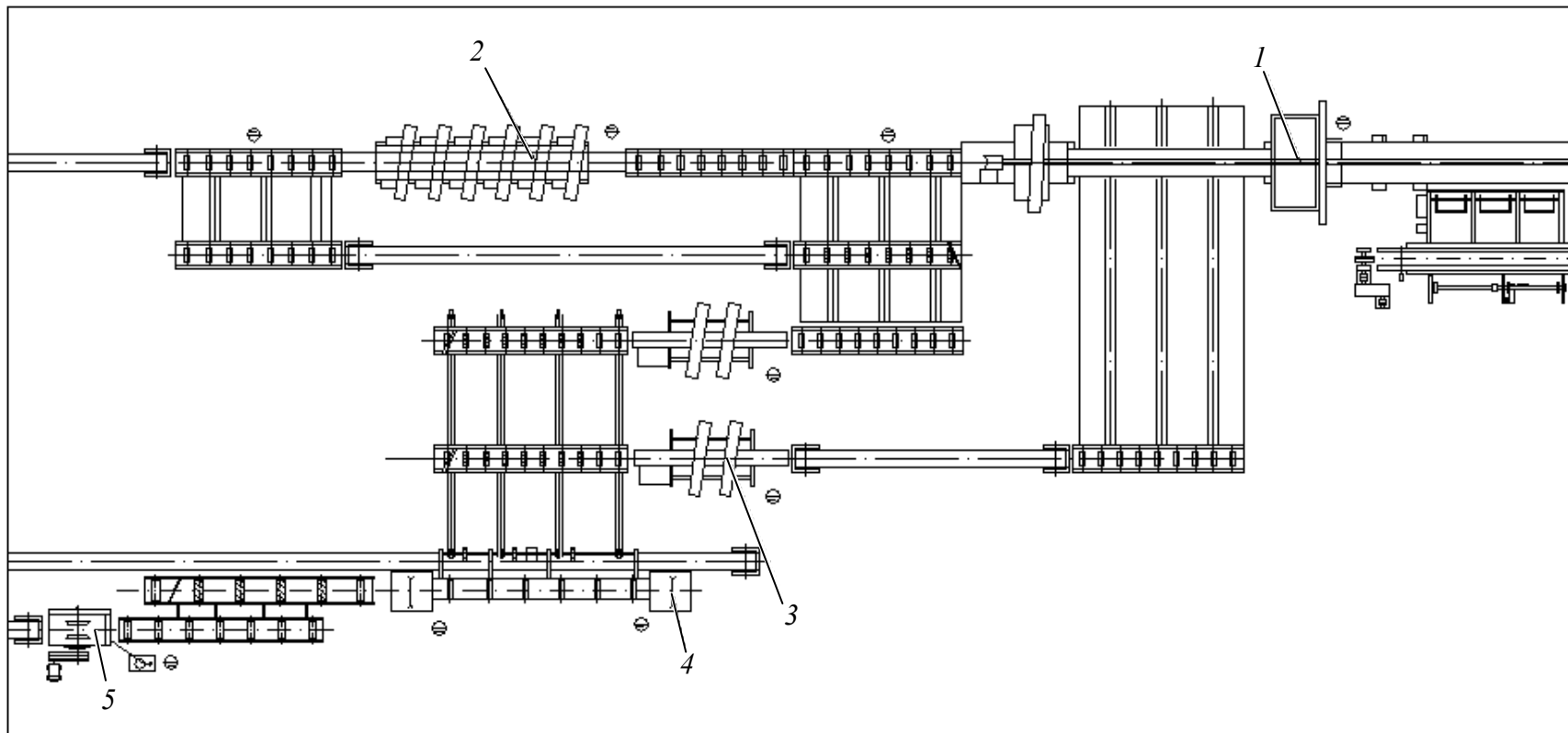


Рис. 17. Схема расположения оборудования в цехе на базе ленточнопильного оборудования фирмы «Гравитон»:
 1 – комбинированный ленточнопильный станок КЛБ; 2 – многопильный ленточнопильный станок МЛК;
 3 – многопильный ленточнопильный станок для распиловки горбылей СПГ;
 4 – торцовочный станок; 5 – фрезерно-обрезной станок

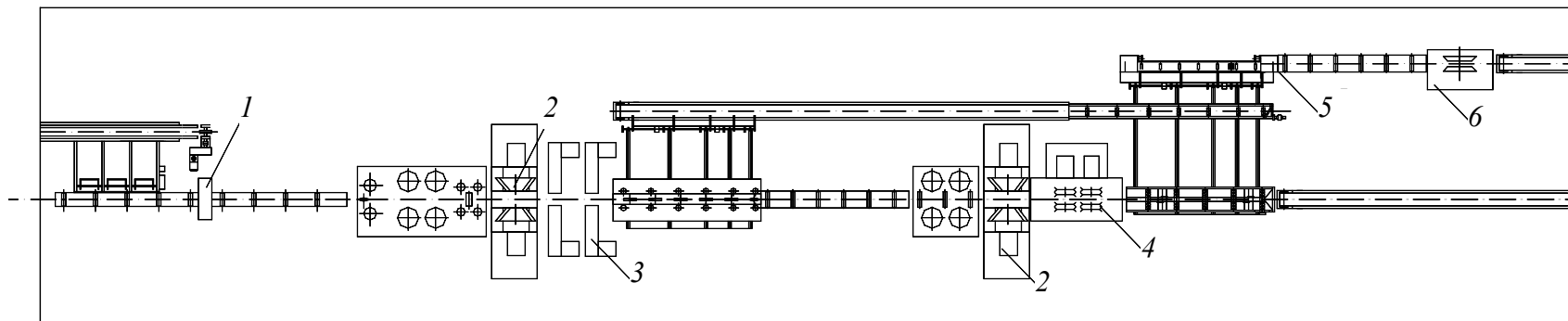


Рис. 18. Схема расположения оборудования в цехе на базе ленточнопильных и круглопильных станков с фрезерными модулями:

1 – измерительное устройство; 2 – фрезерный модуль;

3 – два двухпильных ленточнопильных станка;

4 – двухвальный многопильный круглопильный станок;

5 – торцовочный станок; 6 – фрезерно-обрезной станок

Затем из бревна выпиливают доски на двух двухпильных ленточнопильных станках. Пилы в этих станках могут перемещаться одна относительно другой в зависимости от толщины досок и бруса.

Брусья также проходят через фрезерный модуль, а затем на круглопильном многопильном станке их распиливают на обрезные доски.

Необрезные доски, выпиленные из бревна и бруса, передаются на фрезерно-обрезной станок. В этом потоке не требуется установка рубильных машин для переработки кусковых отходов.

Интерес представляет фрезерно-пильная линия для переработки бревен фирмы «SAB» (Германия) (рис. 19). Линия состоит из двухстороннего фрезерно-брусующего станка PSP600, двухвального круглопильного станка DWRK350/4 и круглопильного станка для радиальной распиловки KSM300.

Станок KSM300 включает установку с вертикальными пилами DWS300 и установку с горизонтальными пилами HS300. На линии можно перерабатывать бревна диаметром до 50 см и длиной 3–6 м. Скорость подачи – 33–50 м/мин.

Окоренные бревна продольным и поперечным цепными конвейерами подаются на загрузочное устройство фрезерно-брусующего станка, а затем на круглопильный станок. В результате обработки получают двухкантный брус, необрезные доски из боковой зоны бревна и технологическую щепу.

Особенностью линии является то, что в ней предусмотрена рециркуляция (петля возврата) брусьев. Двухкантный брус системой конвейеров возвращается к фрезерно-брусующему и круглопильному станкам и происходит его повторная обработка, т. е. получают четырехкантный брус, необрезные доски и щепу. Четырехкантный брус системой конвейеров передается на круглопильный многопильный станок и распиливается на обрезные доски. В случае, если необходимо распилить их по ширине, включаются горизонтальные пилы, которые могут регулироваться по высоте в зависимости от требований спецификации досок.

Необрезные доски, выпиленные в первом и втором проходах, системой конвейеров передаются на торцовочную установку проходного типа и далее на фрезерно-обрезной станок. Обрезные доски, выпиленные из бруса, поступают на автоматическую установку штабелирования, где формируется сушильный штабель. Обрезные доски после обрезного станка поступают на сортировочную установку. Управление работой станков и линии в целом автоматизированное.

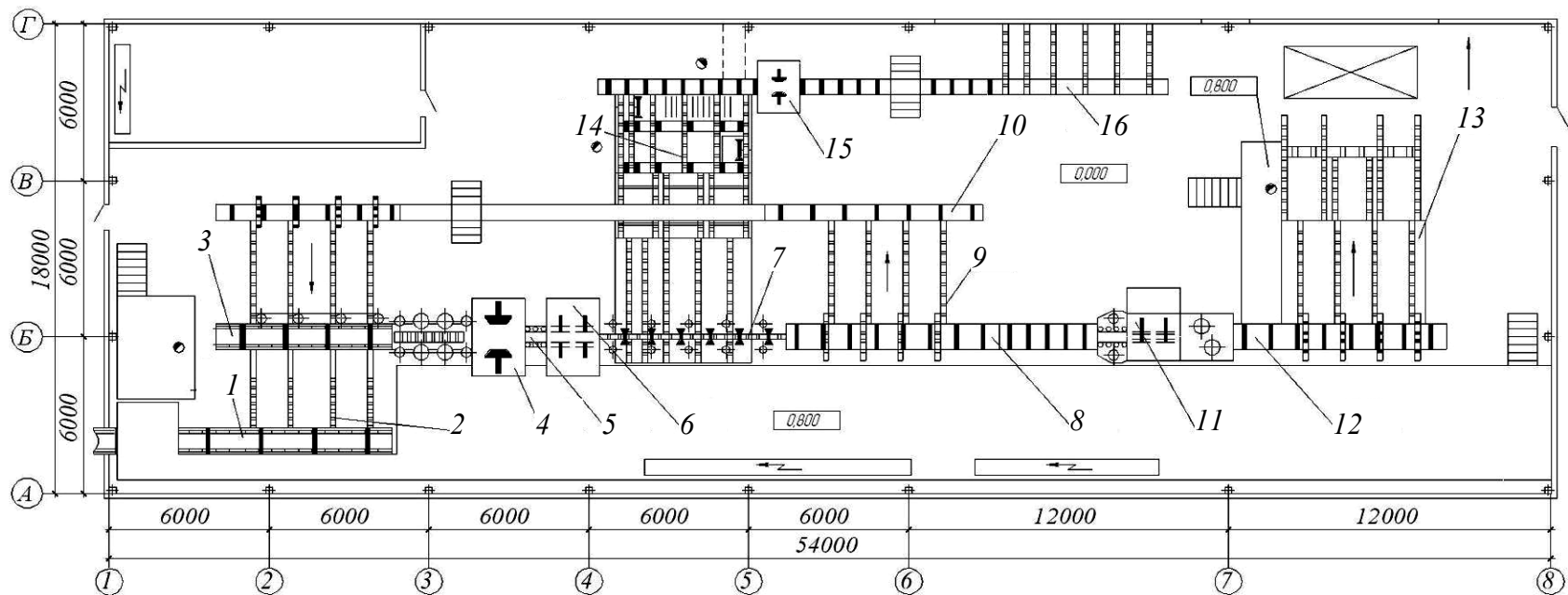


Рис. 19. Схема лесопильного цеха на базе фрезернопильного оборудования:

- 1 – продольный цепной конвейер; 2 – поперечный цепной конвейер; 3 – загрузочное устройство; 4 – фрезерно-брусующий станок; 5 – центrovочно-загрузочное устройство; 6 – двухвальный круглопильный станок; 7 – отделитель досок; 8, 12 – рольганг; 9 – цепной поперечный конвейер; 10 – система конвейеров для возврата бруса; 11 – круглопильный станок; 13 – штабелирующая установка; 14 – торцовочная установка; 15 – фрезерно-обрезной станок; 16 – система конвейеров для обрезных досок

4.5. Методика разработки технологических схем лесопильных потоков

Начинают разработку схемы с выбора и определения количества технологического оборудования с учетом размеров и качества сырья и пилопродукции, способов и схем переработки лесоматериалов, объемов производства и других требований.

Выбор оборудования выполняют с учетом его технических показателей, а определение количества станков – с учетом их производительности и требований синхронности работы в потоке всех станков. Методика выбора и расчета оборудования лесопильного цеха приведена в разделе 3.

После расчета технологического оборудования выбирают необходимое вспомогательное и транспортное оборудование для установки в потоке. Схемы такого оборудования подробно описаны и приведены в специальной литературе [8, 10, 12, 14].

Схемы организации работы на лесопильных рамах, на обрезных и торцовочных станках, на круглопильных и ленточнопильных станках и фрезернопильных линиях приведены выше (подразделы 4.1–4.4).

Приведенные схемы используют как примеры размещения оборудования при разработке технологического плана лесопильного цеха. При этом на плане показывают также вспомогательное и транспортное оборудование для механизации трудоемких операций (цепные, роликовые, ленточные конвейеры, сбрасыватель бревен, брусоперекладчик и др.).

Рассмотрим пример разработки технологического плана лесопильного цеха на базе одноэтажных лесопильных рам.

Пример 20. В лесопильном цехе распиливают бревна хвойных пород диаметром 20 см вразвал, а диаметром 24 см – с брусочкой на лесопильных рамах Р63-4Б в соответствии с планом раскроя, который приведен в табл. 5 (с. 29). Производительность лесорам определена в примере 8, а загрузка лесорам приведена в табл. 9 (с. 42).

Выбор и расчет торцовочных и обрезных станков для этого лесопильного потока приведены в примере 14. Разработать технологическую схему лесопильного цеха для приведенных выше условий.

Решение. В соответствии с приведенными условиями и выполненными ранее расчетами в лесопильном цехе установлены

две лесопильные рамы Р63-4Б, торцовочный стол со станками ЦКБ 40-01 и обрезной станок Ц2Д-7А.

При размещении оборудования учитываем, что лесорама распиливает бревна вразвал и с брусочкой, т. е. предусматриваем применение брусоперекладчика и впередирамных тележек. За лесорамой I ряда устанавливаем роликовый конвейер для перемещения брусков, досок и горбылей, а за лесорамой II ряда – конвейер с разделительными пластинами, между которыми перемещаются обрезные доски, а необрезные доски и горбыли сбрасываются на поперечный цепной конвейер.

Поперечный цепной конвейер перемещает необрезные доски и горбыли к торцовочному станку. На торцовочном станке выполняют торцовку досок при необходимости (гнилые и горбыльные участки и др.), а затем передают их на обрезной станок. Горбыли сбрасываются на ленточный конвейер, который выносит их из цеха. На этот же конвейер сбрасываются рейки от обрезного станка.

Отметим, что при необходимости на обеих лесопильных рамах можно распиливать бревна вразвал на необрезные доски. Для перемещения необрезных досок из цеха предусмотрена установка ленточных конвейеров.

Разработанная технологическая схема приведена на рис. 20а и 20б. На этих рисунках для большей наглядности расположены по отдельности участок лесопильных рам и участок переработки досок. В проекте студенты выполняют чертеж схемы в соответствующем масштабе. По необходимости приводят разрез цеха, пример которого дается на рис. 20б.

Пример оформления спецификации установленного в цехе оборудования дан на рис. 21.

Расположение оборудования в потоке должно обеспечивать выполнение основных принципов проектирования лесопильных потоков:

- технологические операции выполняются последовательно по потоку;
- предусмотрены требуемые расстояния между оборудованием;
- имеется чередование продольного и поперечного перемещения лесоматериалов;
- технологические и транспортные операции в потоке выполняются синхронно;
- предусмотрено удаление отходов в местах их образования (за лесорамой, у торцовочных и обрезных станков).

стен до станков должны соответствовать требованиям стандартов по безопасности труда.

На плане проставляют размеры между оборудованием вдоль и поперек цеха и указывают расстояние оборудования от продольных и поперечных стен (колонн) цеха. Эти расстояния, а также ширину проездов, проходов определяют в зависимости от размеров бревен и досок, а также с учетом требований техники безопасности, описанных в соответствующих стандартах.

Также на плане указывается уровень пола на участках цеха (например, на участке лесорам (+1,2 м)).

Кроме этого, определяют категорию здания по взрывопожарной и пожарной опасности и класс взрывоопасных и пожароопасных зон. Для лесопильных цехов это категория В и класс Па.

Технологические планы цехов выполняют в масштабах 1 : 100 в соответствии с требованиями стандартов.

В пояснительной записке дают описание технологического процесса в цехе по каждому потоку.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕСОПИЛЬНОГО ЦЕХА

Основными технико-экономическими показателями лесопильного цеха являются:

- среднесменная производительность установленной лесопильной рамы;
- сменная производительность цеха;
- годовая производительность цеха;
- комплексное использование сырья;
- коэффициент брусочки.

Среднесменную производительность установленной лесопильной рамы определяют:

- по количеству распиленного сырья

$$\Pi_p = B / P_y, \text{ м}^3;$$

- по количеству пропущенного сырья

$$\Pi_{\text{пр}} = (B_p + 2B_{\text{бр}}) / P_y, \text{ м}^3;$$

- по выпиленным пиломатериалам

$$\Pi_{\text{пм}} = A_{\text{ф}} / P_y, \text{ м}^3,$$

где B – общее количество распиленного сырья, необходимого для выпилки 1000 м^3 пиломатериалов, м^3 ; $P_y = P_p + 2P_{\text{бр}}$ – общее количество рамо-смен, необходимое для выпилки 1000 м^3 пиломатериалов; P_p и $P_{\text{бр}}$ – соответственно количество рамо-смен, отработанных при распиловке вразвал и с брусочкой, P_p и $P_{\text{бр}}$ принимаются по табл. 9 (с. 42); B_p и $B_{\text{бр}}$ – количество сырья, которое распиливается соответственно вразвал или с брусочкой, м^3 ; $A_{\text{ф}}$ – количество фактически выпиленных пиломатериалов, м^3 .

Сменную производительность цеха определяют:

- по распиленному сырью

$$\Pi_{\text{ц(с)}} = \Pi_p \cdot N, \text{ м}^3;$$

- по выпиленным пиломатериалам

$$\Pi_{\text{ц(пм)}} = \Pi_{\text{пм}} \cdot N, \text{ м}^3,$$

где N – количество установленных лесопильных рам в цехе, шт.

Годовую производительность цеха определяют:

- по распиленному сырью

$$\Pi_{\text{Г(с)}} = \Pi_p \cdot N \cdot M \cdot Z \cdot K_{\text{г}}, \text{ м}^3;$$

– по выпиленным пиломатериалам

$$\Pi_{\text{пм}} = \Pi_{\text{пм}} \cdot N \cdot M \cdot Z \cdot K_{\Gamma}, \text{ м}^3;$$

– по выпуску технологической щепы

$$\Pi_{\Gamma(\text{щ})} = \Pi_{\Gamma(\text{с})} \cdot \eta_{\Gamma.\text{щ}} / 100, \text{ м}^3,$$

где M – количество рабочих дней в году; Z – сменность работы оборудования; K_{Γ} – поправочный коэффициент на среднегодовые условия, который зависит от температурной зоны, в которой расположено предприятие, для Брестской, Гомельской, Гродненской и Минской областей $K_{\Gamma} = 0,96$, для Витебской и Могилевской областей $K_{\Gamma} = 0,93$; $\eta_{\Gamma.\text{щ}}$ – процент технологической щепы по балансу древесины, %.

Отметим, что по результатам расчетов годовой производительности цеха и с учетом баланса древесины по плану раскроя (табл. 8, с. 35) рассчитывают баланс древесины на годовую программу.

Комплексное использование сырья определяют по балансу древесины:

$$\eta_{\text{ком}} = \eta_{\text{пм}} + \eta_{\text{щ}} + \eta_{\text{оп}}, \%$$

Коэффициент брусочки определяют:

– по рамо-сменам

$$K_{\text{р}} = P_{\text{бр}} / P_{\text{у}};$$

– по сырью

$$K_{\text{с}} = B_{\text{бр}} / B.$$

Отметим, что по коэффициенту брусочки можно сравнивать показатели работы лесопильных цехов. Например, если первый цех имеет $K_{\text{с}} = 1$, а другой $K_{\text{с}} = 0,5$, тогда можно сказать, что производительность второго цеха по распиленному сырью выше, чем производительность первого цеха. Однако в первом цехе будет больше объемный выход спецификационных пиломатериалов по сравнению с другим цехом, потому что при распиловке с брусочкой рассеивание досок по размерам меньше.

Основные технико-экономические показатели приводятся в пояснительной записке по форме табл. 12 (с. 93).

Пример 21. Рассчитать технико-экономические показатели лесопильного цеха для условий примера 8 с учетом плана раскроя бревен (табл. 5, с. 29) и баланса древесины (табл. 8, с. 35): распилено бревен всего $B = 1583,3 \text{ м}^3$, из них вразвал $B_{\text{р}} = 1029,1 \text{ м}^3$ и с брусочкой $B_{\text{бр}} = 554,2 \text{ м}^3$; выпилено досок $A_{\text{ф}} = 999,9 \text{ м}^3$;

необходимое количество рамо-смен при распиловке вразвал $P_p = 26,8$, с брусочкой $P_{бр} = 2 \cdot 11,1 = 22,2$, всего $P_y = 49$ (табл. 9, с. 42).

Решение. Среднесменная производительность установленной рамы:

– по распиленному сырью

$$P_p = 1583,3 / 49 = 32,3 \text{ м}^3;$$

– по пропущенному сырью

$$P_{пр} = (1029,1 + 2 \cdot 554,2) / 49 = 43,6 \text{ м}^3;$$

– по выпиленным пиломатериалам

$$P_{пм} = 999,9 / 49 = 20,4 \text{ м}^3.$$

Сменная производительность цеха:

– по распиленному сырью

$$P_{ц(с)} = 32,3 \cdot 2 = 64,6 \text{ м}^3;$$

– по выпиленным пиломатериалам

$$P_{ц(пм)} = 20,4 \cdot 2 = 40,8 \text{ м}^3.$$

Годовая производительность цеха:

– по распиленному сырью

$$P_{г(с)} = 32,3 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 0,96 = 31\,008 \text{ м}^3;$$

– по выпиленным пиломатериалам

$$P_{г(пм)} = 20,4 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 0,96 = 19\,584 \text{ м}^3;$$

– по количеству выработанной технологической щепы

$$P_{г(щ)} = 31\,008 \cdot 16,64 / 100 = 5159,7 \text{ м}^3.$$

Комплексное использование сырья:

$$\eta_{ком} = 63,15 + 16,64 + 15,09 = 94,88\%.$$

Коэффициент брусочки:

– по рамо-сменам

$$K_p = 22,2 / 49 = 0,45;$$

– по сырью

$$K_c = 554,2 / 1583,3 = 0,35.$$

Результаты расчета технико-экономических показателей приведены в табл. 12.

Таблица 12

Технико-экономические показатели цеха

Название показателя	Единица измерения	Значение
1. Исходные данные:		
количество установленных лесорам	шт.	2
количество рабочих дней в году	дней	250
продолжительность смены	ч	8
сменность работы оборудования	смен	2
2. Расчетные показатели		
2.1. Производительность рамо-смены:		
а) по распиленному сырью	м ³	32,3
б) по пропущенному сырью	м ³	43,6
в) по выпиленным пиломатериалам	м ³	20,4
2.2. Сменная производительность цеха:		
а) по распиленному сырью	м ³	64,6
б) по выпиленным пиломатериалам	м ³	40,8
2.3. Коэффициент брусочки:		
а) по сырью	–	0,35
б) по рамо-сменам	–	0,45
2.4. Объемный выход пиломатериалов	%	63,15
2.5. Комплексное использование древесины	%	94,88
2.6. Годовая производительность цеха:		
а) по распиленному сырью	м ³	31 008
б) по выпиленным пиломатериалам	м ³	19 584
в) по выпуску технологической щепы	м ³	5159,7
2.7. Количество установленного оборудования:		
а) обрезных станков	шт.	1
б) торцовочных станков (установок)	шт.	1
в) рубильных машин	шт.	1
2.8. Установленная мощность оборудования	кВт	190,8
2.9. Количество рабочих	человек	14

При анализе технико-экономических показателей их сравнивают со средними данными лесопильных предприятий Республики Беларусь, которые изучаются студентом в период технологической практики.

6. ОБОРУДОВАНИЕ СКЛАДОВ СЫРЬЯ И ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Лесопильные предприятия в своем составе имеют склады сырья, которые предназначены для приемки, выгрузки, хранения и подготовки бревен к распиловке (сортировка, окорка, тепловая обработка).

Склады пиломатериалов предназначены для хранения, атмосферной сушки, окончательной обработки (контроль качества, торцовка досок в размер по длине, маркировка и сортировка по качеству и по длине) и отгрузки пилопродукции.

В специальной литературе [3] достаточно полно описаны технологические процессы на складах лесопильных предприятий. Напомним, что на складах сырья и пилопродукции применяют грузоподъемное и транспортное оборудование, сортировочные устройства, станки для окорки и др.

При проектировании складов лесопильных предприятий нужно выбрать тот или иной тип оборудования с учетом объема перерабатываемого сырья и выпуска пилопродукции, способов доставки бревен и отгрузки досок, а также других конкретных условий (территории и площади склада, его расположения относительно основных цехов и т. д.).

Рассмотрим методику выбора и расчета основного оборудования склада сырья и пилопродукции.

6.1. Грузоподъемное и транспортное оборудование

Наибольшее распространение получили краны консольно-козловые и башенные. Схема работы консольно-козлового крана приведена на рис. 22, а схема работы башенного крана – на рис. 23. Краны выполняют следующие операции: выгрузку бревен из железнодорожных полувагонов; укладку бревен в штабели; подачу бревен на сортировочный конвейер; выгрузку бревен из лесонакопителей сортировочного конвейера и укладку их в штабели рассортированных бревен; подачу рассортированных бревен на загрузочные устройства продольных конвейеров лесопильного цеха.

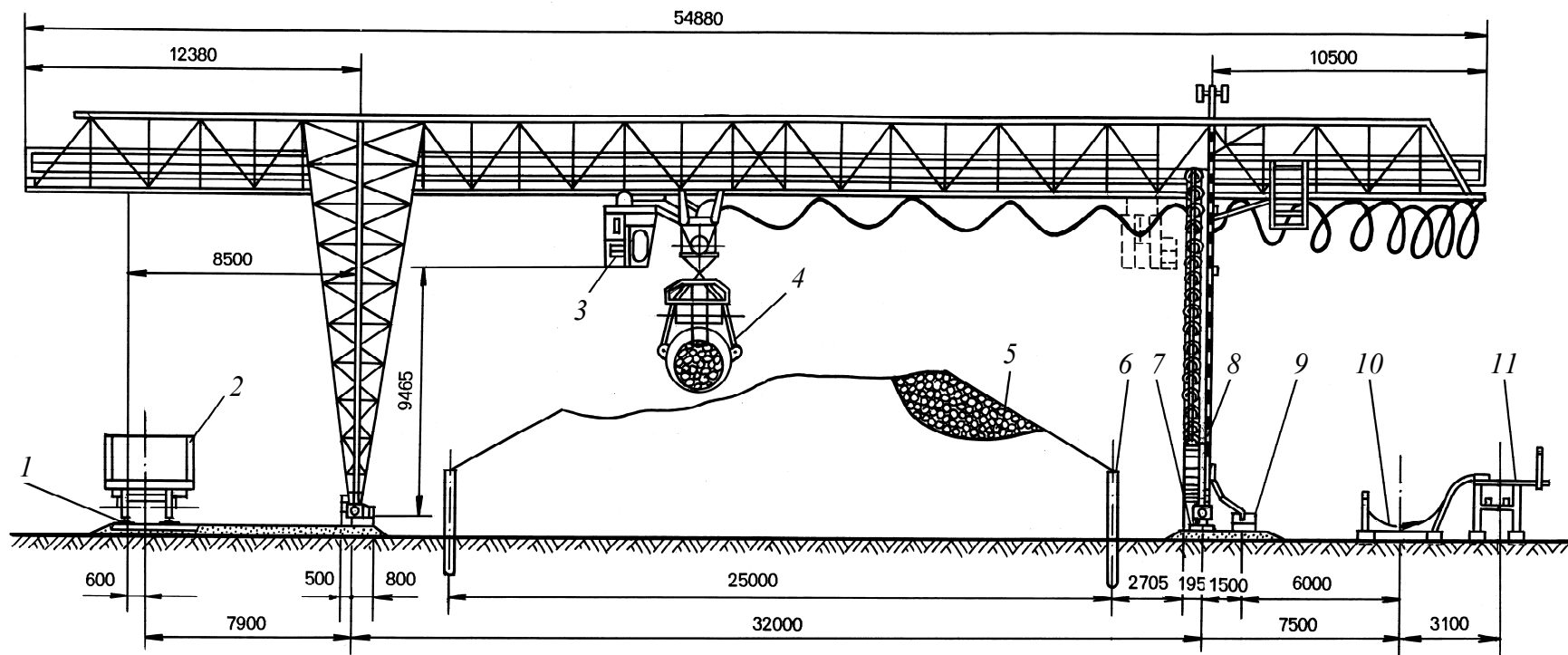


Рис. 22. Схема работы консольно-козлового крана:
 1 – железнодорожный путь; 2 – полувагон; 3 – кабина оператора; 4 – грейфер;
 5 – штабель бревен; 6 – стойка штабеля; 7 – подкрановый путь;
 8 – кран; 9 – питающий кабель;
 10 – лесонакопители; 11 – сортировочный конвейер

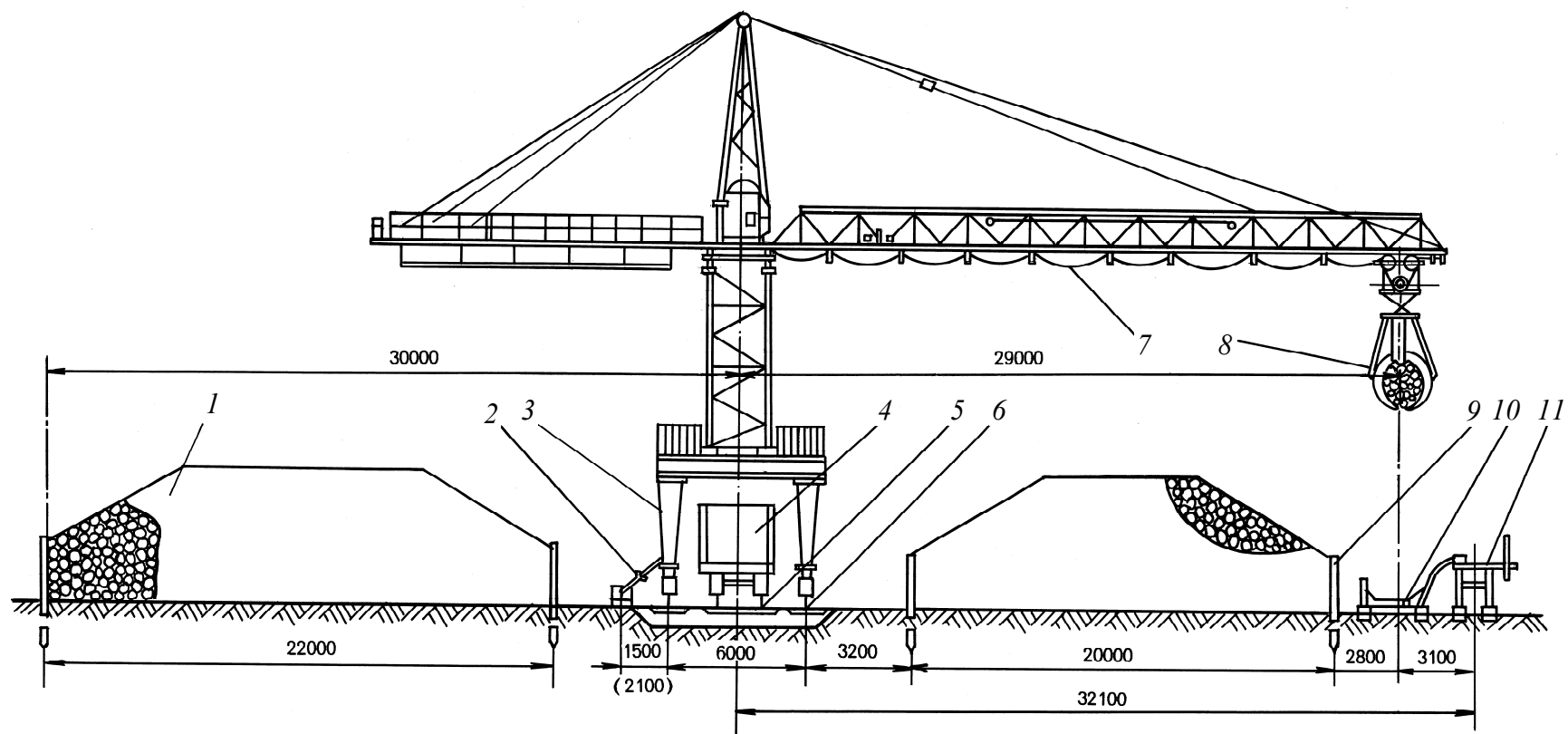


Рис. 23. Схема работы башенного крана:

- 1 – штабель бревен; 2 – питающий кабель; 3 – кран; 4 – полувагон; 5 – железнодорожный путь;
 6 – подкрановый путь; 7 – стрела крана; 8 – грейфер; 9 – стойка штабеля; 10 – лесонакопители;
 11 – сортировочный конвейер

Технические характеристики кранов приведены в специальной литературе [3], а также частично в табл. 28 приложения. Для захвата пачки бревен могут применяться канатные стропы или грейферы, например вибромоторные ВМГ-10.

Оснащение кранов грейферами позволяет избавиться от тяжелой и опасной работы стропальщиков, уменьшить количество рабочих и повысить производительность кранов. Для подъема и перемещения пакетов досок применяют крановые захваты вилочного ЗВ-3 или портального ЗП-2 типов. Их применение содействует повышению производительности кранов.

Производительность кранов определяют по формуле

$$\Pi = \frac{G}{10 \cdot \rho} \cdot \frac{T}{t_{\text{ц}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ м}^3,$$

где G – грузоподъемность крана, кН; ρ – плотность древесины ($\rho = 700\text{--}800 \text{ кг/м}^3$); T – длительность смены, мин; $t_{\text{ц}}$ – длительность цикла работы крана, мин; K_1 – коэффициент использования рабочего времени крана ($K_1 = 0,6\text{--}0,8$); K_2 – коэффициент использования грузоподъемности крана ($K_2 = 0,8\text{--}0,9$).

Продолжительность цикла работы крана:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot l_{\text{ср}}}{V_1} + \frac{2 \cdot h_{\text{ср}}}{V_2} + \frac{2 \cdot h_{\text{ср}}}{V_3} + t_3,$$

где $l_{\text{ср}}$ – среднее расстояние перемещения тележки с грузом, м; $h_{\text{ср}}$ – средняя высота подъема и опускания груза, м; V_1 – скорость перемещения грузовой тележки, м/мин; V_2 и V_3 – скорость подъема и опускания груза и строп (грейферов), м/мин; t_3 – продолжительность захвата и отцепки пачки (захвата грейфером), мин.

Необходимое количество кранов определяют с учетом объема сырья, которое требуется выгрузить или уложить в штабель или подать на конвейер, и производительности крана при выполнении той или иной работы.

Для выгрузки бревен из полувагонов либо автомашин, укладки их в штабели, выгрузки леса из накопителей, перевозки бревен на складе могут применяться колесные лесопогрузчики, например лесопогрузчики «Амкодор 352Л» и «Амкодор 352Л1». Применение лесопогрузчиков обеспечивает комплексную механизацию работ, но для их успешной работы обязательным условием является наличие на складе дорог и площадок с твердым покрытием.

Производительность лесопогрузчиков определяется по выше-приведенной формуле для кранов.

Необходимое количество лесопогрузчиков определяют с учетом объема грузооборота и их производительности при выполнении той или другой операции.

На складах для перемещения бревен применяют продольные или поперечные цепные конвейеры. Порядок их расчета приведен в разделе 3.7.

На складах пиломатериалов для укладки пакетов в штабели, загрузки их на автомобили и разгрузки транспортных средств применяют автопогрузчики с вилочным механизмом. Техническая характеристика лесопогрузчиков приведена в табл. 29 приложения.

Пакеты пиломатериалов перевозят автолесовозами. Например, автолесовоз Т-140М2 применяют для перевозки плотных пакетов досок от сортировочного конвейера на склад пиломатериалов, а также для перевозки сушильных пакетов от пакетоформирующей машины к сушилкам.

Производительность лесовозов определяют по формуле

$$\Pi_{\text{л}} = \frac{T}{t_{\text{ц}}} \cdot q_{\text{п}} \cdot K, \text{ м}^3,$$

где T – продолжительность смены, мин; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла работы с одним пакетом, мин; $q_{\text{п}}$ – емкость пакета, м^3 ; K – коэффициент использования рабочего времени ($K = 0,75-0,80$).

Продолжительность цикла работы с одним пакетом:

$$t_{\text{ц}} = \frac{S}{V_1} + \frac{S}{V_2} + t_3, \text{ мин},$$

где S – расстояние перевозки пакета, м; V_1 и V_2 – скорость перемещения лесовоза соответственно с грузом и порожняком, м/мин; t_3 – продолжительность захвата и укладки пакета, мин.

Емкость пакета

$$q_{\text{п}} = H \cdot B \cdot L \cdot K_{\text{п}}, \text{ м}^3,$$

где H , B , L – высота, ширина, длина пакета, м; $K_{\text{п}}$ – коэффициент укладки пакета: для плотных пакетов $K_{\text{п}} = 0,85-0,90$, для сушильных пакетов $K_{\text{п}} = 0,5-0,7$.

Необходимое количество лесовозов определяют по формуле

$$n = \frac{Q \cdot K}{\Pi_{\text{л}}}, \text{ шт.},$$

где Q – количество пиломатериалов, которые необходимо перевести за смену, м^3 ; $K = 1,25$ – коэффициент неравномерности грузопотока; $\Pi_{\text{л}}$ – сменная производительность лесовоза, м^3 ;

Пример 21. Определить продолжительность выгрузки бревен из полувагонов краном ККЛ-8 с грейфером ВМГ-10. Кран укладывает бревна в штабель в пролете, а железнодорожные рельсы расположены под его консолью. Всего на лесозавод одновременно поступило 450 м^3 хвойных бревен.

Решение. Часовую производительность крана определяют по формуле

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{G \cdot T}{10 \cdot \rho \cdot t_{\text{ц}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ м}^3.$$

По технической характеристике кран ККЛ-8 имеет грузоподъемность 80 кН , размеры пролета – 40 м , консоли $2 \times 15 \text{ м}$. Высоту штабеля принимаем равной 10 м . Скорость подъема груза составляет 20 м/мин , скорость перемещения грузовой тележки – 63 м/мин .

Таким образом, продолжительность цикла работы крана составляет

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot \left(\frac{40}{2} + \frac{15}{2} \right)}{63} + \frac{2 \cdot \frac{10}{2}}{20} + \frac{2 \cdot \frac{10}{2}}{20} + 3 = 4,87 \text{ мин.}$$

Тогда часовая производительность крана

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{80 \cdot 60}{10 \cdot 0,7 \cdot 4,87} \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 78,9 \text{ м}^3.$$

Продолжительность выгрузки всех бревен составляет

$$t_{\text{в}} = \frac{450}{78,9} = 5,7 \text{ ч.}$$

Методика расчета транспортного оборудования показана в примере 22.

Пример 22. Определить необходимое количество лесовозов Т-140М для перевозки пакетов досок от сортировочной установки к пакетформирующей машине на складе пиломатериалов. Расстояние перевозки составляет 600 м , лесопильный цех выпускает 300 м^3 досок в смену, средняя длина досок 5 м .

Решение. Определим сменную производительность лесовозов:

$$П_{л} = \frac{T}{t_{ц}} \cdot q_{п} \cdot K_{р}, \text{ м}^3.$$

Для этого сначала определим цикл работы лесовоза:

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

Продолжительность загрузки и выгрузки лесовоза принимаем

$$t_1 = t_2 = 1,5 \text{ мин.}$$

Продолжительность перевозки пакетов досок и продолжительность холостого хода лесовоза определяем по формулам соответственно:

$$t_3 = \frac{S}{V_p}; \quad t_4 = \frac{S}{V_x},$$

где $S = 600$ м – расстояние перевозки досок; V_p и V_x – соответственно скорость рабочего и холостого хода лесовоза. По технической характеристике принимаем $V_p = 15 \text{ км/ч} = 250 \text{ м/мин}$, а $V_x = 25 \text{ км/ч} = 417 \text{ м/мин}$.

Тогда

$$t_3 = \frac{600}{250} = 2,4 \text{ мин}; \quad t_4 = \frac{600}{417} = 1,4 \text{ мин.}$$

Цикл работы лесовоза составит

$$t_{ц} = 1,5 + 1,5 + 2,4 + 1,4 = 6,8 \text{ мин.}$$

Затем определим объем пакета досок:

$$q_{п} = H \cdot B \cdot L \cdot K_{п}.$$

Ширина B и высота H пакета досок определяются по технической характеристике лесовоза (табл. 29 приложения), а длина L – средней длиной досок. Коэффициент укладки пакета зависит от вида пакета. Для транспортного (плотного) пакета $K_{п} = 0,8$.

Тогда емкость пакета досок

$$q_{п} = 1,35 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 0,8 = 7,02 \text{ м}^3.$$

Коэффициент использования рабочего времени принимаем $K_{р} = 0,75$.

Таким образом, сменная производительность лесовоза составляет

$$П_{л} = \frac{480}{6,8} \cdot 7,02 \cdot 0,75 = 371,6 \text{ м}^3.$$

Значит, один лесовоз обеспечит перевозку досок, которые выпиливает лесопильный цех.

6.2. Оборудование для сортировки бревен

Для обеспечения рационального использования древесины и повышения производительности лесопильного цеха необходимо распиливать бревна, предварительно рассортированные по породам, размерам и сортам.

Количество размерных групп бревен (дробность сортировки) можно определить по формуле

$$C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3,$$

где C_1 , C_2 и C_3 – дробность сортировки соответственно по породам, размерам и качеству.

По породам древесины (хвойные и лиственные) бревна поступают на лесопильный завод, и их распиловка осуществляется отдельно.

По качеству бревна рекомендуют распределять на 2–3 группы. Распиловка рассортированных бревен по отдельным поставкам позволяет получить более высокий выход качественных пиломатериалов.

Наиболее важной является сортировка бревен по диаметрам. По размерам вершинных диаметров бревна рекомендуется распределять по группам с точностью ± 1 см (один четный диаметр). Если доля крупных или тонких бревен в общем объеме небольшая (до 3%), их можно распределять с точностью ± 2 см (два четных диаметра). Например, для спецификации бревен с диапазоном диаметров 14–32 см при распределении их по четным диаметрам дробность сортировки составит 10, это значит, что нужно иметь не меньше, чем 10 лесонакопителей на сортировочном конвейере.

Наиболее эффективной является сортировка бревен по поставкам. При этом достигается максимальный выход спецификационных пиломатериалов, уменьшается количество сортировочных групп бревен и их необходимый запас.

Все это позволяет повысить эффективность лесопильного производства. Оптимальные сортировочные группы бревен опре-

деляют с помощью ЭВМ с учетом индивидуальных особенностей бревен и спецификации досок.

Для сортировки бревен применяют специальные устройства с продольным или с поперечным перемещением лесоматериалов. Основными операциями сортировочных устройств являются: поштучная подача бревен на распределительный конвейер, обмер бревен, определение их качества, выбор лесонакопителя и сбрасывание бревен в соответствующий лесонакопитель.

В состав сортировочного устройства входят распределительный конвейер, измеритель диаметров, сбрасыватели бревен и система управления.

Например, распределитель бревен РБ2-12 (рис. 24) предназначен для автоматизированной сортировки лесоматериалов по диаметрам. Распределитель имеет секционно-модульную конструкцию. Это позволяет изменять количество накопителей и компоновку сортировочного устройства в зависимости от конкретных производственных условий (площади склада, типа грузоподъемного механизма и т. д.).

Распределитель включает разобщик гребенчатого типа, с помощью которого бревно механизмом поштучной подачи подается к измерителю диаметров и дальше на сортировочный конвейер. Вдоль конвейера по обе стороны установлены металлические лесонакопители, в которые бревна сбрасываются двухсторонними рычажными сбрасывателями.

Из накопителей бревна с помощью кранов или колесных лесопогрузчиков укладываются в штабели.

Распределитель позволяет сортировать бревна диаметром 10–60 см и длиной 4–7 м на 14 размерных групп. Производительность конвейера – до 700 бревен/ч. Его обслуживают два оператора.

Длина распределительного участка сортировочного конвейера зависит от размещения лесонакопителей – с одной или с двух сторон конвейера. Если лесонакопители расположены с двух сторон конвейера, то его длина

$$l_k = \frac{C}{2} \cdot (L_{\max} + a),$$

где C – дробность сортировки, т. е. количество сортировочных групп бревен, шт.; L_{\max} – наибольшая длина бревна, м; a – расстояние между соседними лесонакопителями по длине конвейера, м; $a = 1,5–2,0$ м.

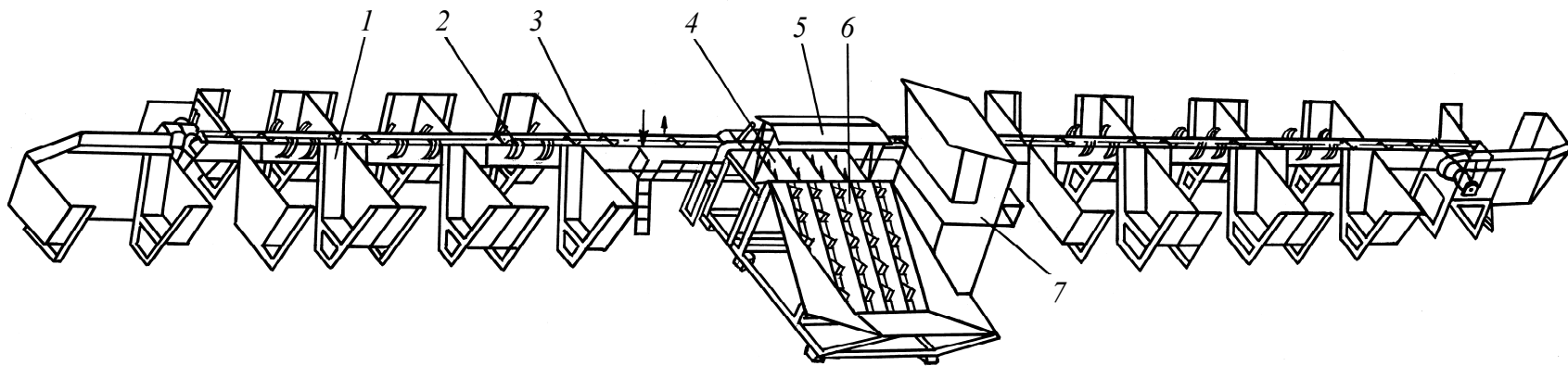


Рис. 24. Распределитель бревен РБ2-12:
1 – лесонакопители; 2 – сбрасыватели бревен;
3 – сортировочный конвейер; 4 – устройство поштучной подачи;
5 – система обмера бревен; 6 – разобщик бревен;
7 – кабина оператора

На складах сырья лесозаводов применяются сортировочные конвейеры, техническая характеристика которых приведена в табл. 30 приложения.

При выборе сортировочного конвейера надо учитывать количество сортировочных мест и производительность конвейера.

Часовую производительность сортировочного конвейера с продольным перемещением бревен определяют по формуле

$$П_k = \frac{3600 \cdot V}{L} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ бревен,}$$

где V – скорость движения цепи конвейера, м/с; L – средняя длина бревна, м; K_1 – коэффициент использования рабочего времени ($K_1 = 0,60–0,70$); K_2 – коэффициент использования тягового органа ($K_2 = 0,75–0,85$).

Расчет сортировочных установок включает: 1) определение дробности сортировки и выбор модели конвейера; 2) определение производительности конвейера и необходимого количества конвейеров для сортировки бревен с учетом производительности лесопильного цеха.

Пример 23. Лесопильный цех распиливает за год 80 тыс. м³ хвойных бревен, которые необходимо распределять по размерам (по четным диаметрам). Выбрать тип сортировочного конвейера для бревен и определить их требуемое количество, если бревна, которые поступают на завод, имеют диаметр от 14 до 32 см, средний диаметр – 20 см, средняя длина – 5 м, объем – 0,19 м³. Цех работает 250 дней в году в две смены.

Решение. Определяем дробность сортировки по четным диаметрам:

$$C = \frac{32 - 14}{2} + 1 = 10.$$

Значит, нужно выбрать сортировочный конвейер с количеством лесонакопителей не менее 10. Таким конвейером является ЛСБ-15.

Производительность сортировочного конвейера:

$$П_k = \frac{3600 \cdot 1,8}{5} \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 582 \text{ бревен/ч.}$$

Расчет необходимого количества сортировочных конвейеров ведут с учетом производительности лесоцеха. За час цех распиливает

$$\Pi_{\text{ц}} = \frac{80\,000}{8 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,19} = 105 \text{ бревен.}$$

Значит, один сортировочный конвейер обеспечит бесперебойную работу лесопильного цеха.

6.3. Окорочные станки

Окорка лесоматериалов перед распиловкой создает благоприятные условия для работы режущего инструмента. При этом уменьшается расход пил и увеличивается производительность лесопильного оборудования. При распиловке окоренных бревен увеличивается качество пиломатериалов и технологической щепы, кора собирается в одном месте, и ее можно более эффективно использовать.

Окорка бревен, заготовленных в загрязненных радионуклидами зонах, позволяет собрать и захоронить кору, в которой находятся радиоактивные вещества, тем самым предотвратить их распространение.

Выпускаются одно- или двухроторные станки (табл. 31 приложения). Двухроторные станки имеют окорочную и зачистную головки и обеспечивают лучшее качество окорки, чем однороторные. Однороторные станки предназначены для грубой окорки свежесрубленных и сплавных бревен, в основном хвойных, двухроторные – для качественной окорки хвойных и лиственных бревен. Станки однороторные (ОК40-2, ОК63-2) или двухроторные (2ОК40-2, 2ОК63-2) имеют ступенчатую скорость подачи бревен, которая составляет 0,2–1,0 м/с, и частоту вращения 250–400 мин⁻¹.

Сменную производительность окорочных станков определяют по формуле

$$\Pi = \frac{U \cdot T \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{L}, \text{ м}^3,$$

где U – скорость подачи, м/мин; T – продолжительность смены, мин; q и L – соответственно объем, м³, и длина, м, бревна; K_1 – коэффициент использования рабочего времени ($K_1 = 0,75–0,80$); K_2 – коэффициент использования машинного времени ($K_2 = 0,65–0,80$); K_3 – коэффициент, который учитывает повторный запуск бревен при некачественной окорке ($K_3 = 0,5–1,0$).

Качество окорки зависит от скорости подачи бревен, частоты вращения ротора, количества и силы прижима короснимателей.

Рациональную скорость подачи бревен можно определить по формуле

$$U = \frac{B \cdot Z \cdot n}{1000 \cdot K}, \text{ м/мин,}$$

где B – длина рабочей грани короснимателя, мм; Z – количество короснимателей на роторе, шт.; n – частота вращения ротора, мин^{-1} ; K – коэффициент, который учитывает кратность проходов короснимателей по одному и тому же месту бревна.

Установлено, что качество окорки при $K = 3$ будет высоким, $K = 2$ – нормальным, $K = 1,5$ – удовлетворительным, $K = 1$ – низким.

Скорость подачи бревен выбирается в зависимости от технических характеристик станков и состояния древесины (свежесрубленная, сплавная, подсушенная, оттаявшая и т. д.). Например, летом сплавную и свежесрубленную древесину можно окоривать с большей скоростью подачи, чем подсушенную, а зимой скорость подачи выбирают меньшую, чем летом.

При окорке лиственных бревен скорость подачи выбирают меньшую, чем при окорке хвойной древесины.

Пример 24. В лесопильном цехе распиливают свежесрубленные хвойные бревна. Средний диаметр бревен по спецификации составляет 22 см, длина – 6 м. Наибольший диаметр бревен – 36 см. Сменная производительность цеха по распиленному сырью составляет 160 м^3 .

Выбрать окорочный станок и определить, обеспечит ли он безостановочную работу лесопильного цеха, когда потребуется высокое качество окорки бревен.

Решение. Выбираем модель окорочного станка по наибольшему диаметру с учетом обеспечения необходимого качества окорки бревен.

Для условия примера комлевый диаметр бревен составляет

$$D = 36 + 1,16 \cdot 6 = 42,96 \text{ см.}$$

По техническим характеристикам выбираем станок 2ОК63-2, который имеет диаметр просвета 630 мм и обеспечивает высокое качество окорки.

Определяем рациональную скорость подачи бревен для этих условий:

$$U = \frac{50 \cdot 6 \cdot 200}{1000 \cdot 3} = 20 \text{ м/мин} = 0,33 \text{ м/с.}$$

Принимаем $U = 0,26 \text{ м/с}$ (табл. 31 приложения).

Сменная производительность станка составляет

$$\Pi = \frac{60 \cdot 0,26 \cdot 480 \cdot 0,28}{6} \cdot 0,75 \cdot 0,65 \cdot 1 = 170,3 \text{ м}^3.$$

Значит, окорочный станок обеспечит безостановочную работу цеха.

6.4. Разработка технологических схем складов сырья и пиломатериалов

Технологическая схема *склада сырья* предусматривает расположение на территории склада оборудования для выгрузки бревен, укладки их в штабели, сортировки, окорки, подачи в лесопильный цех для распиловки.

В подразделах 6.1–6.3 рассмотрены методики выбора и расчета грузоподъемного и транспортного оборудования, сортировочных устройств и окорочных станков. Там же приведены примеры и задачи, посвященные указанным вопросам.

При разработке технологической схемы необходимо учитывать характеристику сырья, способ и график доставки его на лесозавод, тип выбранного грузоподъемного и транспортного оборудования, объем производства и другие конкретные условия производства (территория склада, его размещение относительно основных цехов, рельеф местности, размещение железной и автомобильной дороги, водных путей и др.).

Разработку технологических схем складов сырья ведут с учетом выбранного оборудования и конкретных условий лесопильного завода. Размещение оборудования на складе осуществляют с соблюдением последовательности выполняемых работ:

- выгрузка бревен из транспорта;
- укладка и разборка штабелей бревен;
- сортировка бревен;
- транспортировка бревен в заводской бассейн;
- тепловая обработка бревен;
- окорка бревен;
- подача бревен в лесопильный цех.

При разработке технологических схем необходимо учитывать требования по охране труда и противопожарной безопасности:

- размеры штабелей устанавливают с учетом применяемого грузоподъемного оборудования и размеров бревен;

- разрывы между соседними штабелями и группой штабелей устанавливают в соответствии с нормативными документами;

- пожарные проезды должны иметь ширину не менее 6 м и располагаться так, чтобы к каждой группе штабелей можно было бы подъехать на автомашине; они всегда должны быть свободными;

- расстояние от штабелей до дороги должно быть не менее 8 м и не более 30 м;

- противопожарное водоснабжение складов с влажным хранением должно осуществляться из водоемов объемом не менее 100 м³ или от кольцевого противопожарного водопровода;

- расстояние от штабелей бревен до леса и населенных пунктов должно быть не менее 40 м, до магистральной железной дороги – 25 м, до других зданий – 20–40 м в зависимости от степени их огнестойкости.

Рассмотрим в качестве примера технологическую схему склада сырья, которая приведена на рис. 25.

Доставка сырья на лесозавод осуществляется сухопутным транспортом – автомобилями и по железной дороге. Выгрузка бревен и укладка их в штабели производится консольно-козловым краном. Железнодорожные рельсы размещены под одной консолью крана, который с помощью грейфера выгружает бревна из полувагонов. Под второй консолью размещается площадка для автотранспорта.

Сортировка бревен осуществляется на автоматизированном сортировочном конвейере, который расположен под консолью крана. В пролете крана размещаются штабели сортированных бревен. С помощью крана бревна подают на устройство для разборки пачек, а затем – на продольный цепной конвейер, который транспортирует бревна в бассейн перед окорочным цехом. После окорочки бревна поступают в лесопильный цех продольным и цепным конвейерами.

Расчет грузоподъемного и транспортного оборудования, сортировочных устройств, окорочных станков ведется с учетом их производительности и годовой мощности лесопильного цеха по объему распиленного сырья, графика доставки бревен на завод и других конкретных условий. Расчет ведут по методикам, приведенным в подразделах 6.1–6.3.

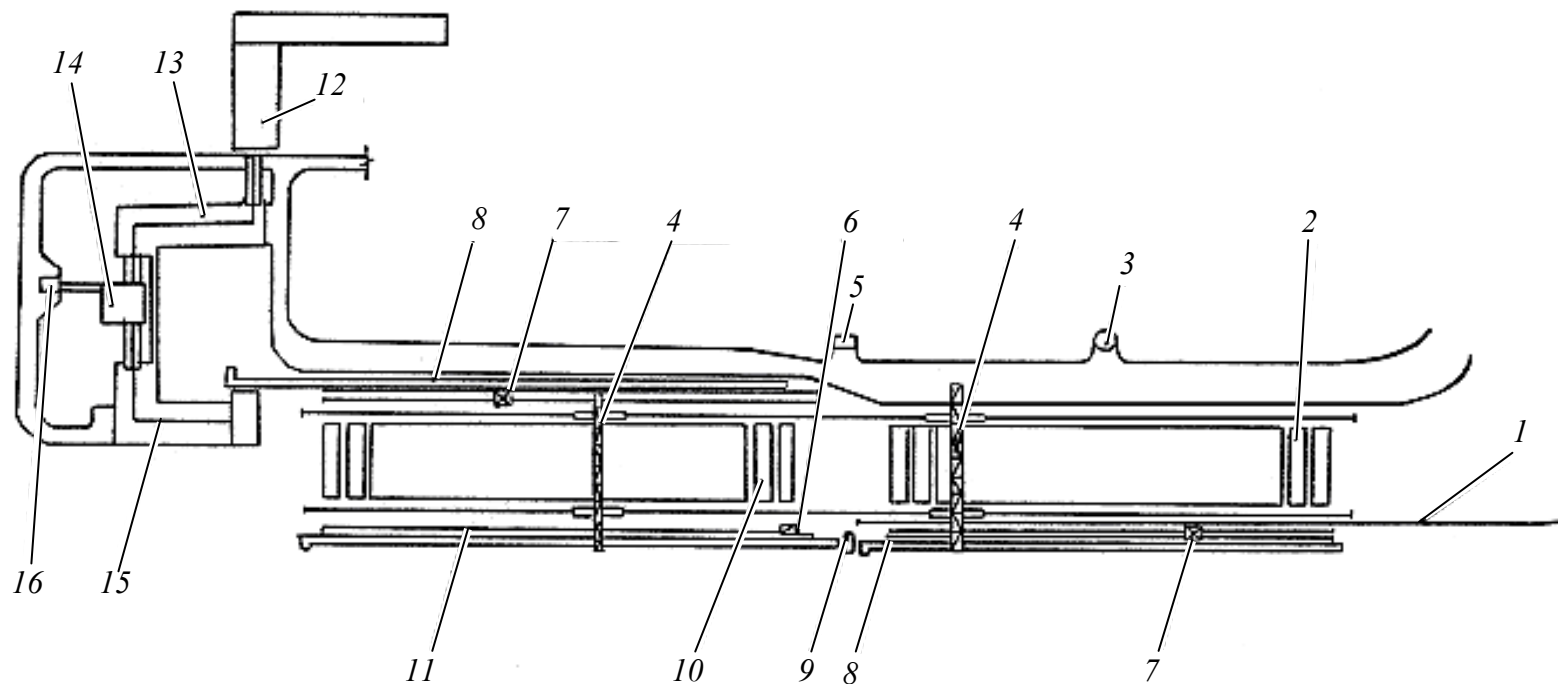


Рис. 25. Схема склада сырья лесопильного цеха:

- 1 – железная дорога для подачи сырья; 2 – штабель несортированных бревен; 3 – пожарный водоем;
 4 – консольно-козловый кран ККЛ-8; 5 – трансформаторная подстанция; 6 – площадка для выторцовки дефектов;
 7 – устройство для разборки пачки бревен; 8 – продольный цепной конвейер для подачи бревен в бассейн;
 9 – металлоискатель; 10 – штабели сортированных бревен; 11 – автоматизированный сортировочный конвейер;
 12 – лесопильный цех с сортировочным устройством для досок; 13 – бассейн перед лесопильным цехом;
 14 – окорочный цех; 15 – бассейн перед окорочным цехом; 16 – бункер для коры

При этом определяют:

- количество грузоподъемного оборудования;
- количество сортировочных устройств;
- количество окорочных станков;
- количество конвейеров и других механизмов, приведенных на схеме.

Основным направлением организации и комплексной механизации работ на *складах пиломатериалов* является пакетный способ транспортировки, штабелевки и отгрузки пиломатериалов. Пакетный способ позволяет значительно снизить трудоемкость работ и повысить производительность труда. Отметим, что в условиях Беларуси на лесопильных производствах относительно небольшой мощности на складах пиломатериалов выполняют не все перечисленные работы, а только часть их в зависимости от конкретных условий производства.

Подробное описание организации перечисленных работ и оборудования на участках склада пиломатериалов приводится в учебнике [1]. При выборе и расчете необходимого оборудования на складах учитывают:

- вид и назначение выпиливаемых пиломатериалов;
- мощность лесопильного цеха по выпуску пиломатериалов;
- конкретные условия предприятия (территорию и размещение склада относительно других цехов, способы сушки досок, климатические условия, способы отгрузки продукции и др.).

Методика выбора и расчета грузоподъемного и транспортного оборудования на складах приведена в подразделах 6.1–6.3.

При *разработке технологической схемы* склада пиломатериалов необходимо обеспечить комплексную механизацию трудоемких операций по формированию пакетов досок, антисептированию пиломатериалов, укладке и разборке штабелей, окончательной обработке и сортировке сухих досок и их отгрузке потребителю.

При выполнении этих операций необходимо обеспечить безопасные условия работы, строго соблюдать правила охраны труда. Особое внимание при проектировании складов нужно уделить противопожарным мероприятиям, предусмотреть требуемые проходы и проезды между штабелями и группами штабелей в соответствии с ГОСТ 3808.1, не загромождать проезды, предусмотреть расположение кольцевых водопроводов или водоемов.

В качестве примера рассмотрим технологическую схему склада пиломатериалов, приведенную на рис. 26.

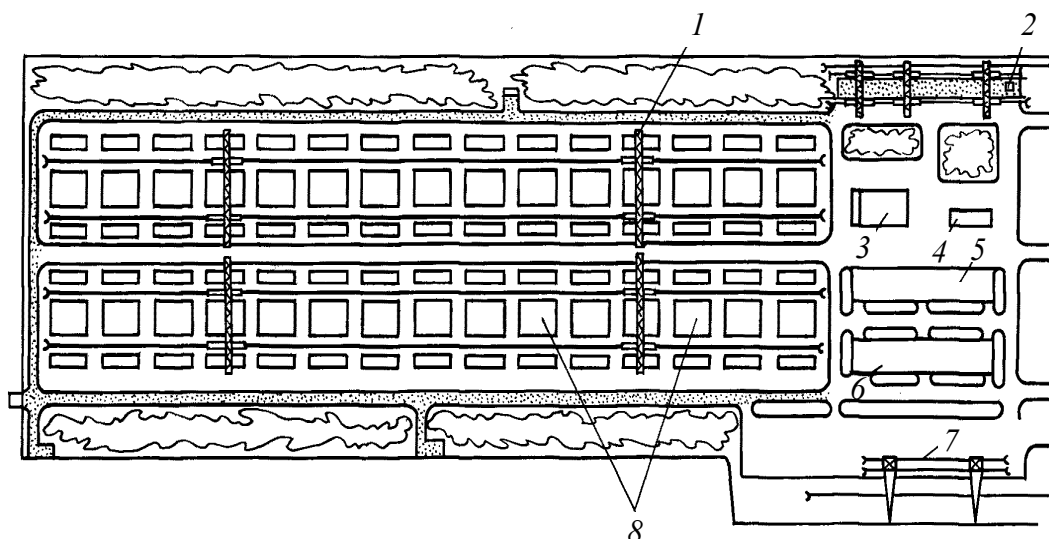


Рис. 26. Схема комплексно-механизированного склада пиломатериалов:
 1 – консольно-козловые краны; 2 – установка для антисептирования пиломатериалов; 3 – установка для торцовки и сортировки сухих досок по сортам; 4 – пакетоформировочная машина; 5 – склад сухих пиломатериалов; 6 – установка для сортировки досок по длине и укладки их в транспортные пакеты; 7 – участок отгрузки пиломатериалов; 8 – штабели пиломатериалов (атмосферная сушка)

Пиломатериалы перевозят на склад из лесопильного цеха автолесовозами. Формирование сушильных пакетов осуществляется на пакетоформировочной машине. Антисептирование досок производится в ваннах с антисептиком, куда пакеты досок опускаются с помощью кранов.

Пакеты в сушильные штабели укладывают с помощью консольно-козловых кранов. Штабели расположены в пролете и под консолями кранов. После сушки пиломатериалы поступают на установку для торцовки в размер и сортировки по качеству. Затем осуществляется сортировка досок по длинам и укладка в транспортные пакеты с упаковкой и обвязкой лентой на специальной установке.

Транспортные пакеты хранятся в закрытом складе. Отгрузка пилопродукции осуществляется башенными кранами в полувагоны.

После описания работ, которые выполняются на складе, производят расчет потребного количества грузоподъемного и транспортного оборудования, пакетоформирующих и сортировочных устройств с учетом их производительности и годовой мощности лесопильного цеха по выпуску пиломатериалов, способов сушки и графика отгрузки пилопродукции.

Методики выбора и расчета оборудования приведены в подразделах 6.1–6.3 и учебнике [1], а также в специальной литературе [3].

7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Требования безопасности к процессам деревообработки, выполняемым на открытом воздухе и в производственных помещениях, установлены стандартом ГОСТ 12.3.042-88 «ССБТ. Деревообрабатывающие производства. Общие требования безопасности». Процессы деревообработки должны также соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.1.010 и ГОСТ 12.3.014.

В данном разделе необходимо дать описание возможных опасных производственных факторов в цехе (повышенный шум, вибрация, запыление и др.), разработать мероприятия по обеспечению безопасных условий работы.

При этом в пояснительной записке приводят перечень общих мероприятий, принятых в цехе и показанных на чертежах (наличие проходов, переходов, лестниц и др.), а также описывают правила безопасности на каждом станке и рабочем месте (наличие сигнализации, ограждения, блокировок и др.), которые содействуют безопасным условиям работы на этих станках.

Кроме этого, приводят перечень противопожарных мероприятий, принятых в цехе.

Лесопильный цех является объектом повышенной опасности. В цехе перерабатывают громоздкие и тяжелые бревна и пиломатериалы, распиловку ведут на лесорамах с поступательно-возвратными движениями пильной рамки с пилами. При этом возникают значительные инерционные усилия, вибрации и колебания; скорость распиливания повышенная, поэтому возможны выбросы материала из режущих инструментов. В цехе установлены многочисленные конвейеры для перемещения громоздких грузов – они тоже являются источником повышенной опасности.

Таким образом, для создания безопасных условий работы в лесопильном цехе необходимо предусматривать и выполнять как общие, так и местные (на каждом станке и рабочем месте) правила безопасности.

На стадии проектирования цеха необходимо предусмотреть размещение оборудования с учетом установленных норм и правил в отношении расстояния между станками, ширины проходов и наличия переходов; сигнализацию между этажами цеха; огражде-

ние приводов конвейеров и их рабочих органов (цепей, лент) со стороны проходов и переходов; установку соответствующих автоматических блокировок как на станках, так и на вспомогательном оборудовании, пожарную сигнализацию и т. п.

В цехе должно быть обеспечено необходимое освещение и поддерживаться температурный режим.

Технологическое оборудование нужно устанавливать на соответствующих фундаментах, чтобы избежать недопустимых вибраций и колебаний. Оборудование должно иметь исправные тормозные устройства, которые обеспечивают при необходимости быструю остановку рабочих органов.

Лесопильные рамы имеют световую и звуковую сигнализацию, которая включается перед пуском и предупреждает рабочих, занятых обслуживанием механизмов на первом этаже. Автоматические блокировки не позволяют включить привод лесорамы при открытых ограждениях.

Круглопильные торцовочные и обрезные станки должны иметь исправные ограждения приводов и режущих инструментов. На многопильных станках для продольной распиловки перед пилами необходимо установить специальные упоры (когтевую защиту), которые предотвращают выбрасывание досок или брусьев при встречном пилении. Эти ограждения и упоры ни в коем случае нельзя открывать или снимать на работающих станках. Рабочий при выполнении операций должен находиться сбоку от плоскости вращения пилы.

На установках для переработки кусковых отходов должны быть соответствующие ограждения для предотвращения выбрасывания щепы и кусков древесины, которые могут поранить рабочих, обслуживающих станки. Рабочие должны иметь специальные наушники для предохранения от шума, который возникает на рубильных машинах. На конвейерах, которые подают отходы в рубильные машины, устанавливают металлоискатели.

Рабочие в цехе должны постоянно изучать и строго выполнять требования техники безопасности, правила противопожарной безопасности.

На складах сырья выгрузка бревен, укладка их в штабели, сортировка и другие работы связаны с перемещением тяжелых и объемных грузов. На складах используют разнообразное грузоподъемное и транспортное оборудование. Все это требует от работников складов строго выполнять правила техники безопасности,

так как их нарушение может привести к тяжелым несчастным случаям. Запрещается работать на кранах при неблагоприятных погодных условиях (туман, снегопад, ливень и т. п.).

Сортировочные и пакетоформировочные установки должны иметь звуковую и световую сигнализацию, для того чтобы предупреждать рабочих, которые работают в нижней зоне, о запуске устройств. Все движущиеся части механизмов должны иметь ограждения. На верхнем участке устройств и на лестницах необходимо устанавливать ограждающие барьеры, которые предупреждают случайное падение рабочих.

На участке сортировки обеспечивают достаточную освещенность рабочих зон.

На складе пиломатериалов при работе на кранах выполняют такие же правила, как и на складе сырья. Особое внимание уделяют технике безопасности при перевозке пиломатериалов автопогрузчиками и автолесовозами.

Рабочие, занятые на участке антисептирования, должны работать в специальной защитной одежде.

На участках сортировки и на складе пиломатериалов необходимо строго выполнять правила противопожарной безопасности. Проезды и дороги нельзя загромождать пакетами досок. На складе должен быть построен кольцевой водопровод.

Отметим, что в дипломном проекте этот раздел выполняют в соответствии с требованиями стандарта СТП БГТУ 001-2010 и методическими указаниями соответствующей кафедры [18].

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Контроль качества включает контроль размерных и качественных характеристик сырья и продукции.

В этом разделе необходимо дать описание места и способов контроля, обратить внимание на организацию входного контроля сырья, а также на выполнение операционного и приемочного контроля продукции (пиломатериалов и технологической щепы). При этом рекомендуется использовать материалы преддипломной практики и специальную литературу. Выбор измерительных средств определяется их назначением и допустимой точностью измерений. Для контроля размеров пилопродукции применяют измерительные инструменты: рулетки, металлические линейки, штангенциркули, а также предельные калибры. Контроль размеров бревен проводят с помощью рулетки, лесной скобы и вилки.

Перечень выбранных измерительных инструментов приводят по форме табл. 13.

Таблица 13

Примерный перечень измерительных и контрольных инструментов и приборов

Название средства измерения	Назначение	Стандарт
Рулетка металлическая	Измерение длины	ГОСТ 7502-80
Линейка металлическая	Измерение ширины	ГОСТ 427-75
Штангенциркуль	Измерение толщины	ГОСТ 166-80
Индикаторный глубиномер ИЧ-2, ИЧ-5, ИЧ-10	Контроль шероховатости поверхности пилопродукции	ТУ 13-547-80
Прибор ТСП-4м	Контроль шероховатости пилопродукции	–
Анализатор щепы ситовый АЛГ-М	Определение фракционного состава щепы	ТУ 13-334-76
Лесная скоба	Измерение диаметров	ТУ 13-404-87
Лесная вилка	Измерение диаметров	–
Автоматизированный измерительный комплекс	Измерение диаметров, длины и определение объема	–

В этом разделе также дается описание методик контроля качества сырья и пилопродукции, приводится характеристика качества продукции в соответствии с требованиями стандартов.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБЩИХ РАЗДЕЛОВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Общие разделы дипломного проекта выполняются в соответствии с СТП БГТУ 001-2010 «Проекты (работы) дипломные».

Во *введении* приводится анализ и перспективы развития лесопильного производства в Беларуси и за ее границами, информация об использовании сырья и выпуске пилопродукции, а также об использовании отходов производства, формулируются цели и задачи, которые будут решаться в проекте.

Аналитический обзор выполняется по заданию руководителя проекта. Приводится информация по теме проекта из научно-технической литературы и патентных источников. Эта информация используется при решении производственных задач, поставленных в проекте, при обосновании технологии и выборе оборудования цеха.

При *выборе и обосновании места* строительства (реконструкции) цеха необходимо учитывать наличие сырья, обеспеченность материалами, энергетическими, водными и рабочими ресурсами, а также возможные направления реализации пилопродукции и отходов производства. В этом разделе приводится общая характеристика места строительства (географическое размещение, геологические, метеорологические и другие условия), состав предприятия, его производственная структура, а также разрабатывается генплан предприятия, дается информация о граничащих предприятиях и потребителях пилопродукции.

В проектах по реконструкции (техническом перевооружении) цехов приводится критический анализ технологии и оборудования, информация о недостатках в организации производства и дается обоснование направлений совершенствования технологических процессов с учетом обеспечения лучших технико-экономических показателей производства.

Отметим, что технологический процесс, оборудование и технико-экономические показатели на предприятии студенты изучают в период преддипломной практики. Затем совместно с руко-

водителем и консультантами анализируют их и принимают решения о совершенствовании производства.

Научно-исследовательский раздел включает методику исследований, экспериментальную (расчетную) часть, анализ результатов исследований и заключение.

В этом разделе по заданию руководителя решаются конкретные задачи, поставленные в проекте (улучшение качества пиломатериала, рациональное использование сырья при раскросе бревен, сокращение энергопотребления на выпуск продукции, снижение трудозатрат и др.). Результаты научно-исследовательской работы учитывают при решении инженерных задач проекта.

В разделе **«Автоматизация производства»** приводятся сведения о применяемых методах и средствах автоматизации технологических процессов. Например, применяется автоматизированный сортировочный конвейер для бревен или досок; для контроля качества пиломатериалов используются сканеры; используются круглопильные станки с программным управлением для позиционирования пил при распиловке бревен по оптимальным схемам и т. п.

В разделе **«Мероприятия по охране окружающей среды»** приводятся сведения о принятых в проекте решениях по рациональному раскросу бревен, по эффективному использованию отходов лесопиления.

В разделе дается описание принятых мер по снижению вредного воздействия на окружающую среду производственных факторов (шума, вибрации, пыли и т. п.)

Общие инженерные разделы проекта (мероприятия по охране труда и безопасности жизнедеятельности, экономический) выполняются в соответствии со стандартом СТП БГТУ 001-2010 при консультации преподавателей соответствующих кафедр. При этом можно использовать специальные методические указания [16–18].

Заключение содержит общую оценку и результаты, достигнутые при выполнении проекта. В нем отмечаются новые технологические решения, принятые в проекте, приводятся достигнутые технико-экономические показатели цеха и дается вывод о целесообразности строительства (реконструкции) цеха.

При оформлении пояснительной записки и графической части дипломного и курсового проектов необходимо обязательно выполнять требования стандартов СТП БГТУ 001-2010 «Проекты (работы) дипломные» и СТП БГТУ 002-2007 «Проекты (работы) курсовые».

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Оптимальное количество досок в поставке при распиловке бревен

Диаметр бревна, см	Распиловка вразвал	Распиловка с брусочкой при толщине бруса, мм							
		100	125	150	175	200	225	250	275
14	5–6	1(1)	–	–	–	–	–	–	–
16	5–6	1(1)	–	–	–	–	–	–	–
18	5–6–7	1–2(1)	1(1)	–	–	–	–	–	–
20	5–6–7	2(1)	1–2(1)	1(1–2)	–	–	–	–	–
22	6–7	2–3(1)	2(1)	1–2 (1–2)	–	–	–	–	–
24	6–7	–	2–3(1)	2(1–2)	1–2(2)	–	–	–	–
26	7–8	–	2–3(1)	2(1–2)	2(2)	–	–	–	–
28	8–9	–	–	2–3(1)	2–(2)	–	–	–	–
30	8–9–10	–	–	3(1)	2–3 (1–2)	2(2)	1–2(2)	–	–
32	9–10	–	–	–	2–3 (1–2)	2–3(2)	2(2)	–	–
34	9–10	–	–	–	3(1–2)	2–3(2)	2(2)	2(2–3)	1(3)
36	9–11	–	–	–	3–4 (1–2)	3(2)	2–3(2)	2(2–3)	2(2–3)
38	11	–	–	–	3–4 (1–2)	3–4(2)	3(2)	2–3 (2–3)	2(2–3)
40	–	–	–	–	–	3–4(2)	3–4(2)	3(2)	2–3 (2–3)
42	–	–	–	–	–	–	3–4(2)	3(2)	2–3 (2–3)

Примечание. Цифры без скобок показывают количество досок за брусом с каждой стороны в первом проходе, а цифры в скобках – количество досок с каждой стороны за пределами пласти бруса при втором проходе.

Таблица 2

Значение толщины сердцевинных вырезок (по К. А. Басанцеву)

Диаметр бревен, см	Допустимая наименьшая толщина досок, мм		Диаметр бревен, см	Допустимая наименьшая толщина досок, мм	
	центральных	сердцевинных		центральных	сердцевинных
14–16	16	30	32–34	40	50
18–20	19	35	36–40	Не выпиливать	40–50
22–24	25	40	42–44	Не выпиливать	45–60
26–30	35	45	–	–	–

Таблица 3

Расход ширины постава для пиломатериалов хвойных пород

Номинальная толщина или ширина доски (бруса), мм	Припуск на усушку для влажности 20%, мм	Расход ширины постава, мм, при ширине пропила 3,6 мм		
		на сердцевинную доску или брус Р _с	на две доски	
			центральные 2Р _ц	боковые 2Р _б
16	0,6	–	36,8	40,4
19	0,6	19,6	42,8	46,4
22	0,7	22,7	49,0	52,6
25	0,8	25,8	55,2	58,8
32	1,0	33,0	69,6	73,2
40	1,2	41,2	86,0	89,6
44	1,4	45,4	94,4	98,0
50	1,5	51,5	106,6	110,2
60	1,8	61,8	127,2	130,8
75	2,3	77,3	158,2	161,8
100	2,8	102,8	–	–
110	3,0	113,0	–	–
125	3,4	128,4	–	–
130	3,6	133,6	–	–
150	3,9	153,9	–	–
175	4,4	179,4	–	–
200	4,9	204,9	–	–
225	5,6	230,6	–	–
250	6,2	256,2	–	–
275	6,6	281,6	–	–

Таблица 4

**Расход ширины постава для пиломатериалов лиственных пород
(дуб, береза, ясень, ольха, осина, тополь)**

Номинальная толщина или ширина доски (бруса), мм	Припуск на усушку для влажности 20%, мм	Расход ширины постава, мм, при ширине пропила 3,6 мм		
		на сердцевинную доску или брус Р _с	на две доски	
			центральные 2Р _ц	боковые 2Р _б
1	2	3	4	5
16	0,6	16,6	36,8	40,4
19	0,7	19,7	43,0	46,6
22	0,8	22,8	49,2	52,8
25	0,9	25,9	55,4	59,0
32	1,1	33,1	69,8	73,4
40	1,4	41,4	86,4	90,0
50	1,8	51,8	107,2	110,8
55	1,9	56,9	117,4	121,0

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
60	2,1	62,1	127,8	131,4
65	2,3	67,3	138,2	141,8
70	2,5	72,5	148,6	152,2
75	2,6	77,6	158,8	162,4
80	2,8	82,8	170,2	173,8
90	3,1	93,1	189,8	183,4
100	3,5	103,5	210,6	214,2
110	3,8	113,6	–	–
120	4,0	124,0	–	–
130	4,5	134,5	–	–
140	4,9	144,9	–	–
150	5,3	155,3	–	–
160	5,6	165,6	–	–
180	6,3	186,3	–	–
200	7,0	207,0	–	–
220	7,6	226,6	–	–
240	8,4	248,4	–	–
260	9,1	269,1	–	–
280	9,8	289,8	–	–
300	10,5	310,5	–	–

Таблица 5

Значение $E_{кр}$ и $E_{кр(н/о)}$ при распиловке бревен

Диаметр бревна, см	$E_{кр}$ для обрезных пиломатериалов при длине бревна, м							$E_{кр(н/о)}$ для необрезных хвойных пило- материалов, мм
	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	75	67	63	63	59	57	53	–
9	85	78	76	72	70	67	65	–
10	95	91	87	84	81	79	73	–
11	103	99	96	92	89	85	81	–
12	113	109	105	101	98	95	93	–
13	121	119	113	110	107	104	101	–
14	131	126	124	120	117	114	113	130
16	148	145	142	140	137	135	132	151
18	168	163	160	158	156	154	154	172
20	186	182	179	178	177	177	171	193
22	204	200	201	196	197	193	190	214

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	220	220	217	216	214	213	211	234
26	238	236	237	232	233	229	226	255
28	252	254	252	250	249	248	247	275
30	272	274	269	270	267	264	265	295
32	293	290	288	287	287	282	282	316
34	309	307	304	306	304	302	300	336
36	326	326	326	326	323	320	320	356
38	351	347	345	344	343	339	335	376
40	371	368	365	363	361	359	355	396
42	392	386	382	383	380	375	376	417
44	408	405	401	401	398	395	390	–
46	426	422	421	417	416	413	411	–

Таблица 6

Объем бревен, м³

Диаметр бревна, см	Длина бревна, м						
	3	4	4,5	5	5,5	6	6,5
10	0,026	0,037	0,044	0,051	0,058	0,065	0,075
11	0,032	0,045	0,053	0,062	0,070	0,080	0,090
12	0,038	0,053	0,063	0,073	0,083	0,093	0,103
13	0,045	0,062	0,074	0,085	0,097	0,108	0,120
14	0,052	0,073	0,084	0,097	0,110	0,123	0,135
16	0,069	0,095	0,110	0,124	0,140	0,155	0,172
18	0,086	0,120	0,138	0,156	0,175	0,194	0,210
20	0,107	0,147	0,170	0,190	0,210	0,230	0,260
22	0,130	0,178	0,200	0,230	0,250	0,280	0,310
24	0,157	0,210	0,240	0,270	0,300	0,330	0,360
26	0,185	0,250	0,280	0,320	0,350	0,390	0,430
28	0,220	0,290	0,330	0,370	0,410	0,450	0,490
30	0,250	0,330	0,380	0,420	0,470	0,520	0,560
32	0,280	0,380	0,430	0,480	0,530	0,590	0,640
34	0,320	0,430	0,490	0,540	0,600	0,660	0,720
36	0,360	0,480	0,540	0,600	0,670	0,740	0,800
38	0,390	0,530	0,600	0,670	0,740	0,820	0,900
40	0,430	0,580	0,660	0,740	0,820	0,900	0,990
42	0,470	0,640	0,730	0,810	0,900	1,000	1,080
44	0,520	0,700	0,800	0,890	0,990	1,090	1,200
46	0,570	0,770	0,870	0,980	1,080	1,190	1,300

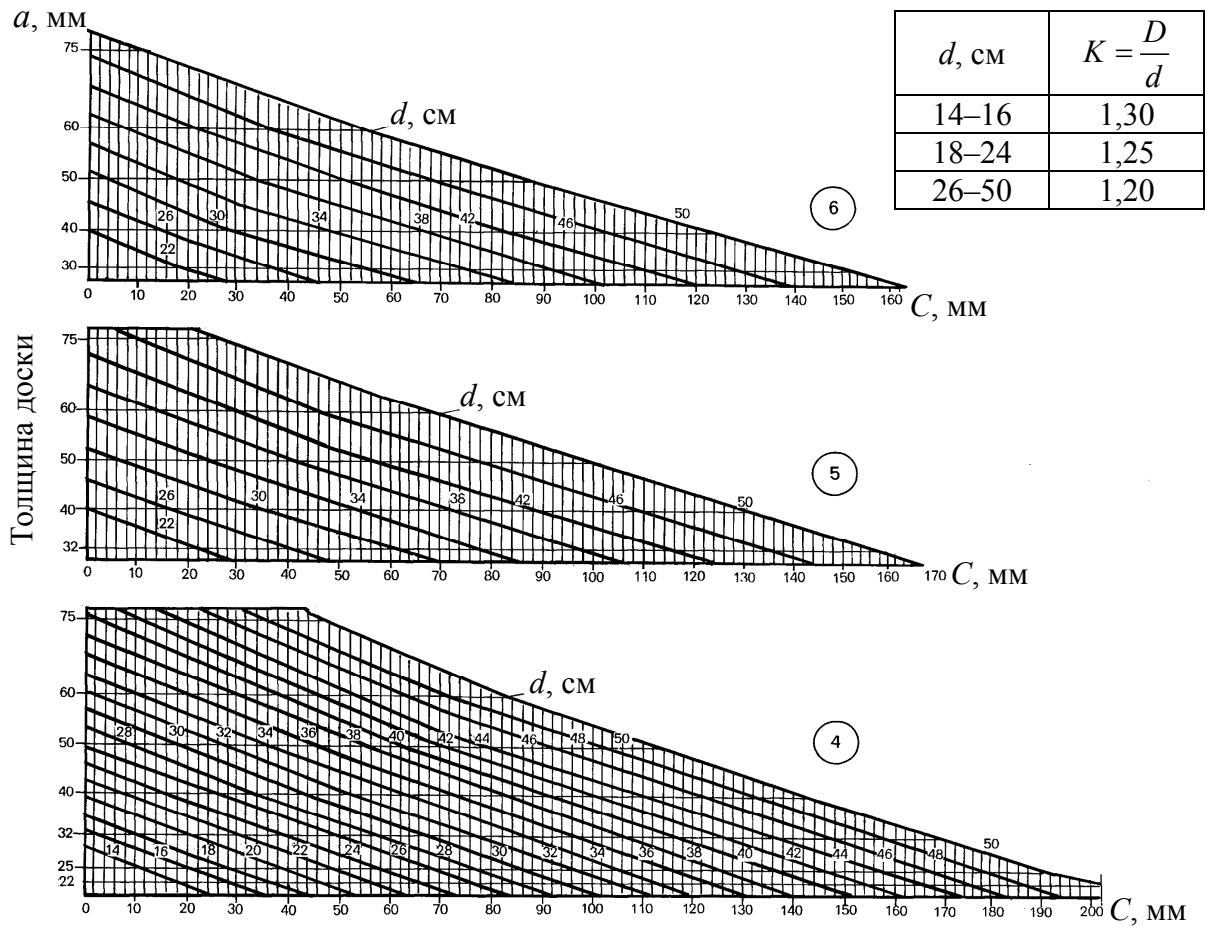


Рис. 1. Окончание (начало на с. 123)

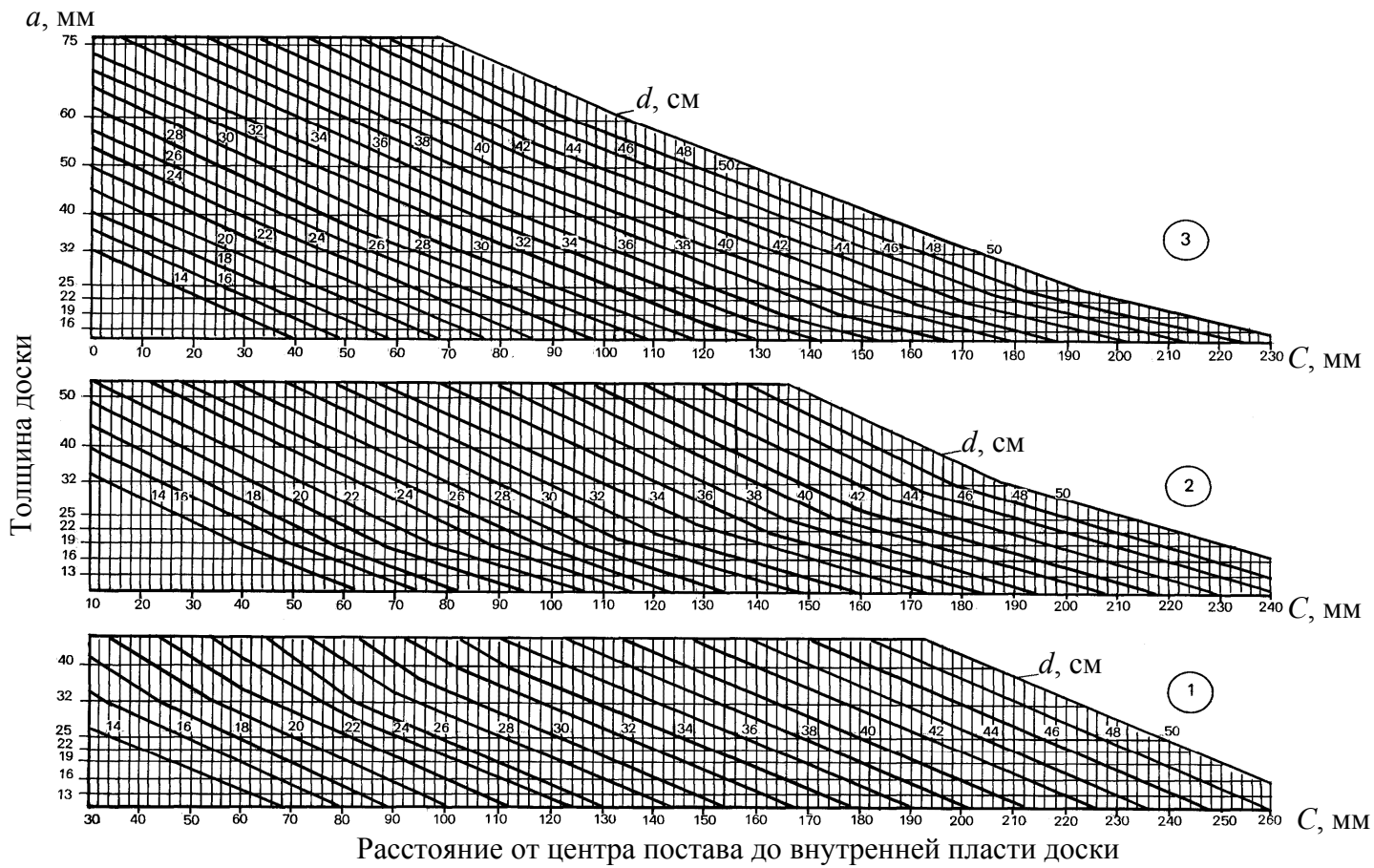


Рис. 1. Практические графики Н. А. Батина для составления поставов (окончание на с. 122)

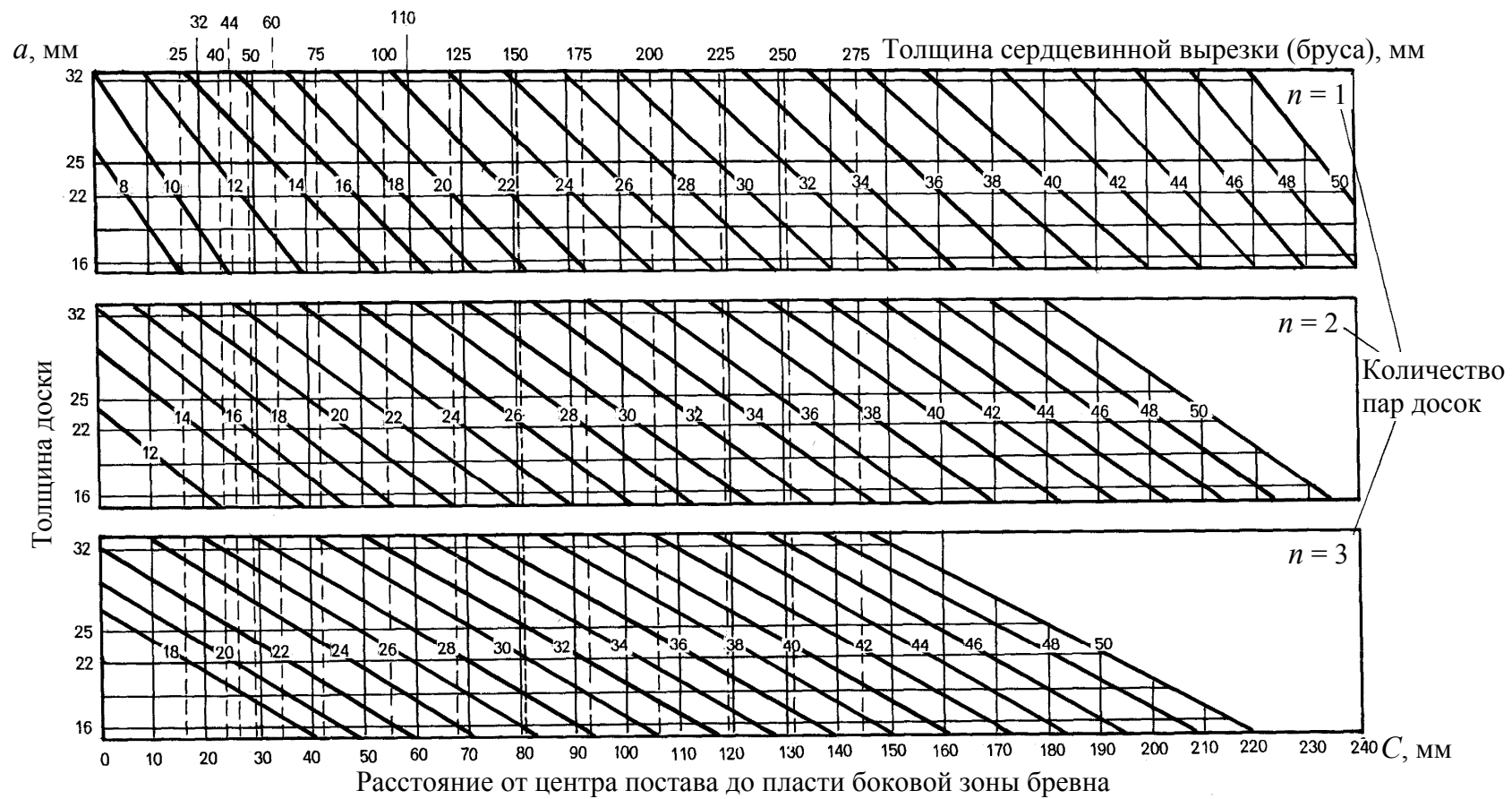


Рис. 2. Графики для составления поставов на распиловку боковой зоны бревна по Н. А. Батину

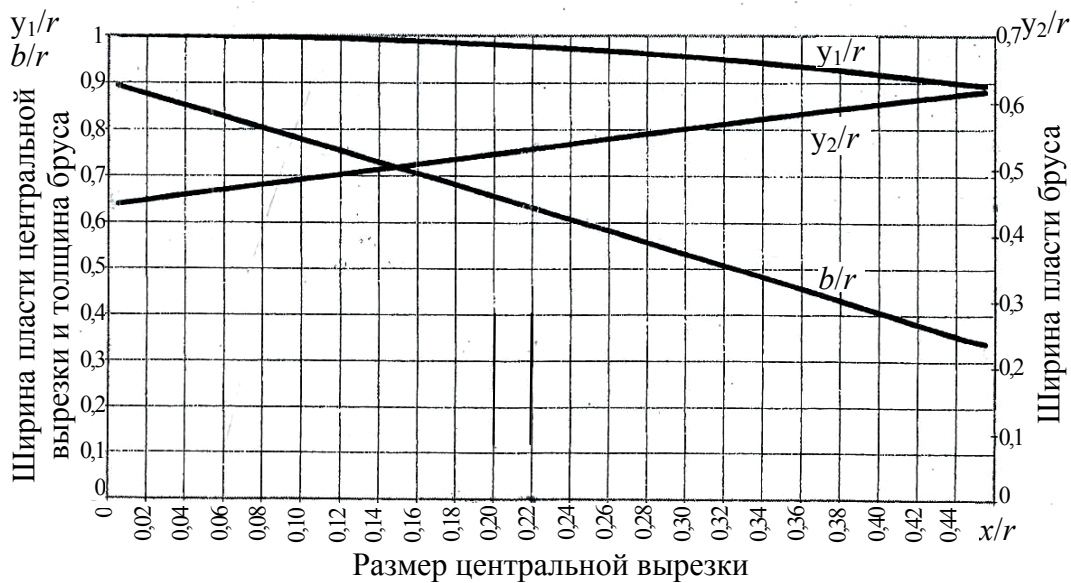


Рис. 3. Номограмма для определения зон радиальности бревна

Таблица 7

Значения сбега бревен, см/м

Диаметр бревна, см	Длина бревна						
	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
10	0,33	0,41	0,49	0,53	0,54	0,54	0,60
11	0,42	0,47	0,53	0,59	0,59	0,63	0,65
12	0,45	0,48	0,57	0,62	0,64	0,64	0,63
13	0,53	1,51	0,62	0,65	0,68	0,67	0,67
14	0,55	0,60	0,60	0,65	0,67	0,68	0,65
16	0,72	0,67	0,70	0,68	0,69	0,67	0,68
18	0,72	0,74	0,75	0,74	0,74	0,72	0,67
20	0,85	0,79	0,82	0,77	0,71	0,67	0,75
22	0,96	0,87	0,77	0,84	0,72	0,76	0,77
24	1,17	0,90	0,88	0,85	0,82	0,79	0,75
26	1,30	1,06	0,92	0,98	0,86	0,88	0,89
28	1,64	1,15	1,09	1,03	0,98	0,93	0,88
30	1,65	1,16	1,19	1,04	1,04	1,03	0,92
32	1,59	1,34	1,23	1,14	1,06	1,08	1,00
34	1,83	1,44	1,38	1,19	1,14	1,09	1,05
36	1,98	1,49	1,32	1,19	1,18	1,16	1,06
38	1,73	1,48	1,37	1,27	1,19	1,19	1,17

Диаметр бревна, см	Длина бревна						
	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
40	1,76	1,44	1,38	1,31	1,25	1,19	1,19
42	1,73	1,52	1,48	1,32	1,28	1,30	1,18

Таблица 8а

**Нормативы посортного состава
хвойных пиломатериалов**

Сорт бревна	Распределение пиломатериалов по сортам, %							Всего
	0	I	II	III	IV	Короткие	Обапол	
Средние бревна $d = 14-24$ см								
I	5,72	18,19	23,57	27,61	19,53	2,02	3,36	100
II	2,03	10,83	17,43	39,26	25,38	1,69	3,38	100
III	4,34	9,94	18,81	28,57	32,55	1,45	4,34	100
Крупные бревна $d > 26$ см								
I	11,53	18,01	20,22	24,17	20,85	1,9	3,32	100
II	3,83	11,98	17,41	30,83	30,99	1,92	3,04	100
III	4,5	12,63	13,84	25,26	38,24	1,9	3,63	100

Таблица 8б

**Нормативы посортного состава пиломатериалов
мягких лиственных пород**

Сорт бревна	Распределение пиломатериалов по сортам, %				Всего
	I	II	III	Короткие 0,5–0,9 м	
Необрезные доски					
I	19,2	36,4	41,5	2,9	100
II	10,1	26,0	60,7	3,2	100
III	6,8	16,7	72,5	4,0	100
Обрезные доски					
I	14,3	26,2	56,5	3,0	100
II	8,2	22,0	66,6	3,2	100
III	4,0	15,0	76,1	4,9	100

Таблица 9

Техническая характеристика лесопильных рам

Параметры	Двухэтажные лесопильные рамы				Одноэтажные лесопильные рамы			
	2P75-1A	2P75-2A	2P50-12	2P50-22	P63-4Б	P63-8	PK63-2	PT-40
Ширина просвета пильной рамки, мм	750	750	500	500	630	630	630	400
Величина хода пильной рамки, мм	600	600	600	600	400	400	400	250
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	325	325	360	360	285	285	285	480
Длина бревен, м	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	1–4	0,8–4,0
Наибольший диаметр бревен, см	52,0	–	28,0	–	38,0	38,0	38,0	–
Наибольшая толщина бруса, см	–	40,0	–	24,0	–	–	–	4,0–12,0
Наименьшая толщина доски, мм	19	19	19	19	13	13	16	6
Подача бревна (бруса) за один оборот вала, мм	5–80	5–80	5–80	5–80	4–35	4–35	4–40	2–21
Наибольшее количество пил в поставе, шт.	12	14	10	12	12	12	12	18
Общая мощность двигателей, кВт	128,7	121,1	105,7	98,1	52,4	52,4	52,4	41,4
Габаритные размеры лесорамы, мм:								
длина	3595	3595	2980	2480	4232	4355	4232	1580
ширина	2920	2920	2300	2380	2615	2482	2615	1520
высота	5790	5440	5550	5400	3000	3344	3575	2095
Масса, т	18,0	17,6	12,4	11,9	6,0	5,8	6,7	3,9

Таблица 10

**Расчетные технические посылки, мм, при распиловке бревен вразвал
или с брусовкой при выпилровке двух брусьев на двухэтажных
лесопильных рамах при $H = 600$ мм (порода – сосна, ель, пихта)**

Диаметр бревна, см	Количество пил (пропилов)					
	до 8	до 8	9	10	11	12
	2P50			2P75		
14	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	40,0
16	40,0	40,0	40,0	40,0	38,0	35,0
18	37,0	37,0	37,0	37,0	32,0	29,0
20	34,0	34,0	34,0	34,0	30,0	27,0
22	31,0	31,0	31,0	29,0	26,0	24,0
24	29,0	29,0	28,0	26,0	22,0	20,0
26	27,0	27,0	27,0	23,5	21,0	19,0
28	25,0	25,0	23,0	21,0	19,0	17,0
30	23,0	23,0	21,0	18,5	16,5	14,5
32	21,5	21,5	19,5	16,5	14,5	13,0
34	–	20,5	19,0	16,0	14,0	12,5
36	–	19,5	16,5	15,2	13,5	12,2
38	–	18,5	16,0	14,0	12,5	11,0
40	–	17,0	15,0	13,0	11,5	10,3
42	–	15,7	13,7	12,0	10,5	9,5
44	–	14,6	12,8	11,2	10,2	8,8
46	–	13,6	12,0	10,5	9,2	8,2

Таблица 11

**Расчетные технические посылки, мм, при распиловке бревен
с брусовкой при выпилровке одного бруса на двухэтажных
лесопильных рамах при $H = 600$ мм (порода – сосна, ель, пихта)**

Диаметр бревна, см	Количество пил (пропилов)				
	до 8	до 6	8	10	12
	2P50	2P75			
1	2	3	4	5	6
14	45,0	45,0	45,0	–	–
16	45,0	45,0	45,0	–	–
18	43,0	43,0	43,0	43,0	–
20	42,0	42,0	42,0	42,0	–
22	39,0	39,0	39,0	39,0	–
24	36,0	36,0	36,0	35,0	–
26	34,0	34,0	34,0	32,0	–
28	33,0	32,0	32,0	29,0	–
30	30,0	30,0	30,0	27,0	–
32	27,5	27,5	27,5	24,5	19,5
34	26,5	26,5	26,5	22,0	17,0
36	–	26,0	25,0	19,5	15,0
38	–	25,0	24,0	18,5	14,5

Окончание табл. 11

1	2	3	4	5	6
40	–	23,0	22,5	17,0	13,2
42	–	21,5	20,5	15,0	11,5
44	–	20,0	19,0	14,0	10,8
46	–	19,0	17,5	13,0	10,0

Таблица 12

**Расчетные технические посылки, мм, при распиловке брусьев
на двухэтажных лесопильных рамах при $H = 600$ мм
(порода – сосна, ель, пихта)**

Толщина бруса, см	Количество пил (пропилов)					
	до 9		10		11	
	2P50		2P75		12	
10	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	–
12	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	–
14	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	–
16	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	–
18	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0
20	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0
22	35,0	34,0	35,0	34,0	35,0	34,0
24	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
26	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	26,0
28	28,0	25,0	28,0	28,0	28,0	22,0
30	26,0	23,0	26,0	26,0	25,0	20,0
32	–	–	24,0	243,0	23,0	19,0

Примечание. В табл. 10–12 при распиловке бревен других пород величина посылки принимается как для сосны и умножается на поправочный коэффициент: для осины – 1,0, ольхи – 0,95; березы – 0,85; бука – 0,7; дуба и ясеня – 0,65.

Таблица 13

**Расчетные технические посылки при распиловке бревен
хвойных пород на одноэтажных лесопильных рамах Р63-4Б, Р63-8**

А. Распиловка вразвал							
Диаметр бревна в вершине d , мм	Величина посылки, мм/об., при числе пил в поставе, шт.						
	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8
100	22	20	–	–	–	–	–
120	19	18	15	–	–	–	–
140	16	15	13	12	–	–	–
160	14	13	11	10	10	–	–
180	12	12	9	8	8	8	–
200	10	10	8	8	8	8	7
220	9	8	7	7	7	7	6
240	9	8	7	7	7	7	6

1	2	3	4	5	6	7	8
260	8	7	7	7	7	7	6
280	8	7	7	6	6	6	5
300	7	6	6	6	6	5	5
320	7	6	6	6	5	5	5
340	6	6	6	5	5	5	5
360	6	6	6	5	5	4	4
380	6	6	5	5	4	4	4
Б. Распиловка с брусковой (I проход)							
Диаметр бревна в вершине d , мм	Величина посылки при распиловке бревна, мм/об., при числе пил в поставе, шт.						
	6	8	10	12			
100	21	–	–	–			
120	20	19	–	–			
140	18	16	–	–			
160	16	14	12	–			
180	14	12	10	–			
200	12	10	8	7			
220	10	9	8	7			
240	9	8	7	6			
260	9	8	7	6			
280	8	7	6	5			
300	8	7	6	5			
320	7	6	6	5			
340	7	6	5	4			
360	6	5	5	4			
380	6	5	5	4			
В. Распиловка с брусковой (II проход)							
Толщина бруса a , мм	Величина посылки при распиловке бруса, мм/об., при числе пил в поставе, шт.						
	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8
80	24	22	20	18	14	11	12
100	22	20	18	16	13	11	12
125	20	17	16	14	12	10	11
150	16	14	13	11	10	9	9
175	12	11	10	9	8	7	8
200	11	10	9	8	8	6	7
225	9	8	7	7	7	6	6
250	9	8	7	6	6	5	5
275	8	7	6	6	5	4	4
300	8	7	6	6	5	4	4

Примечание. Посылки приняты для расчета производительности лесопильных рам при выполнении курсовых и дипломных проектов. Их значения определены по результатам наблюдений и замеров в период практики студентов.

Таблица 14

Коэффициент использования лесопильного потока на базе двухэтажных лесопильных рам

Продолжительность распиловки бревна, с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Распиловка вразвал										
10	0,671	0,691	0,710	0,726	0,740	0,753	0,765	0,776	0,786	0,795
20	0,803	0,810	0,818	0,824	0,830	0,836	0,841	0,846	0,851	0,855
30	0,859	0,863	0,867	0,870	0,874	0,877	0,880	0,883	0,886	0,888
40	0,891	0,893	0,895	0,898	0,900	0,902	0,904	0,905	0,907	0,909
50	0,911	0,912	0,914	0,915	0,917	0,918	0,919	0,921	0,922	0,923
60	0,924	0,926	0,927	0,928	0,929	0,930	0,931	0,932	0,933	0,934
70	0,934	0,935	0,936	0,937	0,938	0,939	0,939	0,940	0,941	0,942
80	0,942	0,943	0,944	0,944	0,945	0,945	0,946	0,947	0,947	0,948
Распиловка с брусочкой										
<i>d = 12–16 см, количество брусьев в накопителе – 5</i>										
10	0,592	0,616	0,638	0,657	0,675	0,691	0,706	0,719	0,732	0,743
20	0,754	0,764	0,773	0,781	0,789	0,796	0,803	0,810	0,816	0,822
<i>d = 18–22 см, количество брусьев в накопителе – 4</i>										
10	0,588	0,612	0,634	0,653	0,671	0,687	0,702	0,715	0,728	0,739
20	0,750	0,759	0,769	0,777	0,785	0,793	0,800	0,805	0,812	0,818
30	0,823	0,829	0,834	0,838	0,843	0,847	0,851	0,855	0,858	0,862

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>d = 24–30 см, количество брусьев в накопителе – 3</i>										
10	0,584	0,608	0,629	0,649	0,666	0,682	0,697	0,710	0,723	0,734
20	0,745	0,755	0,764	0,772	0,780	0,780	0,795	0,802	0,808	0,814
30	0,819	0,824	0,829	0,834	0,839	0,843	0,847	0,851	0,855	0,858
40	0,861	0,865	0,868	0,871	0,874	0,876	0,879	0,881	0,884	0,886
<i>d = 32–38 см, количество брусьев в накопителе – 2</i>										
30	0,814	0,819	0,824	0,829	0,833	0,838	0,842	0,846	0,849	0,853
40	0,856	0,860	0,893	0,866	0,869	0,871	0,874	0,877	0,879	0,882
50	0,884	0,886	0,888	0,890	0,892	0,894	0,896	0,898	0,900	0,901
60	0,903	0,905	0,906	0,908	0,909	0,910	0,912	0,913	0,914	0,916
70	0,917	0,918	0,919	0,920	0,922	0,923	0,924	0,925	0,926	0,927
80	0,928	0,928	0,929	0,930	0,931	0,932	0,933	0,934	0,934	0,935
<i>d = 40 см и более, количество брусьев в накопителе – 1</i>										
40	0,850	0,853	0,856	0,859	0,862	0,865	0,868	0,870	0,873	0,875
50	0,878	0,880	0,882	0,884	0,886	0,888	0,890	0,892	0,894	0,895
60	0,897	0,899	0,900	0,902	0,903	0,905	0,906	0,908	0,909	0,910
70	0,911	0,913	0,914	0,915	0,916	0,917	0,918	0,919	0,920	0,921
80	0,922	0,923	0,924	0,925	0,926	0,927	0,928	0,929	0,930	0,930
90	0,931	0,932	0,933	0,933	0,934	0,935	0,936	0,936	0,937	0,938
100	0,938	0,939	0,940	0,940	0,941	0,941	0,942	0,942	0,943	0,944
110	0,944	0,945	0,945	0,946	0,946	0,947	0,947	0,948	0,948	0,949

Таблица 15

Технические характеристики круглопильных станков для распиловки бревен

Показатели	Ц2К-М	ЦМКД-28а	УСК-1-1 (КАРА, ZRB-120)	ZRD-12	Ц-32	СМ2211
Длина бревна, м:						
наибольшая	2,6	4	6	6,5	4	6
наименьшая	1	1	2	2	1	1
Диаметр бревна, см:						
наименьший	10	–	10	10	10	8
наибольший	26	28	40	35	32	32
Толщина досок, мм	–	19	16	16	–	–
Толщина бруса, мм:						
наименьшая	60	85	–	–	60	70
наибольшая	180	200	300	–	200	–
Количество пил, шт.	2 (4)	2 (4)	1	2 вала по 6 пил	4	2 вала по 6 пил
Диаметр нижней пилы, мм	700–800	800	700–1000	500	900	500
Диаметр верхней пилы, мм	–	–	–	500	–	500
Частота вращения пильно-го вала, мин ⁻¹	–	–	1056	2650	1500	2600
Скорость подачи, м/мин	5–19	3,8–10	0–60	0–40	6–20	5–20
Мощность, кВт	37,75 (45,8)	63	38,62	117,5	52	53,5
Масса, кг	1700	2060	4000	2800	1750	4400
Габариты станка, м:						
длина	4,78	7,06	18,04	2,4	6,0	9,5
ширина	1,42	1,67	2,85	2,0	1,5	2,4
высота	1,485	1,7	1,75	1,9	1,6	2,0
Производитель	Софринский СЗ	Тюмень СЗ	Вологодский СЗ	Silmet	Киверцы-лесмаш	МЗАЛ

Технические характеристики многопильных станков для распиловки брусьев (толщина бруса – до 160 мм)

Показатели	Ц5Д-8	Ц8Д-11	Ц8Д-130	ЦМ-150К	ДК-120	ДК-150	ЦРМ-150
Размеры брусьев, мм:							
ширина	до 400	13–480	13–512	10–450	до 460	до 460	–
толщина	13–80	60–130	32–130	20–150	10–120	40–150	150
длина	600–6000	1000–7000	2000–6500	не менее 840	не менее 800	не менее 800	не менее 900
Количество пил, шт.	10	8	8	7	7	5	до 10
Диаметр пил, мм	280–315	430–450	450	500	500	500	–
Частота вращения пильного вала, мин ⁻¹	3000	1820	1820	1500	1950	1950	–
Просвет станка, мм	500	630	630	–	–	–	430
Наибольшее расстоя- ние между крайними пилами, мм	370	480	512	–	220	220	–
Скорость подачи, м/мин	12,5; 27,4; 41	5,7; 8,4; 11,4; 16,8	4,6; 8; 12; 16; 25	6; 10; 15; 20	4,5; 12; 16; 20	4,5; 12; 16; 20	6–20
Мощность, кВт	34,5; 49,5	49,5	57,3	46,5	30,75	30,75	56
Габариты станка, мм:							
длина	2335	3100	2560	2050	1800	1800	2500
ширина	1270	2190	2660	1300	1300	1300	1300
высота	1350	1370	1575	1750	1600	1600	1400
Масса, кг	3220	3580	3450	2000	1750	1750	2700
Производитель	Вологод- ский СЗ	Вологод- ский СЗ	Вологод- ский СЗ	Данилов- ский СЗ	Данилов- ский СЗ	Данилов- ский СЗ	Киверцы- лесмаш

Таблица 166

Технические характеристики многопильных станков для распиловки брусьев (толщина бруса – свыше 160 мм)

Показатели	Ц8Д8-М	Ц8Д10	Ц7Д-К	ЦМР-4М (Н)	ЦРМ-200	ЦМ-200	СМ2210 (2215)
Размеры брусьев, мм:							
ширина	550	19–420	10–630	10–250	–	800	600
толщина	180	200	30–160	25–145 (50–160)	15–200	50–200	240
длина	500–7500	1700–7000	не менее 1000	не менее 450	не менее 1000	не менее 1200	не менее 800
Количество пил, шт.	8	8	14	10	10	7; 10	2×8 (2×12)
Диаметр пил, мм	560	400–500	560	250–400	400–630	630	400
Частота вращения пильного вала, мин ⁻¹	1500	1826	1500	2500	2800	1500; 3000	2600
Просвет станка, мм	630	630	–	–	–	–	600
Наибольшее расстояние меж- ду крайними пилами, мм	500	380	330	–	430	620	–
Скорость подачи, м/мин	10–80	3; 4; 5; 12; 16; 24	6; 9; 12; 18	6–60	6–20	4,2; 5; 6; 8	5–20
Мощность, кВт	116	49,7	55	60	110	110	101,5 (151,5)
Габариты станка, мм:							
длина	3500	2980	2800	2450	2700	2400	2800
ширина	3465	2525	1250	2520	1500	2500	2550
высота	1414	1777	1500	1815	1700	1600	1600
Масса, кг	5900	5260	3200	5070 (4800)	3400	4000	5300 (4800)
Производитель	Ками СА	Вологод- ский СЗ	Данилов- ский СЗ	Новозыбков- ский СЗ	Киверцы- лесмаш	Ками СА	МЗАЛ

Технические характеристики ленточнопильных станков

Показатели	LT25LE11	LT40HDG	HG7	MiniProfi 800	ЛЛК-1	2ЛЛК130-1	ЛЛК-2	ЛГР50-1
Количество пильных механизмов, шт.	1	1	1	1	1	2	2	1
Размеры бревен, мм:								
наибольший диаметр	810	900	900	1000	10–60	500	600	500
наибольшая длина	6400	6400	4500	6100	6500	6500	6500	6000
наименьшая длина	120	120	–	–	3000	1000	1500	1250
Ширина пропила, мм	2	2	1,8–2,2	2,2–3,0	2	2	2	1,5–2,0
Точность пропила, мм на 6 м	0,2	0,2	–	–	1	1	0,5	0,5
Средняя производительность, м ³ /ч	0,5	1	1,5	2,5	–	–	6	1
Скорость резания пилы, м/с	29,2	29,5	35	35	37	42	37	30
Скорость подачи, м/мин	ручная	14,6	до 58	до 75	до 60	0–80	0–80	ручная
Количество двигателей, шт.	1	1	1	–	–	–	–	1
Мощность, кВт	7,5	17,9	18	21	39	108	83,1	5,5
Габариты станка, мм:								
длина	8000	8500	6000	7700	13 500	20 400	17 180	7540
ширина	2000	2000	2370	2470	2300	5550	3510	1640
высота	2300	2300	2500	3100	2850	3465	3110	1900
Масса станка, кг	1132	1365	2000	2500	4100	16 500	9900	300
Производитель	Wood- mizer США	Wood- mizer США	Pezzo- lato Италия	Pezzolato Италия	Дани- ловский СЗ	Данилов- ский СЗ	Дани- ловский СЗ	Дани- ловский СЗ

Таблица 18

**Технические характеристики ленточнопильных станков
фирмы «Гравитон»**

Показатели	Гравитон КЛГ-05	Гравитон МК	Гравитон КЛБ-Ш	Гравитон КЛБ	Гравитон» КЛБ-W	Гравитон МЛК-Ш	Гравитон МЛК	Гравитон СПГ-Ш
Размеры бревен (брус- ев, досок): наибольший диа- метр (толщина), м	0,82	0,5 (0,6)	0,5	0,45	0,3	0,3×0,4	0,3×0,3	0,4×0,14
наибольшая длина, м	5,1	6,1	6,1	6,1	4,1 (6,1)	6,1	6,1	любая
наименьшая тол- щина изделий, мм	25	100	100	100 (90)	50	5	5	10
Производительность, м ³ в смену	до 8	до 200	до 200	до 120	до 50	до 200	до 120	до 30
Количество пильных механизмов	1	4; 5; 6; 7; 8	2; 3; 4	2, 3, 4	2, 4	3–6	3–6	1; 2
Ширина пропилов, мм	1,5–2,0	2–2,4	2–2,4	1,5–2,0	1,5–2,0	2,0–2,4	1,5–2,0	2,0–2,4
Скорость резания, м/с	27	25	25	27	27	25	27	25
Скорость подачи, м/мин	4–16	4–18	4–18	4–12	4–20	4–24	4–18	4–18
Мощность, кВт	11(7,5)	15(18)×n	15×n	7,5×n	7,5(5,5)×n	15×n	7,5×n	15×n
Габариты, м	6×1,9×1,4	(16–20)×2×2,5	18,1×2×2,5	14,5×1,8×2	5,5×1,6×1,8	8,3×2,2×2,6	6,2×1,65×1,9	4,5×2,2×2
Масса, кг	630	5500	4140	3200	950	3600	2750	2300

Примечание: n – количество двигателей.

**Технические характеристики
фрезерно-пильных линий**

Показатели	ЛАПБ-2М	ФБС 750М	ФБЛ-16М	GiGa 02B
Диаметр бревна, мм: в вершине	100–180	100–180	60–160	120–360
в комле	280	260	240	–
Длина бревна, м	3,0–6,5	3,0–6,5	2–4	2–6
Максимальное количество выпиливаемых досок, шт.	4	–	–	–
Максимальное количество пил в поставе, шт.	5	–	–	–
Максимальная высота пропила, мм	155	–	–	250
Диаметр пилы, мм	630	–	–	300–400
Толщина пилы, мм	2,8–3,0	–	–	–
Толщина выпиливаемого бруса, мм	–	50–150	75–125	80–250
Количество фрезерных головок, шт.	–	2	–	2
Скорость подачи бревна, м/мин	40; 50; 60	50	18; 24; 36	20–60
Мощность, кВт	462	120	70	520
Габариты станка, м:				
длина	35	3,3	10,4	28,05
ширина	5,44	3,3	2	10,5
высота	2,37	2,5	–	3,4
Масса станка, кг	52 500	10 500	4500	–
Пропускная способность, шт./мин	7,5	9	–	–
Производитель	Вологодский СЗ	Краснофлот- ский МБЗ	Краснофлот- ский МБЗ	A. Costa, Италия

Таблица 20

Характеристики торцовочных станков

Показатели	ЦКБ 40-01	ЦКБ 63-1
Наибольшие размеры пропила, мм:		
высота	100	100
ширина	400	620
Диаметр пилы, мм	500	620
Частота вращения пильного вала, мин ⁻¹	1440	1440
Наибольшее количество двойных ходов пилы, мин ⁻¹	45	45–50
Установленная мощность, кВт	10	10
Габариты, м:		
длина	1,2	1,18
ширина	1,23	1,14
высота	1,08	1,16
Масса, т	1,0	0,92

Таблица 21

Технические характеристики обрезных станков

Показатели	МГО-1	Ц2Д-1Ф	Ц2Д-У	Ц2Д-8	Ц2Д-7А
Размеры распиливаемого материала, мм:					
ширина	75–250	75–300	75–250	60–300	60–500
толщина	13–50	13–32	13–80	13–60 (100)	13–60 (100)
длина	1500–7500	1850–7500	1500–7500	1500–7500	1500–7500
Количество пил, шт.	2	2	2	2	2 (3)
Диаметр пилы, мм	250	450	250, 315	400	400–500
Диаметр фрезы, мм	–	563	–	–	–
Частота вращения пильного вала, мин ⁻¹	2850	1630	2850	3000	2400
Просвет станка, мм	630	630	630	710	800

Показатели	МГО-1	Ц2Д-1Ф	Ц2Д-У	Ц2Д-8	Ц2Д-7А
Скорость подачи, м/мин	17 и 30	147	17 и 30	60; 80; 90; 100; 110; 120; 150	60; 80; 90; 100; 110; 120; 150
Общая установленная мощность, кВт	11	87,2	11	38 (53)	38 (53)
Габариты станка, мм:					
длина	1300	2520	1560	2200	2650
ширина	1450	2620	1570	1600	2050
высота	1250	1290	1290	1310	1250
Масса, кг	1060	4420	1180	3660 (3800)	4250

Таблица 22

Технические характеристики рубильных машин

Показатели	МР2-20, МР2-20Н	МРГ-20Б-1	МРН-40-1	МР3-40Н	МР3-50Н
Производительность, пл. м ³ /ч	20	20-25	40	40	50
Длина щепы, мм	15–25	17–22	15–25	15–25	15–25
Размеры поперечного сечения загрузочного патрона, мм	250×400	220	440	430×550	430×550
Размеры горбылей, мм:					
поперечное сечение	90×350	50×400	60–400	100×420	100×420
минимальная длина	–	1000	–	–	–
максимальная длина	–	6000	–	–	–
Мощность электродвигателя, кВт	75	75	160	132	160
Частота вращения, мин ⁻¹	600	750	600	600	600
Скорость конвейера, м/с	–	2,5–2,6	–	–	–
Габаритные размеры, мм	2830×1640×1505	2520×1720×1490	–	–	–
Масса, кг	6060 (МР2-20) 5670 (МР2-20Н)	6200	10 550	8710	8930

Таблица 23

Технические характеристики сортировочных установок для щепы

Показатели	СЦ-70	СЦ-140	СЦ-200
Производительность в насыпном объеме, м ³ /ч	70	140	200
Количество сит, шт.	2	2	3
Угол наклона сит, град	5	5	5
Площадь рабочей поверхности сит, м ² :			
верхнего	2	4	5,6
среднего	–	–	5,6
нижнего	2	4	5,6
Частота колебаний ситовой коробки, с ⁻¹	3	3	3
Установленная мощность, кВт	2,2	3	5,5
Габариты, мм:			
длина	3050	3060	3300
ширина	2600	3600	4580
высота	2856	2896	3350
Масса, кг	1900	2700	3400

Таблица 24

Технические характеристики продольных цепных конвейеров

Показатели	БА-40	БА-60	БА-100
Размеры бревен:			
наибольший диаметр, см	40	60	100
длина, м	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5
Наибольший угол наклона к горизонту, град	22	22	22
Скорость движения цепей, м/с	0,8	0,8	0,3
Установленная мощность, кВт	10	17	13
Габариты, м	51,78×1,82×1,35	61,85×1,9×1,35	62,09×2,15×1,35
Масса, кг	3850	3950	4800

Таблица 25

**Технические характеристики
поперечных цепных конвейеров**

Показатели	ТЦП-5	ТЦП-10	ТЦП-20	ТЦП-40
Скорость движения цепей, м/с	0,3; 0,5	0,3; 0,5	0,3; 0,5, 0,8	0,3
Установленная мощность, кВт	3; 4	3; 5,5	4; 7,5	5,5
Габариты, мм:				
длина	6100	11 100	21 100	41 100
ширина	7000	7000	7000	7000
высота	1060	1060	1060	1060
Масса, кг	1200	1600	2400	4100

Таблица 26

**Технические характеристики
ленточных конвейеров**

Показатели	КСЛ 4040-60	КСЛ 5040-60	КСЛ 5050-80	КСЛ 6540-60	КСЛ 6550-80
Ширина ленты, мм	400	500	500	650	650
Длина конвейера, м	25	32	50	45	50
Установленная мощность, кВт	1,0–4,5	1,7–10,0	1,7–10,0	2,8–10,0	4,5–20,0
Скорость ленты, м/с	0,6–2,0	0,6–2,0	0,6–2,0	0,6–2,0	0,6–2,0

Технические характеристики сортировочных установок для досок

Цепные конвейеры						
Показатели	ТСП-3			ТСП-4		
Количество цепей, шт.	4			5		
Скорость цепей, м/с	0,2			0,2		
Расстояние между цепями, мм	1250; 2050			800; 1200; 1800		
Установленная мощность, кВт	3; 4			3; 5,5		
Габариты, м:						
длина	60			62		
ширина	5,9			5,88		
высота	По месту			0,953		
Масса, кг	6242			7500		
Автоматизированные сортировочные установки						
Показатели	ПСП-18 (24, 30, 36)	ЛТС-16	ЛСП-21	ЛССА-18Т	ЛТС-М	ЛСП-18Т
Количество накопителей	18 (24, 30, 36)	16	21	18	22	18
Скорость установки, м/с	0,21; 0,28; 0,42	–	–	–	–	–
Расстояние между упорами, м	0,84	–	–	–	–	–
Пропускная способность, до- сок/мин	–	40	60, 80	80	36	60
Размеры досок, м:						
длина	2–7	2,1–6,6	2,2–7,0	2,1–7,0	2,1–6,6	2,1–7,0
ширина	0,08–0,28	0,075–0,300	0,075–0,275	0,075–0,275	0,075–0,280	0,075–0,275
толщина	0,016–0,100	0,016–0,050	0,016–0,075	0,016–0,075	0,016–0,050	0,019–0,075
Установленная мощность, кВт	115	55	59,2	259	60	186,8
Масса, т	110	68	86,5	247	63	132

Таблица 28

Технические характеристики кранов

Показатели	КБ-572А	ККЛ-8	ККЛ-12,5	ККС-12,5
Грузоподъемность, т	10; 6,3	8	12,5	12,5
Пролет (вылет стрелы), м	3–30; 3–35	40	32	32
Общая рабочая длина перемещения грузовой тележки, м	–	70	52	45
Высота подъема крюка, м	13,5	16	14	12
Скорость, м/мин:				
подъема груза	20–40	20	16	8
движения тележки	25	63	57	38
движения крана	30	84	84	50
Установленная мощность, кВт	94	81,8	102	59
Масса, т	122	85	101	102

Таблица 29

Технические характеристики лесовозов и лесопогрузчиков

Показатели	4049М	4008	Т-140М	Валмет		Амкорд 352 Л
				ТД-78/96	ТД-1206	
Грузоподъемность, т	5	10	7	7/9	12	5
Максимальная высота подъема вил, м	7	4,5	0,5	8	7,5	4,5
Длина вил, м	1,4	1,5	–	1,8	2,1	–
Скорость подъема и опускания груза, м/мин	12/10	5/6,5	6/6	13,2	20/21	–
Максимальная скорость движения погрузчика, км/ч	25	25	38	42	28	30
Размеры пакета, м	–	–	1,35×1,3×6,5	–	–	–
Габариты, м:						
длина	8,12	6,6	4,48	6,56	6,7	7,7
ширина	2,25	2,7	2,6	2,48	2,45	2,55
высота по грузоподъемнику	3,62	3,78	3,4	4,65	5,42	–
Мощность двигателя, кВт	51-К	81-К	51,5	85-Д	110-Д	132-Д
Масса, т	9	13,2	5,63	13	15,4	13,5

Таблица 30

Технические характеристики сортировочных конвейеров для бревен

Показатели	Сортировочные устройства			
	БС-60-2Ф	РБ2-12	ЛСБ-15	ЛТ-86А
Размеры бревен:				
диаметр, см	12–60	10–60	12–55	8–110
длина, м	4–7	4–7	4,0–6,5	1,6–6,5
Количество сортировочных мест, шт.	32 + 2	12 + 2	16	13
Скорость, м/с	2	1,6	1,8	0,8
Производительность, бревна/ч	800	700	640	400
Установленная мощность, кВт	390	79	122	37
Масса, т	400	60,5	42	18

Таблица 31

Технические характеристики окорочных станков

Показатели	ОК40-2	2ОК40-2	ОК63-2	2ОК63-2
Размеры бревна:				
диаметр, см	6–35	6–35	10–55	10–55
длина, м	1,5–6,5	2,5–6,5	2,7–7,5	2,7–7,5
Диаметр просвета ротора, мм	400	400	630	630
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	200; 270; 400	200; 270; 400	150; 200; 300	150; 200; 300
Количество короснимателей, шт.	6	6 + 6	6	6 + 6
Скорость подачи бревен, м/с	0,2; 0,23; 0,35; 0,6; 0,8; 1,2	0,2; 0,23; 0,35; 0,6; 0,8; 1,2	0,2; 0,26; 0,39; 0,49; 0,65; 1	0,2; 0,26; 0,39; 0,49; 0,65; 1
Длина рабочего контакта короснимателя, мм	40	40	50	50
Установленная мощность, кВт	36,6	51,1	40,1	65,1
Масса, т	6,5	8,5	9,4	12,5

Технические характеристики роликовых конвейеров

Показатели	Для лесопильных рам				Навесные		Для круглопильных станков (распиловка бруса)	
	1-го ряда		2-го ряда					
	ПРД-63	ПРД-80	ПРД-63	ПРД-80	ПРДН-5	ПРДН-6	ВЦ8Д-8	РЦ8Д-8
Размеры досок (брусьев):								
длина, м	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	3,0–7,5	2,7–7,5	2,0–7,5
ширина, мм	80–530	100–700	60–300	80–400	60–300	80–320	550	100–500
толщина, мм	–	–	16–100	16–100	16–100	16–100	60–200	80–180
Размеры роликов, мм:								
диаметр	219	219	219	219	219	219	–	–
длина	800–1400	800–1400	1120	1400	500	630	–	–
Расстояние между роликами, мм	1450	1450	1350	1350	1450	1450	–	–
Окружная скорость роликов, м/с	2,12	1,59	1,15	1,15	2,90	1,30	–	–
Установленная мощность, кВт	4,5	4,5	2,8	4,0	2,8	3,0	4,0	3,0
Габариты, мм:								
длина	23 680	23 680	10 865	10 865	9930	9995	6400	10 420
ширина	2460	2930	2490	3015	1080	1210	2000	2030
высота	1600	1540	725	800	680	680	1400	970
Масса, кг	4104	5224	2515	2835	1336	1470	2300	2500

ЛИТЕРАТУРА

1. Янушкевич, А. А. Технология лесопильного производства: учебник для вузов / А. А. Янушкевич. – Минск: БГТУ, 2010. – 330 с.
2. Янушкевіч, А. А. Тэхналогія лесапільнай вытворчасці. Курсавое і дыпломнае праектаванне: вучэб.-метады. дапаможнік / А. А. Янушкевіч. – Мінск: БДТУ, 2008. – 148 с.
3. Пастушени, В. И. Складские работы на лесопильных предприятиях: учеб.-метод. пособие / В. И. Пастушени. – Минск: БГТУ, 2011. – 170 с.
4. Амалицкий, В. В. Оборудование отрасли: учебник / В. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 584 с.
5. Батин, Н. А. Графики для составления поставок / Н. А. Батин // Науч. доклады высшей школы. Лесоинженерное дело. – 1958. – № 4. – С. 143–148.
6. Батин, Н. А. К составлению поставок на выпилку радиальных пиломатериалов / Н. А. Батин, А. А. Янушкевич // Механическая технология древесины: респ. межвед. сб. – Минск, 1971. – Вып. 1 – С. 3–5.
7. Янушкевич, А. А. Обоснование способа распиловки бревен на пиломатериалы для клееных брусьев / А. А. Янушкевич, Д. Л. Рапинчук // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 1999. – Вып. VII. – С. 162–164.
8. Справочник по лесопилению / под ред. А. М. Копейкина. – М.: Экология, 1991. – 491 с.
9. Батин, Н. А. Раскрой пиловочного сырья на пиломатериалы курса «Технология пиломатериалов»: учеб.-метод. пособие / Н. А. Батин. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова, 1985. – 67 с.
10. Волынский, В. Н. Каталог деревообрабатывающего оборудования / В. Н. Волынский. – М.: АСУ – Импульс, 2003. – 378 с.
11. Инструкция по расчету производственной мощности лесопильного производства: утв. Министерством лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР 22.01.86: текст по состоянию на 22.01.86 г. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1986. – 66 с.
12. Калитеевский, Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р. Е. Калитеевский. – СПб.: Профинформ, 2005. – 480 с.

13. Трофимов, С. П. Механический транспорт деревообрабатывающих предприятий: учеб. пособие / С. П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 2005. – 94 с.
14. Янушкевич, А. А. Процессы раскря бревен на пиломатериалы курса «Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств»: метод. пособие / А. А. Янушкевич, И. Н. Кухаренко. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова, 1986. – 70 с.
15. Янушкевич, А. А. Технология лесопильного производства. Практикум: учеб. пособие / А. А. Янушкевич. – Минск: БГТУ, 2012. – 168 с.
16. Экономическое обоснование дипломных проектов: метод. указания для студентов специальности 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств» / сост. Т. В. Каштелян. – Минск: БГТУ, 2008. – 52 с.
17. Марцуль, В. Н. Охрана окружающей среды в деревообрабатывающей промышленности: учеб. пособие / В. Н. Марцуль, Н. С. Кузьмич, С. П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 1999. – 81 с.
18. Мероприятия по охране труда и безопасности жизнедеятельности в дипломных проектах (работах): учеб.-метод. пособие / Г. А. Чернушевич [и др.]; под общей ред. Г. А. Чернушевича. – Минск: БГТУ, 2004. – 125 с.
19. Трофимов, С. П. Проектирование деревообрабатывающих предприятий. В 2 ч. Ч. 2. Технологическая и общетехническая подготовка производства: учеб. пособие / С. П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 2013. – 417 с.
20. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия: СТБ 1711-2007. – Введ. 01.05.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 11 с.
21. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия: СТБ 1712-2007. – Введ. 01.05.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 16 с.
22. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия: СТБ 1713-2007. – Введ. 01.05.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 11 с.
23. Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия: СТБ 1714-2007. – Введ. 01.05.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 9 с.
24. Проекты (работы) курсовые: СТП БГТУ 002-2007. – Взамен СТП БГТУ 05.11.1991; введ. 01.01.2007. – Минск: БГТУ, 2007. – 31 с.
25. Проекты (работы) дипломные: СТП БГТУ 001-2010. – Взамен СТП БГТУ 001-2002; введ. 03.03.2010. – Минск: БГТУ, 2010. – 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО (ДИПЛОМНОГО) ПРОЕКТА	7
2. ПЛАНИРОВАНИЕ РАСКРОЯ БРЕВЕН НА ПИЛОПРОДУКЦИЮ.....	9
2.1. Составление и расчет поставов на распиловку бревен на пиломатериалы общего назначения	9
2.2. Составление и расчет поставов на распиловку бревен на специальную пилопродукцию	21
2.3. Составление плана раскроя бревен	25
2.4. Расчет посортного состава пиломатериалов	29
2.5. Расчет баланса древесины	30
3. ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЦЕХОВ.....	36
3.1. Лесопильные рамы	37
3.2. Круглопильные станки	43
3.3. Ленточнопильные станки	45
3.4. Фрезернопильное оборудование	48
3.5. Станки для торцовки и обрезки досок	50
3.6. Оборудование для переработки кусковых отходов.....	53
3.7. Транспортное оборудование	55
3.8. Сортировочные установки для пиломатериалов	58
3.9. Выбор режущих инструментов.....	60
3.10. Составление заказной спецификации оборудования	61
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЦЕХОВ	62
4.1. Лесопильные цехи на базе лесопильных рам.....	62
4.2. Лесопильные цехи на базе круглопильных станков.....	69
4.3. Лесопильные цехи на базе ленточнопильных станков	76
4.4. Лесопильные цехи на базе фрезернопильных линий	78
4.5. Методика разработки технологических схем лесопильных потоков.....	84
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕСОПИЛЬНОГО ЦЕХА	90

6. ОБОРУДОВАНИЕ СКЛАДОВ СЫРЬЯ И ПИЛОМАТЕРИАЛОВ	94
6.1. Грузоподъемное и транспортное оборудование	94
6.2. Оборудование для сортировки бревен	101
6.3. Окорочные станки	105
6.4. Разработка технологических схем складов сырья и пиломатериалов	107
7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА	112
8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА	115
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБЩИХ РАЗДЕЛОВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА	116
ПРИЛОЖЕНИЕ	118
ЛИТЕРАТУРА	147

Учебное издание

Янушкевич Антон Антонович

**ТЕХНОЛОГИЯ
ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.
КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *О. П. Приходько*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 13.04.2015. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,7. Уч.-изд. л. 9,0.
Тираж 140 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.