

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ЯКУТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

А. А. Тамби, доктор технических наук, профессор кафедры Технологии и оборудование лесного комплекса ЯГСХА

А. М. Артеменков, кандидат технических наук, доцент кафедры Технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины СПбГЛТУ

ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Планирование раскроя сырья и расчет производственной
мощности лесопильного цеха**

Учебное пособие по изучению дисциплины и курсовому проектированию для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

При поддержке



Якутск
2019

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
факультета лесного комплекса и землеустройства
ФГБОУ ВО Якутской государственной сельскохозяйственной академии

Отв. редактор

доктор технических наук, профессор кафедры Технология
и оборудование лесного комплекса ЯГСХА **А. А. Тамби**

Рецензенты

СПб НТО Бумдревпром (председатель правления доктор технических
наук, профессор **А. Р. Бирман**)

ООО «Листвин» (генеральный директор кандидат технических наук,
Дасмаев В.Н.)

УДК 674.093

ББК 37.132

Ч-49

Тамби А.А., Артеменков А.М. Технология лесопильного произ-
водства. Планирование раскрыя сырья и расчет производственной
мощности лесопильного цеха: Учебное пособие – Якутск.: ЯГСХА, 2019.
– 76 с.

Представлено кафедрой технология и оборудование лесного комплекса

В учебном пособии рассмотрена методика планирования раскрыя пиловочного сырья на пиломатериалы. Указаны рекомендации по составлению структурно-технологической схемы лесопильного цеха. Приведена методика и примеры расчёта производственной мощности лесопильных цехов различной производственной мощности и оборудованных головным оборудованием разных типов, а также оборудования для обрезки и сортировки сырых пиломатериалов.

Пособие предназначено для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», а также будет полезно при выполнении курсового проектирования, подготовки выпускной квалификационной работы и специалистам лесопильных и деревообрабатывающих производств.

Библиогр. 19. Табл. 21. Ил. 20.

ISBN 978-5-6040736-7-4

© ЯГСХА, 2019

© А.А. Тамби, А.М. Артеменков

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование любого производства – сложная многоуровневая задача, требующая специальных знаний и соответствующей подготовки.

Маркетинговые исследования рынка пилопродукции свидетельствуют об увеличении количества дополнительных требований, предъявляемых прежде всего к размерно-качественным параметрам пиломатериалов, определяемых их назначением. В этой связи на лесопильных предприятиях необходимо оперативно выполнять большой объём работ для обеспечения возможности выполнения всех поступающих заказов в заданные сроки с минимальным расходом сырья. Эффективное выполнение данной задачи практически невозможно без использования соответствующего программного обеспечения, адаптированного под нужды конкретного предприятия.

Отсутствие точной и своевременной информации об имеющихся запасах сырья и пиломатериалов на бирже древесины и ожидаемых поставках пиловочника при работе по новой спецификации не позволяет предприятию осуществлять согласованную работу всех производственных участков, а также ведёт к снижению объёмного выхода пиломатериалов при распиловке брёвен неоптимальными поставками, что в значительной степени снижает рентабельность производства. При этом происходит выпилка пиломатериалов неспецификационных сечений, реализация которых в значительной степени затруднена.

При принятии решения о возможности выполнения заказа предприятие должно учитывать ограничения, накладываемые техническими особенностями установленного оборудования, а также анализировать наличие сырья на складе, стоимость выполнения заказа при использовании различных схем раскроя и соответственно изменяющегося объёмного выхода пиломатериалов, возможности сушильного участка и другие подобные факторы.

Для рационального использования имеющегося парка оборудования и сырья необходимо производить планирование работы всех участков лесопиления на период выполнения всех текущих заказов. Эффективность производства должна определяться не только производительностью процесса, но и комплексным использованием древесины.

В зависимости от производственной мощности предприятия и типа головного и вспомогательного оборудования при анализе возможности выполнения заказа должны быть приняты во внимание следующие технологические аспекты:

– выбор способа раскроя брёвен для обеспечения максимального спецификационного и качественного выхода пиломатериалов;

- определение максимально возможного количества одновременно выпускаемых сечений, в зависимости от параметров и вместимости сушильных камер и склада пиломатериалов;
- возможность включения в поставки пиломатериалов из других текущих или планируемых заказов;
- возможность включения в поставки попутной пилопродукции востребованных сечений.

Для каждого из вариантов необходимо определить экономическую эффективность, баланс сырья, необходимое время работы участков лесопильного предприятия для выполнения заказа, а также объёмы и спецификацию попутной продукции.

Материалы учебного пособия могут быть использованы при подготовке бакалавра по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», полезны при подготовке выпускной квалификационной работы, а также при проектировании и реконструкции лесопильных цехов и предприятий.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ГОЛОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Современные процессы лесопиления нельзя проектировать и реконструировать без учёта взаимосвязи и взаимовлияния основных операционных цехов: цеха подготовки сырья, лесопильного цеха, цеха камерной сушки и участка окончательной обработки пиломатериалов. Поэтому проектирование лесопильных предприятий необходимо осуществлять комплексно с расчётом структуры и основных параметров основных цехов.

1.1. Классификация лесопильных предприятий по производственной мощности

Лесопильное производство представляет собой сложную производственную систему, состоящую из большого количества участков, рис. 1.1, различающихся по виду выполняемых технологических операций и включающей в себя оборудование различных типов.

В зависимости от типа используемого бревнопильного оборудования, технологической схемы производства, способа раскроя пиловочных брёвен и объёмов производства лесопильные предприятия могут быть классифицированы по объёмам перерабатываемого сырья на следующие условные группы:

- крупные лесопильные предприятия, перерабатывающие свыше 400 тысяч кубических метров брёвен в год;

- средние лесопильные предприятия, производственной мощностью 100...400 тысяч кубических метров брёвен в год;
- малые лесопильные предприятия, производственной мощностью до 100 тысяч кубических метров брёвен в год.

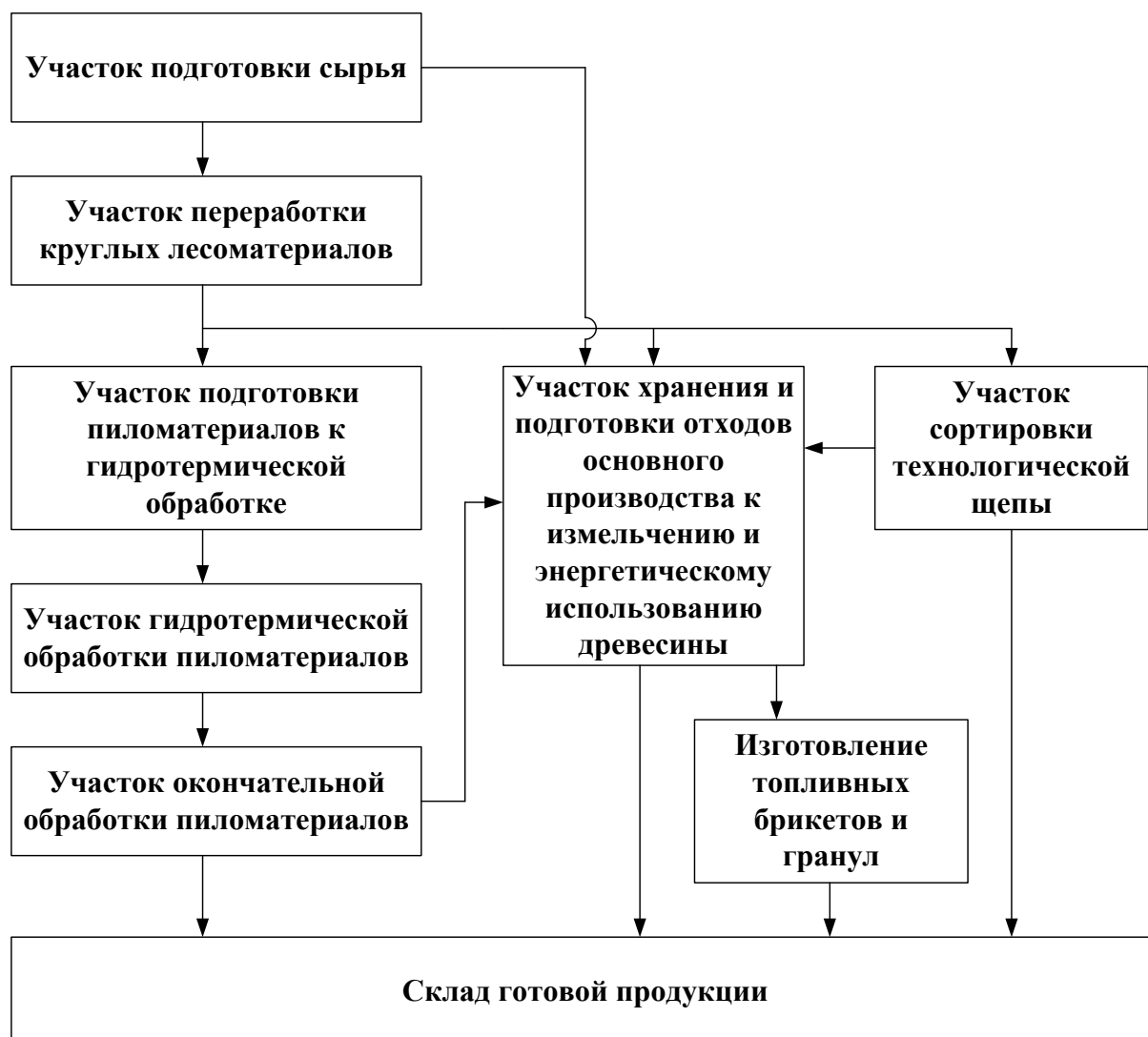


Рис. 1.1. Структурная схема лесопильного производства [6]

Существующая классификация применима для общей характеристики лесопильных предприятий, но не учитывает внутрицеховые процессы раскроя пиловочных брёвен. Производство щепы и пиломатериалов одинаковых размеров и назначения может быть выполнено с использованием различного головного и вспомогательного оборудования на одном или нескольких бревнопильных потоках.

1.2. Классификация лесопильного оборудования

Под лесопильным потоком понимается один или несколько бревнопильных станков (рядов), объединённых в единую производственную цепь, для последовательного раскроя брёвен на пиломатериалы. В

зависимости от выбранного способа раскроя пиловочных брёвен, неотъемлемой частью лесопильного потока является соответствующее технологическое оборудование для обрезки и торцовки пиломатериалов в размер по сечению и длине. Тип бревнопильного оборудования выбирается в зависимости от качественных и геометрических характеристик сырья, требуемой производственной мощности и выбранной схемы распиловки брёвен для получения пиломатериалов заданных типоразмеров из различных зон брёвен (с соответствующим направлением волокон древесины). Лесопильный поток может компоноваться из оборудования различных типов, которые приведены на рис. 1.2.

Лесопильное оборудование может быть классифицировано по его типу и виду, следующим образом:

1. Многопильное оборудование *проходного* типа групповой распиловки (переработки) брёвен на пиломатериалы.

2. Оборудование *позиционно-проходного* типа индивидуальной распиловки с возвратно-поступательным движением брёвен и брусьев при их раскрое.

3. Оборудование *позиционного* типа индивидуальной распиловки с возвратно-поступательным движением пильных механизмов. При этом брёвна и брусья при их раскрое закреплены на неподвижной станине станка.

1.3. Основные виды продукции лесопильного производства

Основной продукцией современного лесопильного производства являются пиломатериалы, технологическая щепа, а также топливные гранулы и брикеты, рис. 1.3 [6].

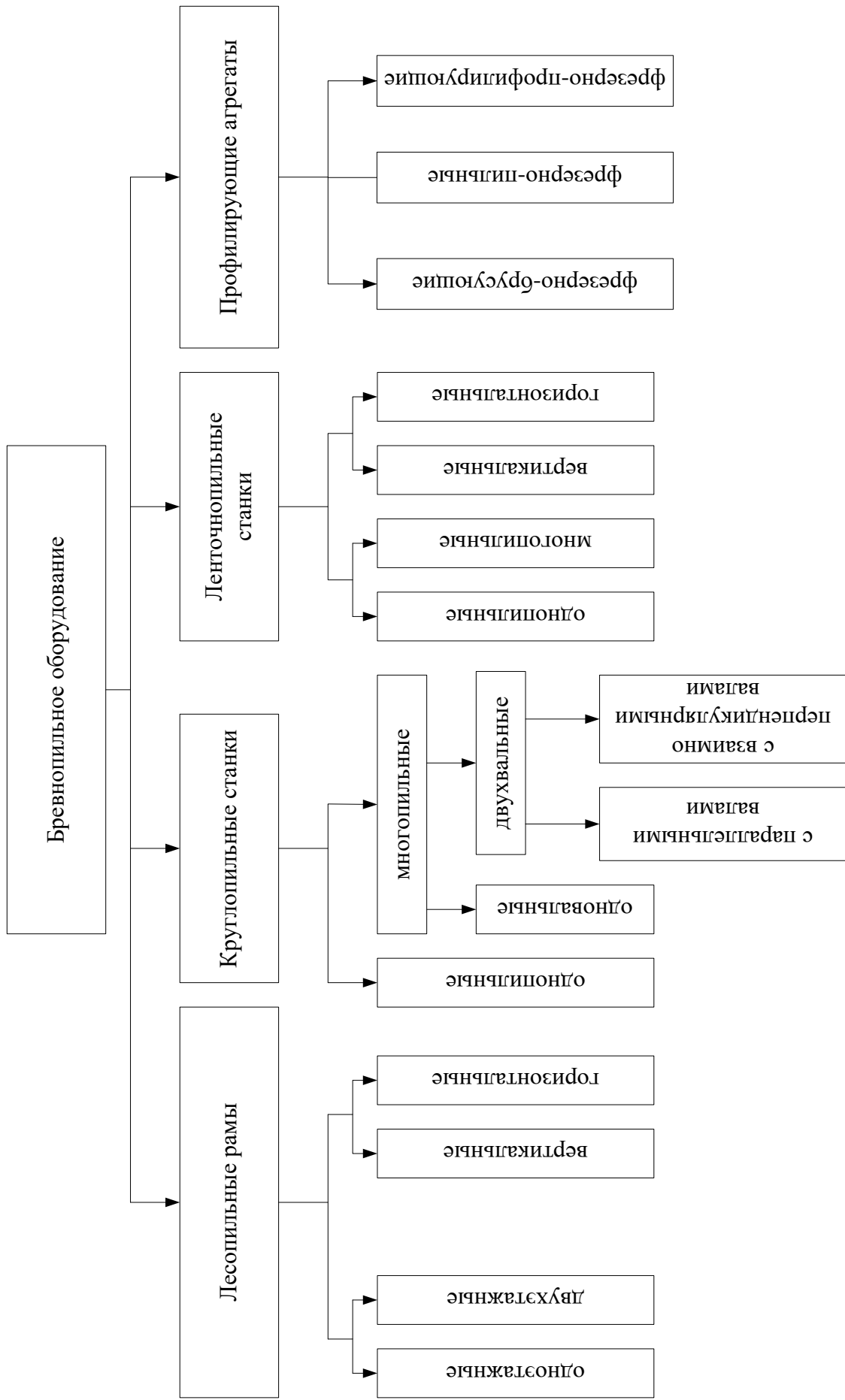


Рис. 1.2. Общая классификация бревнопильного оборудования по типу режущего инструмента

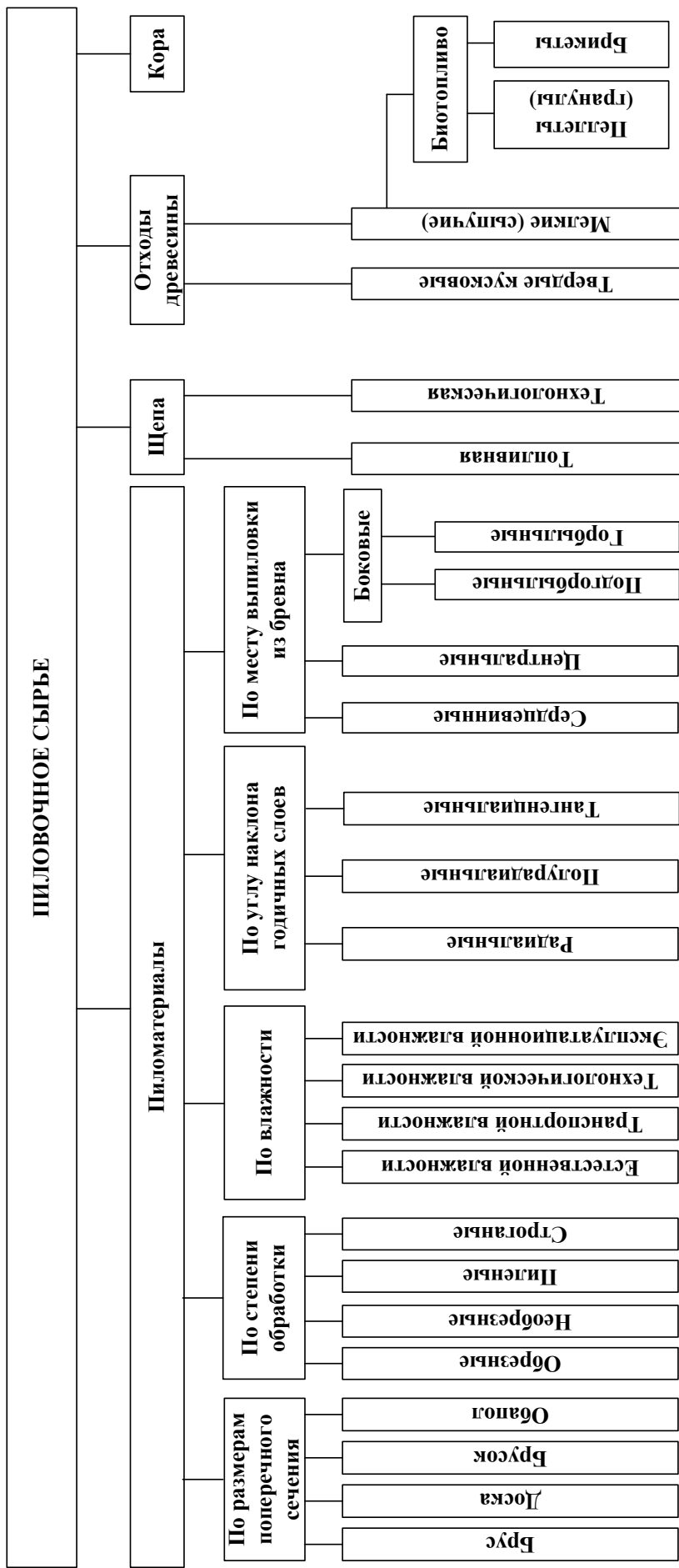


Рис. 1.3. Основные виды продукции лесопильных предприятий

2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАСКРОЯ СЫРЬЯ

2.1. Выбор и обоснование способа раскроя сырья на пиломатериалы

В соответствии с заданной спецификацией пиломатериалов и пиловочного сырья, табл. 1 Прил. 1, студент должен выбрать и обосновать рациональный способ раскроя круглых лесоматериалов, рис. 2.1, обеспечивающий получение пиломатериалов требуемых размеров и сорта в заданных объемах с наименьшими затратами сырья.

Таблица 2.1

Пример заданной спецификации пиломатериалов Порода – Сосна, Сорт пиловочных брёвен – 1

Толщина × ширина, мм	Объём партии пиломатериалов, м ³	Сортность пиломатериалов	Объём возможных перепилов и недопилов, %
75×175	25	б/с	± 5
75×100	45	III	± 5
50×150	20	б/с	± 5
25×125	150	III	± 5
19×125	140	III	± 5
19×100	40	IV	± 5
	$\Sigma V = 420$		

В зависимости от сорта пиловочных брёвен сортность пиломатериалов может существенно изменяться. В табл. 2.2 представлена среднестатистическая взаимосвязь между сортом пиловочных брёвен и сортностью пиломатериалов. В условиях реального предприятия данные табл. 2.2 должны быть скорректированы в соответствии с реальными условиями.

Таблица 2.2

Ориентировочная взаимосвязь между сортностью пиловочных брёвен и пиломатериалов [12, 13]

Сосна	
Сорт пиловочных брёвен	Сорт пиломатериалов
I	б/с – 35 %, III – 48 %, IV – 17 %
II	б/с – 17 %; III – 62 %; IV – 21 %
III	б/с – 13 %; III – 49 %; IV – 38 %
Ель	
I	б/с – 52 %, III – 30 %, IV – 18 %
II	б/с – 42 %; III – 40 %; IV – 18 %
III	б/с – 27 %; III – 34 %; IV – 39 %
Лиственница	
I	б/с – 47 %, III – 30 %, IV – 23 %
II	б/с – 33 %; III – 48 %; IV – 19 %
III	б/с – 22 %; III – 38 %; IV – 40 %

К бессортным пиломатериалам (б/с) относят пиломатериалы 0, I и II сортов.

В соответствии с данными табл. 2.2 необходимо определить принимаемый к выпилке объём пиломатериалов и составить скорректированную таблицу спецификации пиломатериалов по форме табл. 2.3.

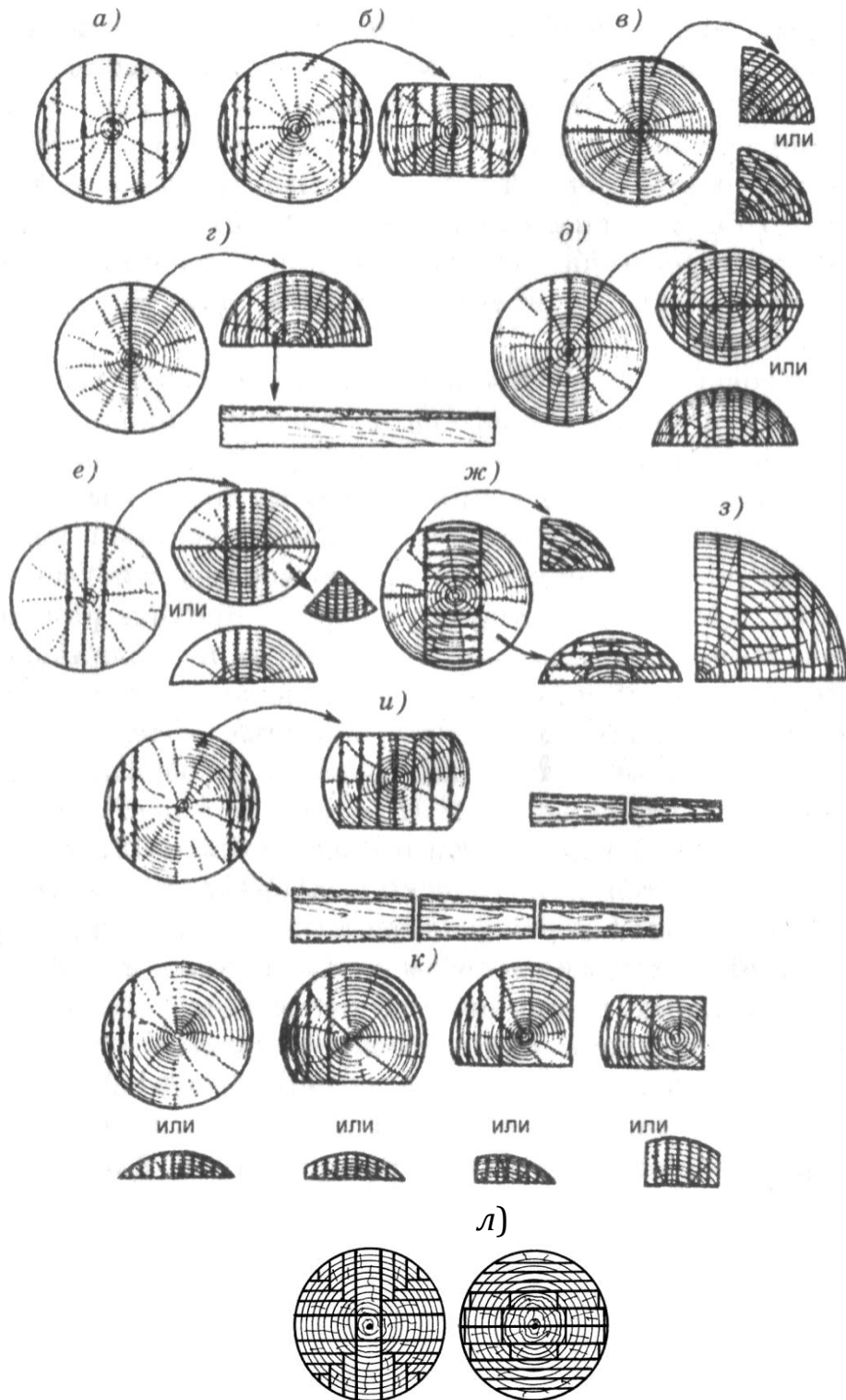


Рис. 2.1. Схемы распиловки брёвен [1]
а – вразвал; б – с брусочкой; в – секторный; г – сегментный; д – развально-сегментный; е – развально-секторный; ж – брусово-сегментный; з – комбинированный развально-сегментный; и – комбинированный брусово-развальный для крупномерных сбежистых брёвен с раскроем необрезных досок на заготовки поперечно-продольным методом параллельно оси или сбегу; к – круговой; л – индивидуальные схемы распиловки бревен.

Скорректированная спецификация пиломатериалов
Порода – Сосна, Сорт пиловочных брёвен – 1

Толщина × ширина, мм	Требуемый объём партии пиломатериалов, для обеспечения требований по сортовому выходу, м ³	Объём возможных перепилов и недопилов, %
75×175	250	± 5
75×100	70	± 5
50×150	200	± 5
25×125	230,8	± 5
19×125	215,4	± 5
19×100	160	± 5
	$\Sigma V = 1126,2$	

Далее студенту необходимо составить поставки на распиловку круглых лесоматериалов, что выполняется с использованием специализированных программных комплексов SawsOptimization или аналогичных им, либо в соответствии с методикой, приведенной в [1]. Составлению и расчёту поставок предшествует проверка следующих условий:

1. Определение возможности выпилки заданных пиломатериалов из имеющегося сырья при средневзвешенном объёмном выходе пиломатериалов, установленном на среднем уровне 50 %.

При указанном объёмном выходе возможность выполнения заказа определяется по формуле (2.1)

$$V \leq 0,5Q, \quad (2.1)$$

где V – объём заданных спецификацией пиломатериалов, м³; Q – объём имеющегося сырья, м³.

2. Используя метод Г. Д. Власова [19], требуется соотнести среднюю ширину досок в задании $b_{\text{ср}}$, мм, и средний диаметр бревна $d_{\text{ср}}$, см, которые, для возможности выполнения заказа, должны находиться в заданном пределе (2.2)

$$b_{\text{ср}} \leq 10ad_{\text{ср}}, \quad (2.2)$$

где a – коэффициент, определяющий способ распиловки брёвен: при $a \leq 0,63$ – распиловка может быть осуществлена со 100 %-ной брусочкой; при $0,63 < a \leq 0,68$ – распиловка осуществляется с 50 %-ной брусочкой; при $0,68 < a \leq 0,73$ – распиловка 100 %-но осуществляется вразвал; при $a > 0,73$ – выполнение спецификации невозможно.

$$b_{\text{cp}} = \frac{V}{\frac{V_1}{b_1} + \frac{V_2}{b_2} + \dots + \frac{V_n}{b_n}}, \quad (2.3)$$

где V – общий объём пиломатериалов, требуемых к выпилке, м³; b_1, b_2, b_n – ширины досок, намеченных к выпилке, мм; V_1, V_2, V_n – объём досок, соответствующих ширин, м³.

$$d_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{d_1^2 m_1 + d_2^2 m_2 + \dots + d_n^2 m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}}, \quad (2.4)$$

где d_1, d_2, d_n – диаметры брёвен, имеющиеся на складе сырья, см; m_1, m_2, m_n – количество брёвен соответствующего диаметра, м³.

Определим способ раскроя пиловочного сырья

$$a = \frac{b_{\text{cp}}}{10d_{\text{cp}}}. \quad (2.5)$$

При выполнении учебного расчёта среднего диаметра круглых лесоматериалов зададим следующие ограничения:

- на складе имеются брёвна диаметрами от 12 до 40 см, длиной 6 м;
- количество брёвен в каждой сортировочной группе с шагом диаметра 2 см – 300 штук.

При возможности выполнения спецификации и после определения способа раскроя пиловочных брёвен необходимо составить поставки на распиловку.

2.2. План раскроя пиловочного сырья

Составление плана раскроя пиловочного сырья следует начинать с наиболее толстых и широких пиломатериалов в спецификации. Выпилка этих сечений происходит из брёвен больших диаметров и попутно с ними в поставе размещаются другие сортаменты меньших сечений.

Определение рационального диаметра бревна d , см, для выпилки требуемого сечения пиломатериалов производится по формуле (2.6)

$$d = \frac{1,4H}{10}, \quad (2.6)$$

где H – ширина пиломатериала, мм.

Самыми широкими и толстыми пиломатериалами в заданной спецификации, табл. 2.3, являются доски 75×175 мм. Определяем по формуле (2.6) рациональный диаметр брёвен для их выпилки

$$d = \frac{1,4 \cdot 175}{10} = 24,5 \text{ см.}$$

При сортировке пиловочных брёвен по чётным диаметрам с шагом 2 см, в данном примере следует принять для расчёта диаметр брёвен равный 26 см. Коэффициент сбега пиловочных брёвен принимается в соответствии со справочными данными, табл. 2.4.

Таблица 2.4

Коэффициент сбега пиловочных брёвен

Вершинный диаметр сырья d , см	Коэффициент сбега $K_c = \frac{D}{d}$
14...16	1,3
18...24	1,25
26...50	1,2

Отметим, что произведение $dK_c = D = 26 \cdot 1,2 = 31,2$ см – комлевой диаметр бревна.

Поскольку ширина пропила зависит от вида пильного инструмента, а тип головного оборудования на данном этапе не определен, для предварительных расчетов принимаем ширину пропила равной 3,6 мм. При окончательном выборе конкретного типа головного оборудования расчет должен быть скорректирован. Объем бревна определяется по табл. 2 прил. 1.

Поставы оформляются в виде ведомости, по форме табл. 2.5 и в виде графической схемы, с указанием месторасположения пиломатериалов в бревне и их размеров.

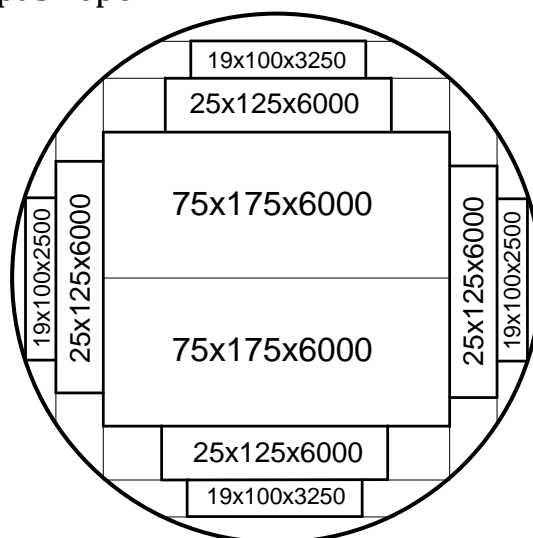


Рис. 2.2. Схема раскроя бревна диаметром $d = 26$ см

Таблица 2.5

Ведомость поставок к плану раскроя сырья
($d = 26 \text{ см}; L = 6 \text{ м}; q = 0,39 \text{ м}^3$)

Номинальная толщина доски, мм	Число досок в поставе, шт.	Расход древесины на одну доску, мм	Расстояние от оси бревна до наружной пласти доски, мм	Ширина доски, мм		Длина доски, м	Объём досок, м ³	
				расчётная	стандартная		из одного бревна	общий
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Первый проход 19-19-175-19-19								
		179,4	89,7					
19	2	19,6	112,9	128	125	6	0,0285	
19	2	19,6	136,1	-	100	2,5	0,0095	
Второй проход 19-25-75-75-25-19								
75	2	77,3	79,1	-	175	6	0,1575	
25	2	25,8	108,5	140	125	6	0,0375	
19	2	19,6		-	100	3,25	0,0124	
$OB = \frac{0,2454}{0,39} 100 = 62,9 \%$								

После составления постава для выпилки самых толстых и широких досок в спецификации, в табл. 2.3 вносятся изменения. Из неё исключаются уже выпиленные пиломатериалы и формируется табл. 2.6, которая является основой для продолжения расчётов.

Составление поставок и ведомостей плана раскроя сырья продолжают до тех пор, пока не будут получены все заданные в табл. 2.3 пиломатериалы.

Сумма объёмов всех досок, выпиленных из бревна на первом и втором проходах

$$A = 0,0285 + 0,0095 + 0,1575 + 0,0375 + 0,0124 = 0,2454 \text{ м}^3.$$

Зная объём бревна, по формуле (2.7) может быть определен объёмный выход пиломатериалов OB , %

$$OB = \frac{A}{q} 100 = \frac{0,2454}{0,39} 100 = 62,9 \%. \quad (2.7)$$

Определив все параметры постава и зная количество и объём пиломатериалов заданного сечения, получаемого из одного бревна, можно определить необходимое количество брёвен диаметром 26 см,

потребных для получения самых толстых и широких пиломатериалов. В данном примере такими пиломатериалами являются доски 75×175×6000 мм. Попутно с ними выпиливаются пиломатериалы смежных сечений из заданной спецификации, объёмы которых требуется учитывать и фиксировать в общей табл. 2.7, где формируется общий план раскроя пиловочного сырья, необходимого для выполнения заказа.

Таблица 2.6

**Скорректированная спецификация пиломатериалов
Порода – Сосна, Сорт пиловочных брёвен – 1**

Толщина и ширина, мм	Требуемый объём партии пиломатериалов, для обеспечения требований по сортовому выходу, м ³	Объём возможных перепиллов и недопиллов, %
75×175	0	± 5
75×100	70	± 5
50×150	200	± 5
25×125	170,73	± 5
19×125	169,75	± 5
19×100	125,01	± 5
	$\Sigma V = 735,49$	

Все расчёты по составлению плана раскроя пиловочного сырья ведутся в единой таблице, расположенной без переносов на одном листе формата А4.

По результатам составления плана раскроя, табл. 2.7, необходимо определить следующие показатели:

1. Общий (средневзвешенный) выход пиломатериалов $ОВ_{общ}$, %

$$ОВ_{общ} = \frac{A_{общ}}{Q} 100, \quad (2.8)$$

где $A_{общ}$ – сумма объёмов выпилённых пиломатериалов без учёта сортности, м³; Q – потребное количество пиловочных брёвен, м³.

2. Объёмный выход спецификационных пиломатериалов $ОВ_{сп}$, %

$$ОВ_{сп} = \frac{A_{сп}}{Q} 100, \quad (2.9)$$

где $A_{сп}$ – сумма объёмов пиломатериалов, заданная спецификацией, м³.

Таблица 2.7

План раскроя пиловочного сырья

Размеры основных досок, мм	Объём одной доски, м ³	Заданное количество досок		Требуемое сырье					Поставы	Задано сечений, мм						Всего, м ³
		м ³	шт.	Диаметр	Количество брёвен, шт.	Объём одного бревна, м ³	Сорт брёвен	Всего, м ³		75×175	75×100	50×150	25×125	19×125	19×100	
										задано, м ³						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
75×175	0,078	250	3205	26	1602	0,39	I	624,78	19-19-175-19-19 19-25-75-75-25-19	250	-	-	60,07	45,65	34,99	390,71
.
.
.
.

3. Объёмный выход попутной продукции $OB_{пп}$, %

$$OB_{пп} = \frac{A_{общ} - A_{сп}}{Q} 100. \quad (2.10)$$

4. Превышение объёмов пиломатериалов относительно заданных показателей $a_{п}$, %

$$a_{п} = \frac{A_{сп} - П}{A_{сп}} 100, \quad (2.11)$$

где П – объём перевыполнения сечений пиломатериалов по отдельным наименованиям, м³

5. Недовыполнение объёмов пиломатериалов относительно заданных показателей $a_{н}$, %

$$a_{н} = \frac{A_{сп} - Н}{A_{сп}} 100, \quad (2.12)$$

2.3. Определение баланса древесины при выполнении заданной спецификации

Составление баланса древесины осуществляется для всех поставов, составленных при расчёте плана раскроя пиловочного сырья.

Объём опилок, получаемых при раскрое одного бревна $Q_{оп}$, м³, укрупнённо определяется по формуле (2.13)

$$Q_{оп} = bd_{бр}l_{ср}n, \quad (2.13)$$

где b – ширина пропила, м; $d_{бр}$ – диаметр бревна, м; $l_{ср}$ – средняя длина пропила, м; n – число пропилов.

Процентное соотношение опилок в балансе сырья O , %, определяется по формуле (2.14)

$$O = \frac{Q_{оп}}{q} 100, \quad (2.14)$$

Потери древесины на распыл P , %, принимаются в пределах 5...10 % от объёма опилок (2.15)

$$P = \frac{(0,05 \dots 0,1)Q_{\text{оп}}}{q} 100. \quad (2.15)$$

Потери на усушку зависят от конечной влажности пиломатериалов и в предварительных расчётах принимаются равными $У = 3 \dots 5 \%$.

Объём получаемой технологической щепы $O_{\text{щ}}$, %, либо кусковых отходов, определяется по выражению (2.16)

$$O_{\text{щ}} = 100 - \text{ОВ} - O - P - У, \quad (2.16)$$

где 100 – полный объём пиловочной древесины, %; ОВ – объёмный выход пиломатериалов, %; O – объём опилок, %; P – объём распыла, %; У – потери на усушку, %.

Результаты расчёта сводятся в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Баланс древесины в производстве пиломатериалов

Пиломатериалы, отходы, потери	Объём, %
<u>Продукция</u>	
Пиломатериалы	
Технологическая щепа (кусковые отходы)	
Опилки, отсев	
<u>Безвозвратные потери</u>	
Усушка	
Распыл	
Итого	100
Кора	

3. СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛЕСОПИЛЬНОГО ЦЕХА

При расчёте нового предприятия необходимо знать, сколько кубометров брёвен в год оно сможет переработать. Для этого необходимо учесть тип оборудования, количество смен работы, ориентировочный регион установки нового завода, а также кривую сырья, которую он будет перерабатывать.

Выбор оборудования определяется также назначением, размерами и требуемым качеством пиломатериалов, особенностями выбранного метода раскроя брёвен, качеством и размерами распиливаемого сырья, и экономической выгодностью применения того или иного оборудования в различных условиях.

В соответствии с заданной производительностью лесопильного цеха, табл. 1 прил. 1, студент должен определить типы головного и технологического оборудования [1, 6, 8] и составить структурно технологическую схему раскроя брёвен на пиломатериалы, рис. 3.1.

Выбранное лесопильное оборудование должно обеспечивать возможность осуществления распиловки круглых лесоматериалов в соответствии с рассчитанными в табл. 2.7 поставками и соответствовать по своим техническим характеристикам заданной производительности.

Условные обозначения станков и оборудования лесопильного цеха приведены в прил. 2.

4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

4.1. Производительность рабочих машин и поточных линий

Различают три вида производительности рабочих машин: технологическую, цикловую и фактическую.

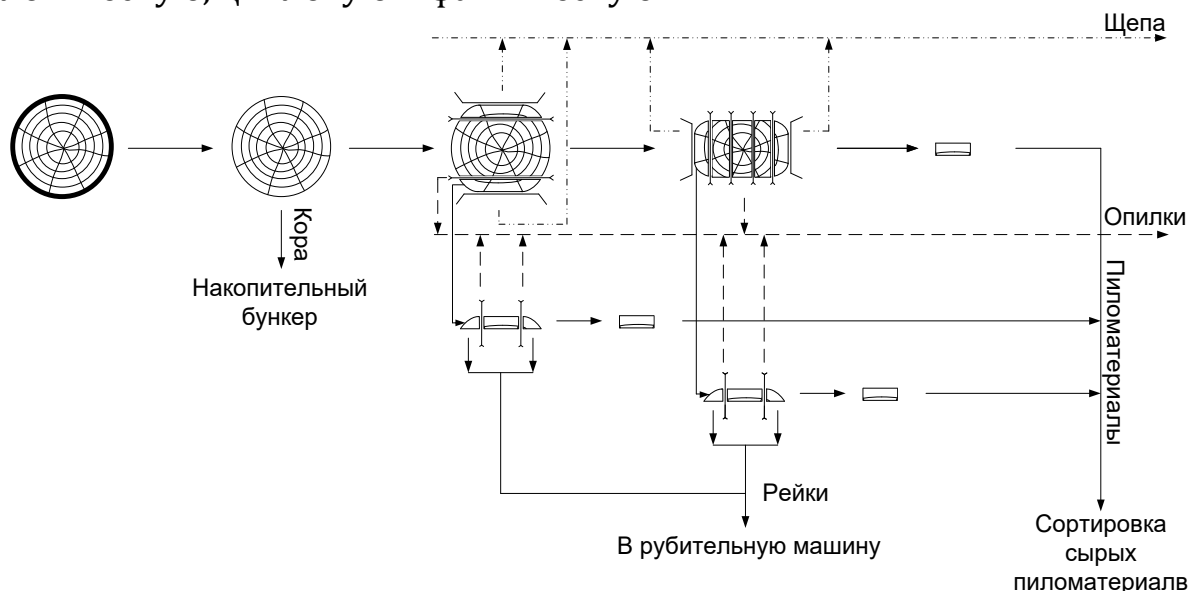


Рис. 3.1. Пример структурной схемы лесопильного цеха с головным фрезерно-пильным оборудованием

Технологическая (идеальная) производительность Q_T представляет собой потенциал производительности машины, определяемый в идеальных условиях – при отсутствии холостых ходов, не совмещенных со временем машинной обработки хлыстов, бревен, брусьев или досок, а также любых затрат времени по техническим, технологическим и организационным причинам. Иными словами, это штучная производительность машины при условии отсутствия как цикловых, так и внецикловых потерь времени. В этом случае период рабочего цикла машины $T_{ц}$ равен времени непосредственной машинной обработки t_m на ней предмета труда: $t_{ц} = t_m$, шт./мин

$$Q_T = \frac{1}{t_M}. \quad (4.1)$$

В лесопилении выделяют также пропускную способность Q_{Π} машины, линии. Это объясняется тем, что, например, лесопильные рамы, имеющие кривошипно-шатунный механизм главного движения, осуществляют распиловку брёвен и брусьев только за рабочий ход их пильных рамок. Поэтому их технологическая производительность равна удвоенной скорости их подачи U .

Значительного увеличения технологической производительности можно добиться при сортировке обрезных досок, уложенных в сплошной «ковёр» на поперечном цепном транспортере без упоров. Однако конструктивные особенности рабочих машин для поперечного раскроя досок предусматривают обязательное наличие упоров на рабочих органах, перемещающих материал в поперечном направлении. Потому пропускная способность машин (линий), шт. в минуту:

– при продольном движении

$$Q_{\Pi} = \frac{U}{l}, \quad (4.2)$$

– при поперечном движении

$$Q_{\Pi} = \frac{U}{h}, \quad (4.3)$$

где U – скорость подачи, м/мин; l – длина обрабатываемых брёвен, досок, м; h – расстояние между упорами, м.

Пропускная способность для разных типов оборудования:

– для оборудования проходного типа $Q_{\Pi} = \frac{U}{l}$;

– для оборудования индивидуального раскроя $Q_{\Pi} = \frac{U}{lz_{\text{рез}}}$;

– для оборудования с рециркуляцией $Q_{\Pi} = \frac{U}{ln_{\text{прох}}}$.

Шаг упоров определяется конструктивными соображениями. Пропускная способность современных автоматизированных сортировочных линий позволяет рассортировать до 220 и более штук досок в минуту.

Цикловая производительность (иногда её называют конструктивной) рассчитывается с учётом всех цикловых потерь времени, которые, как правило, закладываются уже при проектировании станков

(линий) определённого назначения. К цикловым относятся потери времени на холостые ходы в рабочих циклах машин. Рабочий цикл станков $T_{ц}$ – это время, за которое станок выдаёт один или партию предметов труда, одновременно на нём обрабатываемых. Величина рабочего цикла зависит от времени машинной обработки, совмещения со вспомогательными операциями и совмещения вспомогательных операций между собой.

Цикловая производительность рассчитывается по формуле (4.4)

$$Q_{ц} = \frac{60}{t_{м} + t_{в}} = \frac{60}{T_{ц}} = Q_{п} K_{м}, \quad (4.4)$$

где $t_{м}$ – время непосредственной машинной обработки хлыста, бревна, доски, бруса, с; $t_{в}$ – время вспомогательных операций, не совпадающих со временем машинной обработки, с; $T_{ц}$ – период рабочего цикла, с; $Q_{п}$ – пропускная способность, шт./мин; $K_{м}$ – коэффициент использования машинного времени.

4.2. Коэффициент использования машинного времени оборудования

Производительность отдельных машин и поточных линий зависит не только от скорости подачи и базирования предметов труда, но и от способа раскроя, а также от необходимости выполнения операций, сопутствующих процессу резания древесины, которые требуют времени и сокращают производительность лесопильного оборудования. Эти потери учитываются коэффициентом использования машинного времени $K_{м}$ и зависят от совершенства конструкций впередистаночных устройств и конвейеров. В идеальном случае величина коэффициента равна единице.

Коэффициент использования машинного времени бревнопильного агрегатного оборудования может быть рассчитан по формуле

$$K_{м} = \frac{t_{р}}{T_{ц}} = \frac{t_{р}}{t_{1} + t_{2} + t_{3} + t_{4} + t_{5}}, \quad (4.5)$$

где $t_{р}$ – время непосредственной распиловки брёвен определенных длин и диаметров, с; $T_{ц}$ – рабочий цикл обработки брёвен данных диаметра и длины, с; t_{1} – время на подачу (сброс) на позицию загрузки очередного бревна, с; t_{2} – время ухода бревна с позиции загрузки со скоростью транспортера, совмещаемое со временем его разворота, с; t_{3} –

время ухода оставшейся части бревна ($L - S_1$) с позиции загрузки со скоростью подающего конвейера, т. е. со скоростью распиловки (L – длина бревна и S_1 – расстояние, на которое бревно перемещается со скоростью транспортера, т. е. в течение времени t_2 , с), t_4 – время, необходимое на переналадку постава (перевод рабочих органов) перед очередным бревном (если это необходимо), с; t_5 – время межторцового разрыва между распиливаемыми брёвнами, обусловленное конструктивными особенностями (несовершенством) подающих механизмов, с.

Как правило, потери времени, вследствие появления межторцового разрыва между распиливаемыми брёвнами, выносятся из формулы (4.5) и учитываются при расчёте производительности лесопильного цеха отдельно, поскольку при распиловке сортиментов разной длины влияние данного фактора легче учитывать, объединяя его с длиной сортимента.

Средние значения коэффициента использования машинного времени для лесопильного оборудования разных типов:

1. Многопильное оборудование *проходного* типа – $K_M = 0,9 \dots 0,95$;
2. Оборудование *позиционно-проходного* типа – $K_M = 0,1 \dots 0,3$;
3. Оборудование *позиционного* типа – $K_M = 0,3 \dots 0,4$.

4.3. Коэффициент скрытых простоев

Кратковременные межторцовые разрывы и другие «скрытые» простои, составляющие обычно около 4 % машинного времени, учитываются коэффициентом скрытых (наложенных) простоев K_N .

Этот коэффициент, $K_N = 0,96$, характеризует снижение расчётной скорости распиловки (переработки) брёвен вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки, так как по этой причине производительность головного оборудования может быть снижена в отдельные периоды времени на несколько десятков процентов. Для локализации этих потерь применяют системы (установки) компенсации реактивной мощности. Этим же коэффициентом учитывают так называемые скрытые потери производительности: из-за распиловки припусков по длине бревна (около 1,5 %); увеличение межторцовых разрывов от заданного значения (около 1 %), возникающие в процессе эксплуатации (но не цикловые конструктивные потери, учитываемые коэффициентом использования машинного времени K_M) и др.

4.4. Коэффициенты использования рабочего времени

Все внецикловые простои оборудования могут быть в основном охарактеризованы коэффициентами, определяющими снижение

производительности линии вследствие организационных причин, не связанных напрямую с техническими возможностями оборудования.

Коэффициент использования оборудования $K_{ис}^{лц}$ включает в себя все затраты времени, возникающие по организационным причинам и включающие в себя техническое обслуживание, ремонты, настройку оборудования, а также простои линии, вызванные отсутствием сырья или заказов. Для расчёта коэффициента использования оборудования выделяют: коэффициенты технического использования и загрузки оборудования.

Коэффициент технического использования машин (линий) учитывает планируемые простои на их техническое обслуживание и уровень надежности оборудования, вследствие которого возникают потери времени на невынужденные простои.

Планируемые простои включают в себя время на профилактический осмотр механизмов и приборов, наладку устройств, очистку машин и т. д. Если на оборудовании планируется время на отдых и личные надобности операторов, оно, как правило, совмещается с техническим обслуживанием оборудования и входит во время его планируемых простоев.

Под уровнем надежности оборудования подразумевается время, необходимое на обнаружение и устранение отказов машин (линий), т. е. так называемые случайные простои механизмов и элементов систем управления и измерения.

Уровень безотказной работы оборудования лесопильного производства оказывает влияние на всю структуру производственных процессов лесопильного предприятия.

К современному оборудованию предъявляются требования высокой безотказности его работы $P(t) > 0,9$, где вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (4.6)$$

где $e = 2,718282$ – основание натуральных логарифмов; λ – интенсивность отказов; t – время работы, для которого определяется надежность.

Среднее время безотказной работы (время наработки на отказ) $T_{ср} = 1/\lambda$, откуда

$$P(t) = e^{-t/T_{ср}}. \quad (4.7)$$

Для значения $P(t) > 0,9$ вероятность безотказной работы с достаточной для практики точностью

$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - \frac{t}{T_{\text{ср}}}. \quad (4.8)$$

Различают следующие диапазоны $P(t)$, позволяющие оценивать степень надёжности оборудования при создании и эксплуатации: 0,99 – высокий уровень; 0,9 – повышенный; 0,8 – средний; 0,7 – пониженный; 0,6 – низкий; 0,5 – очень низкий.

При равенстве периода времени, например, годовому фонду времени $t = 4000$ ч, в течение которого требуется, чтобы оборудование работало с вероятностью безотказной работы $P(t) = 0,9$, наработка на отказ $T_{\text{ср}}$, ч, должна быть равна

$$T_{\text{ср}} \cong \frac{t}{1 - P(t)} = \frac{4000}{1 - 0,9} = 40\,000 \text{ ч}. \quad (4.9)$$

Таким образом, средний срок службы должен быть на порядок больше, чем годовой фонд времени. Как показывает опыт мирового машиностроения и организации процессов производства пиломатериалов, создание оборудования с вероятностью безотказной работы $P(t) > 0,9 \dots 0,95$ – наиболее экономически эффективно. Так, например, наработка на отказ современных систем управления (интегральные схемы и т. д.) составляет сотни тысяч часов.

Коэффициент технического использования рассчитывается для всех основных станков лесопильной линии: головного оборудования, бревнопильных станков второго и последующих рядов, обрезных систем и линии сортировки пиломатериалов естественной влажности по формулам (4.10-4.12)

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо1}} + \Delta_1 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо2}}}{T_{\text{с}} - (\Delta_2 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \Delta_3 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}} + \sum t_3)}; \quad (4.10)$$

$$K_{\text{и}}^{\text{обр}} = 1 - \frac{\Delta_3 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}}}{T_{\text{с}} - (\Delta_{\text{н2}} \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)}; \quad (4.11)$$

$$K_{\text{и}}^{\text{сл}} = 1 - \frac{\Delta_{\text{н2}} \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}}}{T_{\text{с}} - \sum t_3}; \quad (4.12)$$

где $\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}}$ – сумма планируемых простоев лесопильного цеха, мин;
 $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо1}}$ – сумма случайных простоев бревнопильного оборудования 1

ряда, мин; $\sum t_{сл.пр}^{бо2}$ – сумма случайных простоев бревнопильного оборудования 2 ряда, мин; $\sum t_{сл.пр}^{обр}$ – сумма случайных простоев обрезного оборудования, мин; T_c – время смены, мин; $\sum t_3$ – сумма случайных простоев при загрузке, мин; $\Delta_{н1}$; $\Delta_{н2}$; $\Delta_{н3}$; $\Delta_{н4}$ – коэффициенты наложенных потерь, где $\Delta_{н1}$ – наложение времени работы первой бревнопильной линии на вторую; $\Delta_{н2}$, $\Delta_{н4}$ – наложение времени работы сортировочной линии на работу цеха; $\Delta_{н3}$ – наложение времени работы обрезных станков на работу цеха.

Коэффициент наложенных потерь определяется по следующей формуле

$$\Delta_n = \frac{\theta_{ср}}{\theta_{ср} + \frac{T_{ц} E_{max}}{2}}, \quad (4.13)$$

где $\theta_{ср}$ – среднее время простоя для устранения неполадок, с, равное

$$\theta_{ср} = 3600(1 - U_{ср}), \quad (4.14)$$

где $U_{ср}$ – уровень безотказной работы оборудования; $T_{ц}$ – время цикла на обработку одного бруса (доски), с; E_{max} – максимальное количество предметов труда, вмещааемых накопителем, шт.

Коэффициент загрузки оборудования характеризует потери времени, вызванные отсутствием предметов труда: брёвен, брусьев или досок, подаваемых к оборудованию, что может быть обусловлено как организационными причинами, так и проявляться вследствие неритмичности производственного процесса. Появление указанных простоев может также являться следствием плохой технологической подготовки процесса производства пиломатериалов в целом, или же низкого уровня производственной дисциплины на предприятии. К потерям времени, характеризуемым коэффициентом загрузки, относятся также неподача сырья на предприятие в плановые периоды времени, кратковременное отключение электроэнергии и целый ряд других подобных причин.

$$K_3 = 1 - \frac{\sum t_3}{T_c}. \quad (4.15)$$

Коэффициент использования $K_{ис}^{лц}$ лесопильного цеха в общем виде рассчитывается по формуле

$$K_{ис}^{лц} = K_{ти}^{бо} K_{и}^{обр} K_{и}^{сл} K_3, \quad (4.16)$$

где $K_{\text{ти}}^{\text{бо}}$ – коэффициент использования бревнопильного оборудования; $K_{\text{и}}^{\text{обр}}$ – коэффициент использования обрезного оборудования; $K_{\text{и}}^{\text{сл}}$ – коэффициент использования сортировочной линии; $K_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки оборудования.

Для экономически эффективной работы лесопильной линии $K_{\text{ис}}^{\text{лц}}$ должен составлять не менее 75 % ($K_{\text{ис}}^{\text{лц}} = 0,75$).

5. РАСЧЁТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

5.1. Методика расчёта производственной мощности крупных лесопильных предприятий с однотипным головным оборудованием

Профессором *Калитеевским Р. Е.* разработана методика расчёта производственной мощности, основанная на системном проектировании лесопильных цехов и предприятий с различными типами головного оборудования, и базирующаяся на реальных условиях работы каждого рассматриваемого производства [1].

Пользуясь предложенной методикой и зная все факторы, можно определить как реальные возможности предприятия, так и параметры его работы в идеальных условиях, при улучшении условий труда и уровня надежности оборудования.

Фактическую производительность фрезерно-профилирующей линии ФПЛ (оборудование проходного типа) можно рассчитать по следующей зависимости

$$Q_i = \frac{U}{L_{\text{ср}}} K_{\text{м}} K_{\text{н}} K_{\text{ти}}^{\text{ФПЛ}} T_{\text{с}} q_i, \quad (5.1)$$

где $L_{\text{ср}}$ – средняя длина брёвен, м; $K_{\text{м}}$ – коэффициент использования машинного времени, который учитывает цикловые конструктивные потери, принимаем равным 0,9, т. к. в случае, если на фрезерно-профилирующей линии этот коэффициент в силу каких-либо причин получается меньше, пропадает необходимость в таких высоких скоростях подачи; $K_{\text{н}}$ – коэффициент скрытых потерь, характеризует снижение расчетной скорости распиловки брёвен вследствие падения напряжения на зажимах нагрузки; $K_{\text{ти}}^{\text{ФПЛ}}$ – коэффициент технического использования фрезерно-профилирующей линии; $T_{\text{с}}$ – продолжительность смены, мин; q_i – объем бревна i -го диаметра заданной длины, м³; U – скорость подачи, м/мин.

Скорость подачи брёвен зависит от типа используемого оборудования и выбирается по его паспортным данным. Примерная скорость подачи может быть определена по следующей системе формул

$$\begin{cases} \frac{G_0}{d_0} + G_1 = U_0 \\ \frac{G_0}{d_1} + G_1 = U_1 \end{cases}, \quad (5.2)$$

где d_0 и d_1 – соответственно, наименьший и наибольший диаметр бревен в обрабатываемой кривой сырья, мм; U_0 и U_1 – соответственно, максимальная и минимальная скорость распиловки соответствующих диаметров, м/с; G_0 и G_1 – коэффициенты аппроксимации.

Полученные коэффициенты аппроксимации в результате решения системы (5.2) подставляем в формулу (5.3)

$$U = \frac{G_0}{d} + G_1, \quad (5.3)$$

где d – диаметр бревна, для которого определяется скорость подачи, мм; G_0 и G_1 – определяются один раз для выбранного типа оборудования.

Так, например, при распиловке брёвен в диапазоне от 100 до 420 мм, скорость подачи, по мере увеличения диаметра, может снижаться со 150 до 50 м/мин.

В этом случае, решая систему (5.2), находим: $G_0 = 13125$; $G_1 = 18,75$ и получаем

$$U = \frac{13125}{d} + 18,75.$$

В этом случае, для бревна диаметром 240 мм, скорость подачи U_{24} , м/мин, будет определяться как

$$U_{24} = \frac{13125}{240} + 18,75 = 73 \text{ м/мин.}$$

Объём бревна q_i , м³, определяется по формуле (5.4), интерпретирующей табл. 2 Прил. 1 по ГОСТ 2708-75.

$$q_i = (0,87L + 0,01L^2)(d + 0,0001L^2)^2 + 0,00002L^3, \quad (5.4)$$

где L – длина бревна, м; d – расчётный диаметр бревна, м.

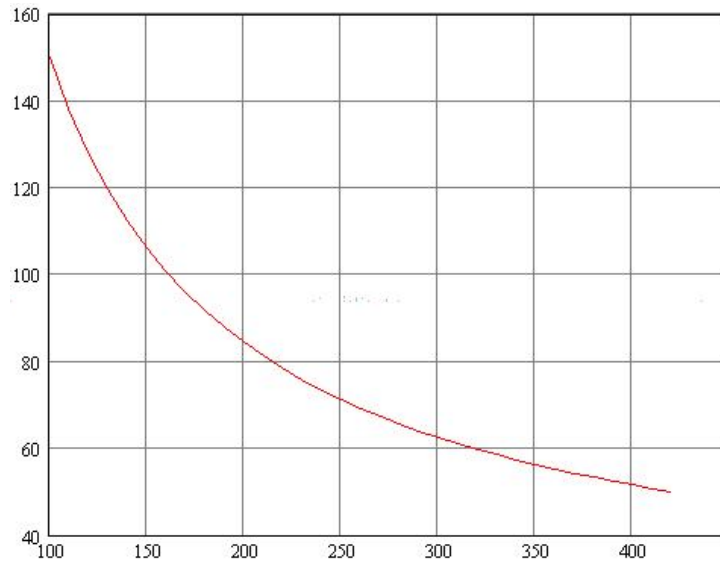


Рис. 5.1. График изменения скорости подачи в зависимости от диаметра распиливаемого бревна

Коэффициент технического использования линии $K_{\text{ти}}^{\text{ФПЛ}}$ определяется по формуле

$$K_{\text{ти}}^{\text{ФПЛ}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ФПЛ}}}{T_c - (\Delta_n \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)}, \quad (5.5)$$

где $\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}}$ – сумма планируемых простоев цеха (смена инструмента, отдых персонала и т. д.), мин; T_c – время смены, мин; $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}}$ – сумма случайных простоев линии сортировки сырых пиломатериалов, мин; $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ФПЛ}}$ – случайные простои фрезерно-профилирующей линии, мин; $\sum t_3$ – случайные простои при загрузке оборудования, мин; Δ_n – коэффициент наложенных потерь времени линии сортировки сырых пиломатериалов на работу фрезерно-профилирующей линии, когда частота возникновения неполадок и среднее время простоя для их устранения одинаковы, и одинаков также рабочий цикл смежных участков (при пропускной способности 120 досок в минуту). Продолжительность простоев определяется уровнем организации труда в лесопильном цехе и надежностью оборудования. В учебных расчётах эти показатели принимаются в диапазоне от 24 мин (высокий уровень организации труда, характерный для новых предприятий) до 48 мин (низкий уровень организации труда). В реальных условиях эти показатели определяются путём осуществления хронометража рабочего дня лесопильного цеха.

$$K_{\text{ти}}^{\text{ФПЛ}} = 1 - \frac{24 + 48}{480 - (0,96 \cdot 24 + 24)} = 0,834;$$

$$\Delta_n = \frac{240}{240 + \frac{(0,4 + 0,1) \cdot 40}{2}} = 0,96.$$

Сменная производительность лесопильного цеха на базе фрезерно-профилирующей линии в заданных условиях при распиловке бревен диаметром 12 см, м³/смена, определяется по формуле (5.1)

$$Q_{12} = \frac{128}{5,1} \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,834 \cdot 480 \cdot 0,073 = 637 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

Аналогично рассчитывается производительность для всех остальных диаметров. Результаты расчётов годовой фактической производительности предприятия на базе фрезерно-профилирующего оборудования заносятся в табл. 5.1.

Доля брёвен *i*-го диаметра в общем объёме сырья зависит от региона размещения предприятия и параметров доступной арендной лесосырьевой базы. Распределение брёвен разных диаметров в процентах, в общем объёме поступающего на завод сырья (кривая сырья) характеризуется средним диаметром, рис. 5.2.

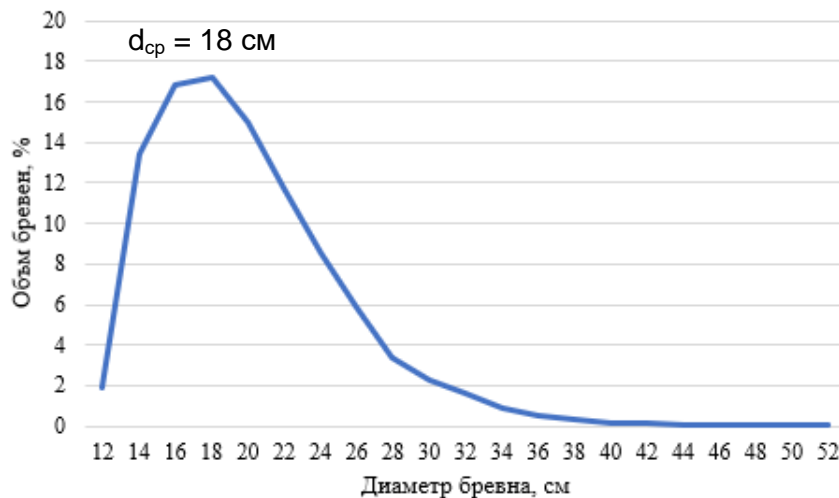


Рис. 5.2. Процентное распределение брёвен по диаметрам в «кривой сырья», характеризующейся средним диаметром 18 см

Распределение брёвен в кривой сырья (в среднем по России) приведено в различных справочниках и пособиях, однако для получения точной информации следует учитывать размерные характеристики брёвен в экономически доступном регионе для лесопильного завода.

Для составления текущего плана распиловки необходимо руководствоваться «кривой сырья», имеющегося на заводе в данный момент времени, которая, как правило, отличается от среднегодовой.

Если данные о распределении брёвен по диаметрам неизвестны, а имеется информация только о минимальном и максимальном диаметре сырья, которое будет распиливаться на предприятии, необходимо руководствоваться справочной информацией о распределении брёвен, табл. 3 Прил. 1, и произвести её пересчёт с учётом технических ограничений выбранного оборудования лесопильного цеха по формуле (5.6).

$$Y_{12} = \frac{1000X_{12}}{\sum_{12}^{42} X}, \quad (5.6)$$

где Y_{12} – рассчитываемый объём брёвен диаметром 120 мм, м³; X_{12} – объём брёвен диаметром 120 мм в полной кривой сырья, м³; $\sum_{12}^{42} X$ – сумма выборки всех диаметров брёвен от 120 до 420 мм в полной кривой сырья.

Так, например, если на заводе установлено оборудование, перерабатывающее брёвна диаметрами от 120 до 420 мм, со средним диаметром брёвен $d_{\text{ср}} = 18$ см, то по табл. 3 Прил. 1 выбираем кривую распределения сырья от 120 до 520 мм соответствующего среднего диаметра и пересчитываем распределение брёвен с учётом технических ограничений оборудования.

Например: при $d_{\text{ср}} = 18$ см, $X_{12} = 19,25$ м³, $\sum_{12}^{42} X = 998,45$ м³, тогда

$$Y_{12} = \frac{1000 \cdot 19,25}{998,45} = 19,27 \text{ м}^3.$$

Аналогичным способом определяются остальные искомые объёмы брёвен в кривой сырья, перерабатываемой цехом.

Число смен, необходимых для распиловки брёвен i -го диаметра при распиловке условной 1000 м³ сырья определяется по формуле (5.7)

$$n_{\text{см}12} = \frac{\sum V_{\text{бр}12}}{Q_{12}}. \quad (5.7)$$

Число смен, необходимых для распиловки брёвен диаметром 12 см, $n_{\text{см}12}$, объём которых в 1000 м³ сырья равен 19,27 м³, составит

$$n_{\text{см}12} = \frac{\sum V_{\text{бр}12}}{Q_{12}} = \frac{19,27}{636} = 0,0303 \text{ смены.}$$

По результатам расчётов определяется сумма числа смен, затрачиваемых на распиловку 1000 м³ брёвен при заданной кривой сырья, $\sum n_{\text{см}}$.

Среднесменная производительность фрезерно-профилирующей линии $Q_{\text{ср.см}}$, м³ брёвен в смену

$$Q_{\text{ср.см}} = \frac{1000}{\sum n_{\text{см}}}; \quad (5.8)$$

$$Q_{\text{ср.см}}^{\text{ФПЛ}} = \frac{1000}{\sum n_{\text{см}}} = \frac{1000}{0,9560} = 1046 \text{ м}^3 \text{ в смену.}$$

где $\sum n_{\text{см}}$ – число смен работы лесопильного цеха, необходимых для распиловки 1000 м³ брёвен всех заданных к распиловке диаметров с учётом процентного соотношения (или долей их объёмов).

Таблица 5.1

Результаты расчётов годовой фактической производительности лесопильного цеха на базе фрезерно-профилирующего оборудования

Диаметр бревна, d_i , см	Объём бревна, q_i , м ³ , при $L =$	$\sum V_{\text{бри}}, \text{ м}^3$, при $d_{\text{ср}} =$	Q_i , м ³ /смена	Скорость подачи, U , м/мин	Число смен
	5,1				
12	0,073	19,27	636	128	0,0303
14	0,098	134,71	749	113	0,1799
16	0,127	168,48	867	101	0,1944
18	0,159	171,88	990	92	0,1737
20	0,195	149,83	1118	84	0,1340
22	0,235	117,85	1251	78	0,0942
24	0,279	85,61	1390	73	0,0616
26	0,327	58,73	1533	69	0,0383
28	0,378	33,34	1681	66	0,0198
30	0,433	23,13	1834	63	0,0126
32	0,491	16,45	1991	60	0,0083
34	0,554	9,10	2154	57	0,0042
36	0,620	5,49	2321	55	0,0024
38	0,690	3,13	2494	53	0,0013
40	0,764	1,86	2671	52	0,0007
42	0,842	1,15	2853	50	0,0004
Итого		1000,0			0,9560

В таблице фиксируют: i -й диаметр брёвен d_i , см; q_i – объём бревна i -го диаметра заданной длины, м³; $\sum V_{\text{бри}}$ – объём бревна i -го диаметра в 1000 м³ сырья при заданном среднем диаметре, м³ (табл. 3 Приложения 1); Q_i – сменную производительность линии, м³/смену; скорость подачи U , м/мин и необходимое число смен для распиловки бревна i -го диаметра.

При двусменном режиме работы $N = 2$ годовая фактическая производительность лесопильного цеха $Q_{\phi}^{лц}$, м³ брёвен/год, будет равна

$$Q_{\phi}^{лц} = Q_{ср.см}^{ФПЛ} N T_{г} K_{и}^{сл} K_{з} K_{г}. \quad (5.9)$$

$$Q_{\phi}^{лц} = 1046 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 438966,$$

где $T_{г}$ – годовой фонд времени, смен, $K_{г}$ – коэффициент, учитывающий среднегодовые условия работы (например, для Карелии – 0,93, выбирается из по табл. 4 Прил. 1), $K_{з}$ – коэффициент загрузки, рассчитываемый по формуле (5.10)

$$K_{з} = 1 - \frac{\sum t_{з}}{T_{с}}; \quad (5.10)$$

$$K_{з} = 1 - \frac{24}{480} = 0,95,$$

где $K_{и}^{сл}$ – коэффициент использования линии для сортировки досок

$$K_{и}^{сл} = 1 - \frac{\Delta_{н} \sum t_{сл.пр}^{сл}}{T_{с} - \sum t_{з}}; \quad (5.11)$$

$$K_{и}^{сл} = 1 - \frac{0,96 \cdot 24}{480 - 24} = 0,95.$$

5.2. Методика расчёта производственной мощности многопоточных лесопильных цехов со специализированным разнотипным головным оборудованием

В многопоточных цехах со специализированными разнотипными бревнопильными линиями необходимо разделение потоков брёвен разных диаметров для равномерной загрузки оборудования.

Определение граничного диаметра пиловочника и количества смен, необходимых для распиловки брёвен i -ых диаметров до граничного диаметра на первой линии и брёвен большего диаметра на второй линии (например, брёвна диаметрами от 14 до 28 см распиливаются на фрезерно-пильных станках, а сортименты диаметром свыше 28 см на ленточнопильном оборудовании), а также количества смен, необходимых для распиловки брёвен диаметром 28 см, который в данном случае является граничным, как частично на первой, так и частично на второй

линиях – является одной из важнейших задач при расчёте производительности многопоточного лесопильного цеха.

Отсутствие таких расчётов неминуемо приводит к низкой достоверности результатов расчётов производительности, так как линии разного типа могут иметь различную производительность при переработке брёвен одного и того же i -го диаметра.

Среднесменная производительность многопоточного цеха со специализированными бревнопильными линиями $Q_{\text{ср.см}}$, м³ брёвен в смену, определяется по формуле (5.8).

Выполнение этого условия на практике представляет довольно сложную задачу, так как требует внедрения оперативного планирования управления процессом производства пиломатериалов, начиная с цеха подготовки сырья и кончая отгрузкой партии пиломатериалов в транспортных пакетах. Средством для решения этих задач в динамике являются имитационные модели производственного процесса предприятия.

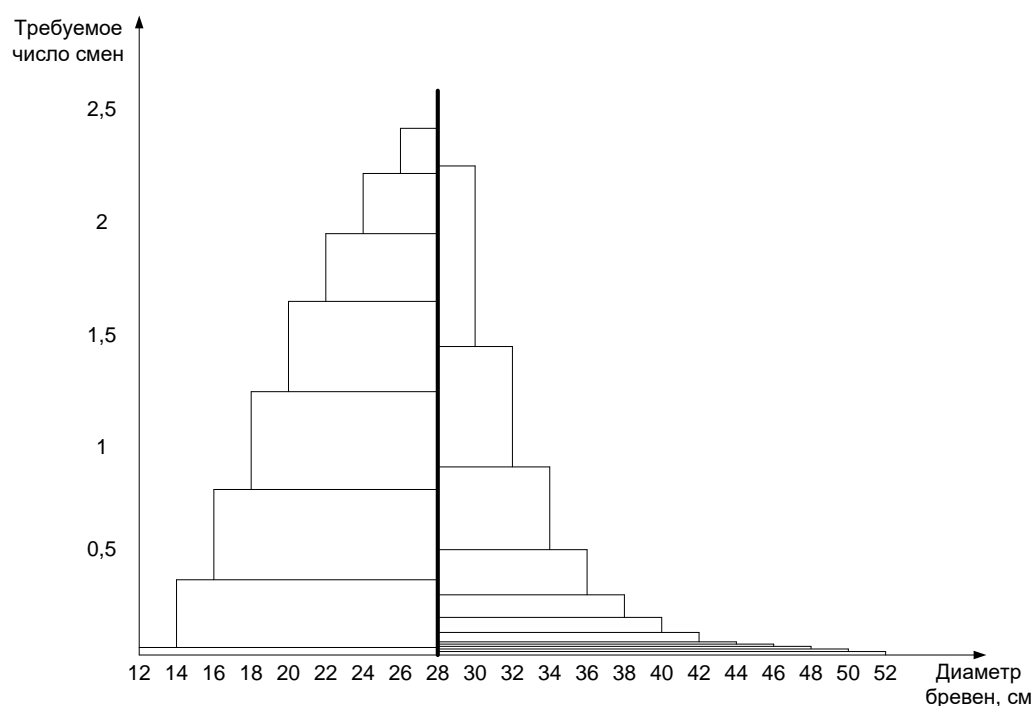


Рис. 5.3. Необходимое количество смен при распиловке всего объема брёвен с использованием разнотипного бревнопильного оборудования

Логика определения равномерной загрузки двух специализированных бревнопильных линий и расчёта необходимого количества смен сводится к следующему. Для двухпоточных цехов со специализированными бревнопильными линиями составляется и решается система уравнений (5.12)

$$\begin{cases} \sum n_{\text{см до г.д}}^{\text{бл1}} + X = \sum n_{\text{см до г.д}}^{\text{бл2}} + Y \\ Q_{i \text{ г.д}}^{\text{бл1}} X + Q_{i \text{ г.д}}^{\text{бл2}} Y = \sum V_{\text{бр г.д}} \end{cases}, \quad (5.12)$$

где $\sum n_{\text{см до г.д}}^{\text{бл1}}$ и $\sum n_{\text{см до г.д}}^{\text{бл2}}$ – число смен работы первой и второй специализированных линий при распиловке закрепленных за ними брёвен заданных диаметров до граничного диаметра; X и Y – число смен, необходимых для распиловки части брёвен X граничного диаметра на первой линии и оставшейся части брёвен Y на второй линии; $Q_{i \text{ г.д}}^{\text{бл1}}$ и $Q_{i \text{ г.д}}^{\text{бл2}}$ – производительность первой и второй линии при распиловке (переработке) брёвен граничного диаметра; $\sum V_{\text{бр г.д}}$ – объём брёвен граничного диаметра в соответствии с его процентным соотношением (или долей) объёма в 1000 м^3 .

Очевидно, что

$$\sum n_{\text{см}}^{\text{лц}} = \sum n_{\text{см до г.д}}^{\text{бл1}} + X = \sum n_{\text{см до г.д}}^{\text{бл2}} + Y, \quad (5.13)$$

поэтому, решив эту систему и найдя значения X и Y , определяем $\sum n_{\text{см}}^{\text{лц}}$, т. е. число смен работы многопоточного цеха с двумя специализированными линиями при условии их равномерной загрузки во времени.

5.2.1. Методика расчёта производственной мощности крупных лесопильных цехов, использующих разнотипное головное оборудование (на базе многопильного фрезерно-пильного оборудования и трёх рамных потоков)

Данная структура лесопильных предприятий характерна для крупных заводов, переоборудованных в 70-е годы прошлого столетия и работающих по настоящее время. Для расчёта фактической производительности подобных предприятий необходимо по отдельности рассчитать производительность фрезерно-пильного потока (аналогично расчёту для крупных предприятий на базе фрезерно-профилирующего оборудования) и трех рамных потоков на базе лесопильных рам 2Р75. По окончании расчёта необходимо найти граничный диаметр распиливаемых брёвен (по критерию равной загрузки рамных потоков и фрезерно-пильной линии) и, затем, годовую производительность предприятия.

Для предприятий, использующих в составе технологического процесса лесопильные рамы, характерен пониженный коэффициент использования машинного времени ($K_{\text{м}} = 0,875$). При распиловке

брёвен на фрезерно-пильных станках, спаренных с многопильными станками, необходимо использование участка обрезки необрезных досок. В подобных цехах часто применяется только одна линия сортировки сырых пиломатериалов для всех потоков.

Результаты расчётов и поиска граничного диаметра для данных условий производства представлены в табл. 5.2.

Расчёт фактической производительности для фрезерно-пильной линии при распиловке брёвен диаметром 12 см проведём с учётом сниженного коэффициента использования машинного времени Q_i , м³ брёвен/смена

$$Q_i = \frac{U}{L} K_M K_N K_{\text{ти}} K_{\text{и}}^{\text{обр}} T_c q_i, \quad (5.14)$$

$$Q_{12}^{\text{лфп}} = \frac{50}{5,1} \cdot 0,875 \cdot 0,96 \cdot 0,781 \cdot 0,952 \cdot 480 \cdot 0,073 = 214,55 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

Число смен, необходимых для распиловки брёвен диаметром 12 см на фрезерно-пильной линии

$$n_{12}^{\text{лфп}} = \frac{19,25}{214,55} = 0,0897 \text{ смен}.$$

Фактическая производительность нескольких рамных потоков рассчитывается, как производительность одного потока, умноженная на число потоков (в данном случае $N = 3$)

$$Q_i = \frac{\Delta_i n}{1000L} K_M K_N K_{\text{ти}} K_{\text{и}}^{\text{обр}} T_c q_i N, \quad (5.15)$$

где Δ_i – посылка при распиловке i -ого диаметра; n – число оборотов колнчатого вала лесопильных рам: для 2Р75 $n = 325 \text{ мин}^{-1}$; $K_{\text{и}}^{\text{обр}}$ – коэффициент использования обрезных станков. Вспомогательная таблица посылок приведена в табл. 5 Прил. 1.

Коэффициент технического использования бревнопильного оборудования составит

$$K_{\text{ти}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо1}} + \Delta_1 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо2}}}{T_c - (\Delta_2 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}} + \Delta_3 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)};$$

$$K_{\text{ти}} = 1 - \frac{48 + 24 + 0,75 \cdot 24}{480 - (0,87 \cdot 24 + 0,95 \cdot 24 + 24)} = 0,781.$$

где $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{б01}}$ – сумма случайных простоев бревнопильного оборудования первого ряда (принимается 24 мин); $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{б02}}$ – сумма случайных простоев бревнопильного оборудования второго ряда (принимается 24 мин); Δ_1 – коэффициент наложенных потерь времени для бревнопильного оборудования второго ряда, ($T_{\text{ц}} = 12$ с).

Таблица 5.2

Расчёт производительности предприятия на базе ЛАПБ и трёх двухрамных потоков

Диаметр бревна, d_i , см	Объём бревна, q_i , м ³ , при $L = 5,1$	$\sum V_{\text{бпр}i}$, м ³ , при $d_{\text{ср}} = 18,0$	Q_i	Q_i	U ,	Посылка Δ , мм	Число смен по потокам	
			ЛАФП	3×2Р75	м/мин		ЛАФП	2Р75
12	0,073	19,25	214,55		50	46,00	0,0897	0,0000
14	0,098	134,50	288,0		50	46,00	0,467	0,0000
16	0,127	168,22	373,26		50	46,00	0,4506	0,0000
18	0,159	171,62	467,31	391,8	50	43,00	0,19854	0,19604
20	0,195	149,60		435,9		39,00	0	0,3432
22	0,235	117,66		471,4		35,00	0	0,2496
24	0,279	85,48		511,7		32,00	0	0,1671
26	0,327	58,64		562,2		30,00	0	0,1043
28	0,378	33,29		595,8		27,50	0	0,0559
30	0,433	23,10		632,8		25,50	0	0,0365
32	0,491	16,42		675,4		24,00	0	0,0243
34	0,554	9,09		714,4		22,50	0	0,0127
36	0,620	5,48		764,0		21,50	0	0,0072
38	0,690	3,13		790,9		20,00	0	0,0040
40	0,764	1,86		831,9		19,00	0	0,0022
42	0,842	1,15		868,6		18,00	0	0,0013
44	0,923	0,60		925,7		17,50	0	0,0006
46	1,008	0,32		953,2		16,50	0	0,0003
48	1,097	0,24		974,5		15,50	0	0,0002
50	1,189	0,09		1022,2		15,00	0	0,0001
52	1,285	0,29		1067,9		14,50	0	0,0003
Итого							1,20584	1,20584

$$\theta_{\text{ср}} = 3600(1 - y_{\text{ср}}) = 3600(1 - 0,95) = 180;$$

$$\Delta_1 = \frac{180}{180 + \frac{12 \cdot 10}{2}} = 0,75.$$

где Δ_2 – коэффициент наложенных потерь времени участка обрезки необрезных пиломатериалов (для обрезных станков без системы позиционирования $T_{ц} = 5,15$ с), рассчитывается аналогично

$$\theta_{cp} = 3600(1 - y_{cp}) = 3600(1 - 0,95) = 180;$$

$$\Delta_2 = \frac{180}{180 + \frac{5,15 \cdot 10}{2}} = 0,87,$$

где Δ_3 – коэффициент наложенных потерь времени линии сортировки сырых пиломатериалов, рассчитан в примере с фрезерно-профилирующей линией как Δ_H .

Коэффициент использования обрезных станков, $K_u^{обр}$, составляет

$$K_{и}^{обр} = 1 - \frac{\Delta_2 \sum t_{сл.пр}^{обр}}{T_c - (\Delta_3 \sum t_{сл.пр}^{сл} + \sum t_3)}; \quad (5.16)$$

$$K_{и}^{обр} = 1 - \frac{0,87 \cdot 24}{480 - (0,95 \cdot 24 + 24)} = 0,952.$$

Расчёт фактической производительности линии при распиловке брёвен диаметром 30 см и длиной 5,1 м

$$Q_{30}^{2P75} = \frac{25,5 \cdot 325}{1000 \cdot 5,1} \cdot 0,875 \cdot 0,96 \cdot 0,781 \cdot 0,952 \cdot 480 \cdot 0,433 \cdot 3 = 632,8 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

Число смен, необходимых для распиловки брёвен диаметром 30 см, $n_{см 30}$, объём которых в 1000 м³ сырья равен 23,1 м³, составит

$$n_{см 30} = \frac{23,1}{632,8} = 0,0365 \text{ смен}.$$

Производительность потоков и число смен для распиловки других диаметров рассчитывается аналогично. Далее необходимо найти граничный диаметр и распределение числа смен для распиловки объёма брёвен найденного диаметра по потокам лесопильного цеха. Критерием поиска является равное число смен работы различных потоков. По результатам расчётов табл. 5.2 находим сумму числа смен,

затрачиваемых на распиловку 1000 м³ брёвен при заданной кривой сырья, $\sum n_{см}$. Среднесменная производительность лесопильного цеха составит

$$Q_{ср.см}^{лц} = \frac{1000}{1,20584} = 829,29 \text{ м}^3 \text{ брёвен/смена.}$$

При двухсменном режиме работы годовая фактическая производительность лесопильного цеха $Q_{ф}^{лц}$, м³ брёвен/год, составит

$$Q_{ф}^{лц} = Q_{ср.см}^{лц} N T_{г} K_{и}^{сл} K_{з} K_{г};$$

$$Q_{ф}^{лц} = 829,29 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 348 \text{ тыс. м}^3 \text{ брёвен/год.}$$

5.2.2. Методика расчёта производственной мощности крупных лесопильных цехов, использующих разнотипное головное оборудование (на базе фрезерно-профилирующей линии и одного двухпильного ленточнопильного станка)

Подобная структура лесопильных предприятий характерна для крупных заводов, вовлекающих в промышленную обработку брёвна с вершинным диаметром свыше 40 см.

Для данного типа предприятий коэффициент использования машинного времени у фрезерно-профилирующей линии принимается равным $K_{м} = 0,9$. Также, в данном случае необходим участок обрезки необрезных досок для ленточнопильного потока.

Результаты расчётов сменной производительности предприятия и необходимого числа смен представлены в табл. 5.3. Фактическая производительность фрезерно-профилирующей линии при распиловке брёвен i -ых диаметров определяется по формуле (5.1).

Коэффициент технического использования фрезерно-профилирующей линии, $K_{ти}^{ФПЛ}$, определяется по формуле

$$K_{ти}^{ФПЛ} = 1 - \frac{\sum t_{пл.пр}^{лц} + \sum t_{сл.пр}^{ФПЛ}}{T_{с} - (\Delta_1 \sum t_{сл.пр}^{сл} + \sum t_{з})} = 1 - \frac{48 + 48}{480 - (0,85 \cdot 24 + 24)} = 0,779,$$

где $\sum t_{пл.пр}^{лц}$ – сумма планируемых простоев цеха (смена инструмента, отдых персонала и т. д.). Принимаем равной 48 мин; $\sum t_{сл.пр}^{ФПЛ}$ – сумма случайных простоев фрезерно-профилирующей линии, зависит от безотказности работы оборудования (принимаем 48 мин); $T_{с}$ – время смены, мин (принимаем 480 мин); $\sum t_{сл.пр}^{сл}$ – сумма случайных простоев линии

сортировки сырых пиломатериалов (принимая 24 мин); Δ_1 – коэффициент наложенных потерь времени линии сортировки сырых пиломатериалов на работу фрезерно-пильной линии (при пропускной способности 120 досок в минуту)

$$\Delta_1 = \frac{180}{180 + \frac{0,5 \cdot 120}{2}} = 0,85;$$

$$Q_{12} = \frac{128}{5,1} \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,779 \cdot 480 \cdot 0,073 = 593 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

Таблица 5.3

Производительность предприятия на базе фрезерно-профилирующей линии и одного ленточнопильного потока

Диаметр бревна, d_i , см	Объем бревна, q_i , м ³ , при $L = 5,1$	$\sum V_{бpi}$, м ³ , при $d_{cp} = 20$	Q_i ФПЛ	Q_i ЛБЛ2	U, м/мин		Число резцов в бревне Z	Число смен по потокам	
					ФПЛ	ЛБЛ		$n_{см.ФПЛ}$	$n_{см.ЛБЛ}$
12	0,073	7,05	593		128			0,0119	0,0000
14	0,098	67,80	702		113			0,0966	0,0000
16	0,127	105,05	810		101		2	0,1296	0,0000
18	0,159	130,05	927		92		4	0,1403	0,0000
20	0,195	136,95	1039		84		4	0,1318	0,0000
22	0,235	128,94	1162		78		4	0,1110	0,0000
24	0,279	110,46	1289		73		4	0,0857	0,0000
26	0,327	88,69	1426		69		6	0,0622	0,0000
28	0,378	67,70	1577	75	66	55	4	0,0429	0,0000
30	0,433	49,51	1725	69	63	53	6	0,0287	0,0000
32	0,491	35,47	1866	77	60	51	6	0,0154	0,0880
34	0,554	24,56	1998	87	57	50	6	0,0000	0,2837
36	0,620	16,65	2158	96	55	48	6	0,0000	0,1736
38	0,690	11,19	2314	88	53	47	8	0,0000	0,1270
40	0,764	7,43	2513	96	52	45	8	0,0000	0,0772
42	0,842	4,83		105	50	44	8	0,0000	0,0458
44	0,923	3,13		115	49	43	8	0,0000	0,0273
46	1,008	2,02		124	47	42	8	0,0000	0,0163
48	1,097	0,92		135	46	42	8	0,0000	0,0068
50	1,189	0,13		145	45	41	8	0,0000	0,0009
52	1,285	1,47		156	44	40	8	0,0000	0,0095
		1000,00	1	1				0,8561	0,8561

Число смен, необходимых для распиловки бревен диаметром 12 см, $n_{см12}$, объём которых в 1000 м³ сырья равен 7,05 м³, определяется по формуле (4.7)

$$n_{см12} = \frac{\sum V_{бр12}}{Q_{12}} = \frac{7,05}{593} = 0,0119 \text{ смен.}$$

Фактическая производительность ленточнопильного станка при распиловке брёвен диаметром 52 см, м³ брёвен в смену

$$Q_{52}^{ЛБЛ} = \frac{U}{L_{ср} n_{прох}} K_M K_N K_{ти}^{ЛБЛ} K_{ти}^{до} K_{ти}^{обр} T_c q_{52}, \quad (5.17)$$

где $K_{ти}^{до}$ – коэффициент технического использования делительного оборудования; $n_{прох}$ – количество проходов бревна через ленточнопильный станок до его полного раскрыя, определяется в соответствии с поставами на распиловку.

В данном расчёте скорость подачи U варьирует от 55 до 40 м/мин для диаметров сортиментов от 38 до 52 см. При конкретных расчётах величина скорости подачи зависит от конструктивных особенностей оборудования, технических характеристик конкретной модели станка, назначения пилопродукции, уровня специализации, объёмов её выпуска, соотношения вырабатываемой пилопродукции и технологической щепы, технического уровня инструментального хозяйства и других факторов.

Коэффициент машинного времени K_M , в данном случае, определяется по формуле (5.18)

$$K_M = \frac{t_p z}{t_p z + t_B} = \frac{t_p z}{t_p z + [t_1 + \Pi t_2 + z(t_3 + t_4) + t_5] K_B}, \quad (5.18)$$

где t_p – время одного реза в бревне, $t_p = (60L_{ср})/U$, с; z – количество резов в бревне, выполняемых на ленточнопильном станке, шт.; t_1 – время на навалку, установку и закрепление бревна на тележке, равное 11,2 с; Π – число поворотов при распиловке бревна, равное 3; t_2 – время на поворот бревна (бруса) равное 12,4 с; t_3 – время на установку размера и подачу бревна к пиле, равное 2,5 с; t_4 – время на откатку тележки, равное 5 с; t_5 – время на сброс оставшейся части бревна, в конце цикла их обработки, равное 2,7 с; K_B – коэффициент, учитывающий инерционность механизмов тележки, равный 1,1.

$$K_{M52} = \frac{7,65 \cdot 8}{7,65 \cdot 8 + [11,2 + 3 \cdot 12,4 + 8 \cdot (2,5 + 5) + 2,7] \cdot 1,1} = 0,349;$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{ЛБЛ}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ЛБЛ}}}{T_c - (\Delta_3 \sum t^{\text{до}} + \Delta_2 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}} + \Delta_1 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)};$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{ЛБЛ}} = 1 - \frac{24 + 24}{480 - (0,85 \cdot 24 + 0,87 \cdot 24 + 0,85 \cdot 24 + 24)} = 0,89,$$

где Δ_2 – коэффициент наложенных потерь времени участка обрезки необрезных пиломатериалов (для обрезных станков без системы позиционирования $T_{\text{ц}} = 5,5$ с)

$$\Delta_2 = \frac{\theta_{\text{ср}}}{\theta_{\text{ср}} + \frac{T_{\text{ц}} E_{\text{max}}}{2}} = \frac{180}{180 + \frac{5,5 \cdot 10}{2}} = 0,87;$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{до}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \Delta_{\text{н3}} \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{до}}}{T_c - (\Delta_1 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}} + \Delta_2 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)}; \quad (5.19)$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{до}} = 1 - \frac{24 + 0,87 \cdot 24}{480 - (0,87 \cdot 24 + 0,88 \cdot 24 + 24)} = 0,89,$$

где Δ_3 – коэффициент наложенных потерь делительного оборудования, ($T_{\text{ц}} = (5,1 \cdot 60)/65 = 4,89$ с, 65 – средняя скорость работы для ленточного станка, м/мин)

$$\Delta_3 = \frac{180}{180 + \frac{4,89 \cdot 10}{2}} = 0,87.$$

Коэффициент использования обрезных станков, $K_{\text{и}}^{\text{обр}}$

$$K_{\text{ти}}^{\text{обр}} = 1 - \frac{0,87 \cdot 24}{480 - (0,85 \cdot 24 + 24)} = 0,952;$$

$$Q_{52}^{\text{ЛБП}} = \frac{40}{5,1 \cdot 8} \cdot 0,349 \cdot 0,96 \cdot 0,89 \cdot 0,89 \cdot 0,952 \cdot 480 \cdot 1,285 = 153 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

Число смен, необходимых для распиловки брёвен диаметром 52 см, $n_{\text{см}52}$, объём которых в 1000 м³ сырья равен 1,47 м³, определяется по формуле (5.7)

$$n_{\text{см}52} = \frac{\sum V_{\text{бр}52}}{Q_{52}} = \frac{1,47}{153} = 0,0095 \text{ смен.}$$

Производительность потоков и число смен для распиловки других диаметров рассчитывается аналогично. Далее необходимо найти граничный диаметр и распределение числа смен для распиловки объёма брёвен найденного диаметра по потокам лесопильного цеха. Критерием поиска является равное число смен работы различных потоков.

По результатам расчетов табл. 5.3 находим сумму числа смен, затрачиваемых на распиловку 1000 м³ брёвен при заданной кривой сырья, $\sum n_{\text{см}}$. Среднесменная производительность лесопильного цеха $Q_{\text{ср.см}}^{\text{лц}}$, м³ брёвен/смена, составит

$$Q_{\text{ср.см}}^{\text{лц}} = \frac{1000}{0,8561} = 1168 \text{ м}^3/\text{смена.}$$

При двухсменном режиме работы годовая фактическая производительность лесопильного цеха $Q_{\text{ф}}^{\text{лц}}$, м³ брёвен в год

$$Q_{\text{ф}}^{\text{лц}} = Q_{\text{ср.см}}^{\text{лц}} N T_{\Gamma} K_{\text{и}}^{\text{сл}} K_{\text{з}} K_{\Gamma} = 1168 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 490\,165 \text{ м}^3 \text{ брёвен в год.}$$

5.3. Методика расчёта производственной мощности средних лесопильных цехов с рециркуляцией брусьев

Принцип работы линии с рециркуляцией брусьев заключается в раскросе бревна путём последовательного пропускания их через единственный фрезерно-ленточнопильный агрегат необходимого количество раз. Головным и единственным бревнопильным оборудованием подобных линий, как правило, является двух- или четырёхпильный ленточнопильный станок, совмещённый с фрезерно-брусующим станком. На первом проходе производится фрезерование горбылей и последовательное отделение боковых необрезных досок, которые впоследствии направляются на автоматизированную линию обрезки. Далее двухкантный брус по возвратному конвейеру транспортируется на исходную позицию, и после сканирования и ориентации цикл раскроя повторяется. Принцип работы подобных линий позволяет реализовать практически любую схему раскроя.

В данном примере рассматривается линия с рециркуляцией брусьев. В качестве головного станка используется ленточнопильный станок с рециркуляцией брусьев с двумя пилами и фрезерно-брусующим агрегатом, перерабатывающим горбыль в технологическую щепу.

Скорость подачи варьирует от 45 до 100 м/мин. Для производственной мощности в схеме с рециркуляцией 150 000 м³ брёвен в год возможен выбор более высокопроизводительного круглопильного оборудования со скоростями подачи до 150 м/мин. При распиловке объёмом 200 000 м³ брёвен в год, на втором проходе может быть установлено многопильное делительное оборудование для бруса.

Результаты расчётов производительности представлены в табл. 5.4.

Фактическая производительность рассматриваемой круглопильной линии с рециркуляцией брусьев при распиловке брёвен i -ых диаметров определяется по формуле (5.20)

$$Q_i = \frac{U}{L_{\text{ср}} n_{\text{пр}}} K_M K_N K_{\text{ти}}^{\text{ЛРБ}} K_i^{\text{обр}} T_c q_i, \quad (5.20)$$

где $n_{\text{пр}}$ – число проходов бревна или бруса через станок, их количество зависит от выбранного постава; K_M – в линиях с рециркуляцией, принимается равным 0,9; $K_{\text{ти}}^{\text{ЛРБ}}$ – коэффициент технического использования линии с рециркуляцией брусьев определяется по формуле

$$K_{\text{ти}}^{\text{ЛРБ}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ЛРБ}}}{T_c - (\Delta_1 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}} + \Delta_2 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)};$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{ЛРБ}} = 1 - \frac{48 + 48}{480 - (0,96 \cdot 24 + 0,93 \cdot 24 + 24)} = 0,766,$$

где $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ЛРБ}}$ – сумма случайных простоев линии, зависящих от безотказности работы оборудования (принимается 48 мин); $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}}$ – сумма случайных простоев участка обрезки необрезных пиломатериалов (24 мин); Δ_1 – коэффициент наложенных потерь времени участка обрезки необрезных пиломатериалов (при производительности обрезной системы 40 досок в минуту $T_{\text{ц}} = 60/40 = 1,5$ с)

$$\theta_{\text{ср}} = 3600(1 - Y_{\text{ср}}) = 3600(1 - 0,95) = 180;$$

$$\Delta_2 = \frac{180}{180 + \frac{0,66 \cdot 40}{2}} = 0,93.$$

Фактическая производительность линии при распиловке брёвен диаметром 12 см и длиной 5,1 м

$$Q_{12} = \frac{100}{5,1 \cdot 2} \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,766 \cdot 0,947 \cdot 480 \cdot 0,0732 = 216 \text{ м}^3 \text{ в смену.}$$

Схема раскроя брёвен диаметром 12 и 14 см

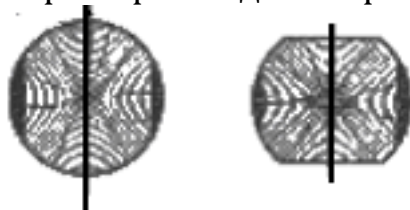


Схема раскроя брёвен диаметром 16 и 18 см

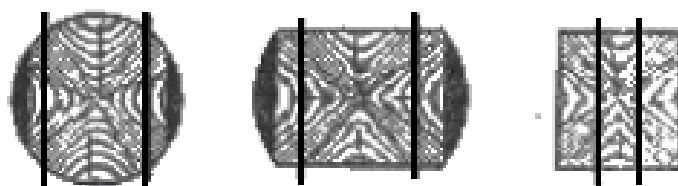


Схема раскроя брёвен диаметром 20 ... 34 см

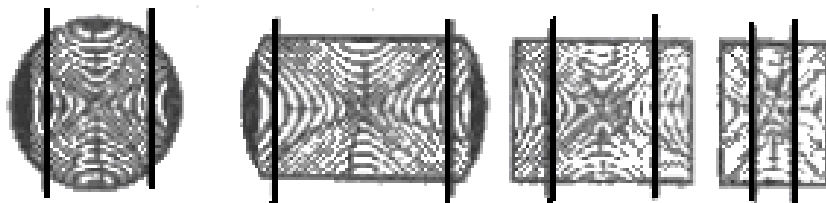


Схема раскроя брёвен диаметром 36 и 38 см

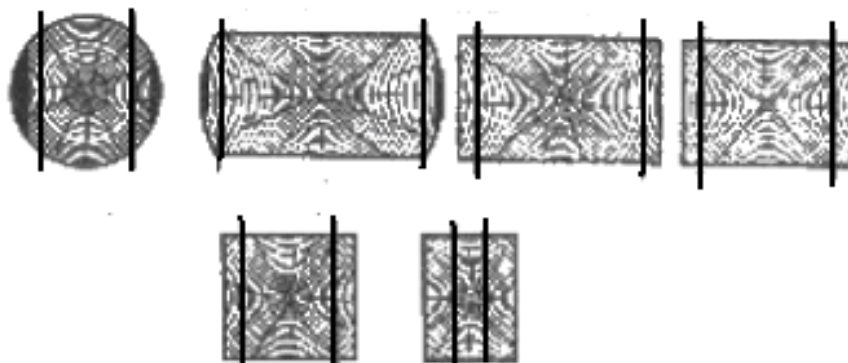


Схема раскроя брёвен диаметром 40 см и выше

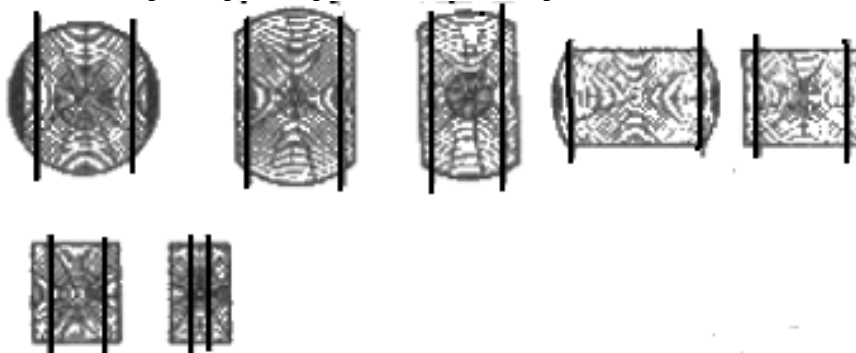


Рис. 5.4 Схемы раскроя брёвен

Таблица 5.4

Производительность лесопильного цеха на базе двухпильного ленточнопильного станка с рециркуляцией брусьев

Диаметр бревна, d_i , см	Объем бревна, q_i , м ³ , при $L=$	$\Sigma V_{бpi}$, м ³ , при $d_{cp} =$	Q_i , м ³ /смена	U , м/мин	Число смен	$n_{пр}$
	5,1	18,0			$n_{см.ЛРБ}$	
12	0,073	19,2	216	100	0,0888	2
14	0,098	134,5	260	90	0,5174	2
16	0,127	168,2	205	82	0,8213	3
18	0,159	171,6	239	76	0,7195	3
20	0,195	149,6	206	71	0,7269	4
22	0,235	117,7	234	68	0,5021	4
24	0,279	85,5	264	64	0,3232	4
26	0,327	58,6	296	62	0,1980	4
28	0,378	33,3	329	59	0,1010	4
30	0,433	23,1	364	57	0,0634	4
32	0,491	16,4	401	55	0,0410	4
34	0,554	9,1	439	54	0,0207	4
36	0,620	5,5	319	52	0,0172	6
38	0,690	3,1	347	51	0,0090	6
40	0,764	1,9	322	50	0,0058	7
42	0,842	1,1	347	49	0,0033	7
44	0,923	0,6	373	48	0,0016	7
46	1,008	0,3	400	47	0,0008	7
48	1,097	0,2	429	46	0,0006	7
50	1,189	0,1	458	46	0,0002	7
52	1,285	0,3	487	45	0,0006	7
		1000,0			4,1626	

Число смен, необходимых для распиловки брёвен диаметром 12 см, $n_{см12}$, объём которых в 1000 м³ сырья равен 19,2 м³

$$n_{см12} = \frac{19,2}{216} = 0,0888.$$

Производительность линии и число смен, необходимых для распиловки других диаметров, рассчитывается аналогично.

По результатам расчётов табл. 5.4 находим сумму числа смен, затрачиваемых на распиловку 1000 м³ брёвен при заданной кривой сырья.

Определяем среднесменную производительность ленточнопильной линии с рециркуляцией брусьев

$$Q_{\text{ср.см}}^{\text{ЛРБ}} = \frac{1000}{4,1626} = 240 \text{ м}^3 \text{ брёвен/смена.}$$

При двухсменном режиме работы годовая фактическая производительность лесопильного цеха равна

$$Q_{\text{ф}}^{\text{ЛЦ}} = Q_{\text{ср.см}}^{\text{ЛРБ}} N_{\text{см}} T_{\text{Г}} K_{\text{и}}^{\text{сл}} K_{\text{з}} K_{\text{Г}} = 240 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 100720 \text{ м}^3 \text{ брёвен/год.}$$

где $N_{\text{см}}$ – сменность работы предприятия, $K_{\text{и}}^{\text{сл}}$ – коэффициент использования линии для сортировки досок с производительностью 90 досок/мин, по формуле (5.11)

$$K_{\text{и}}^{\text{сл}} = 1 - \frac{0,95 \cdot 24}{480 - 24} = 0,95.$$

5.4. Методика расчёта производственной мощности малых лесопильных предприятий на базе четырёх однопильных круглопильных станков позиционно-проходного типа

Фактическая производительность лесопильного цеха на базе однопильных круглопильных станков позиционно-проходного типа Q_i , м³ в смену, определяется по формуле (5.21)

$$Q_i = \frac{U}{L_{\text{ср}} Z} K_{\text{м}} K_{\text{н}} K_{\text{ти}}^{\text{бо}} K_{\text{и}}^{\text{обр}} T_{\text{с}} q_i N, \quad (5.21)$$

где N – число бревнопильных станков (в примере расчета $N = 4$), $T_{\text{ц}}$ – время цикла распиловки бревна, мин, определяется по формуле (5.22)

$$T_{\text{ц}} = \frac{T_1 + nT_2 + Z(T_3 + T_{\text{р}} + T_4) + T_5}{60}, \quad (5.22)$$

где T_1 – время на навалку, установку и закрепление бревна, с (принимается равным 20,6 с); T_2 – время на поворот бревна-бруса, с ($T_2 = 13,9$ с); n – число поворотов бревна-бруса в процессе распиловки, (в большинстве случаев принимается $n = 3$); Z – число резов, зависит от выбранного постава (для брёвен диаметром 12 см, $Z = 5$); T_3 – время на установку размера и подачу бревна, бруса к пиле, с ($T_3 = 5,4$ с); $T_{\text{р}}$ – время реза, с ($T_{\text{р}} = 60 L_{\text{ср}}/U$); T_4 – время на откатку, с ($T_4 = 60 L_{\text{ср}}/U_{\text{в}}$); T_5 – время на сброс оставшейся части бревна (бруса) в конце цикла их обработки, с ($T_5 = 5$ с).

Скорость подачи U для однопильных круглопильных станков позиционно-проходного типа в процессе распиловки изменяется от 0 до 90...100 м/мин. В среднем скорость подачи равна 45...50 м/мин. Для процессов возврата бревна (бруса) – скорость возврата U_B , принимается равной 90...100 м/мин. Для упрощения расчётов примем $U_B = 2U$. Тогда, для диаметра 12 см время цикла $T_{ц}$, мин, составит

$$T_{ц} = \frac{20,6 + 3 \cdot 13,9 + 5 \cdot (5,4 + 60 \cdot 5,1/50 \cdot 1,5) + 5}{60} = 2,35 \text{ мин.}$$

Коэффициент использования машинного времени K_M для однопильных круглопильных станков позиционно-проходного типа определяется по формуле (5.23)

$$K_{M12} = \frac{Z T_p}{60 T_{ц}} \quad (5.23)$$

$$K_{M12} = \frac{5 \cdot 7}{60 \cdot 2,35} = 0,25.$$

Таблица 5.5

Производительность предприятия на базе четырёх однопильных круглопильных станков позиционно-проходного типа

Диаметр бревна, d_i , см	Объём бревна q_i , м ³ , при $L =$	$\Sigma V_{бpi}$, м ³ , при $d_{ср} =$	Q_i , м ³ в смену	U , м/мин	Z	$T_{ц}$	Число смен
	5,1						18,0
12	0,073	19,4	43	49	5	2,35	0,4001
14	0,098	135,5	61	49	5	2,35	2,0864
16	0,127	169,5	71	48	6	2,62	2,3166
18	0,159	172,9	80	47	7	2,89	2,1338
20	0,195	150,8	90	46	8	3,17	1,7021
22	0,235	118,6	100	46	9	3,43	1,2117
24	0,279	86,1	110	46	10	3,68	0,8039
26	0,327	59,1	121	46	11	3,94	0,5074
28	0,378	33,5	131	46	12	4,20	0,2666
30	0,433	23,3	140	45	13	4,50	0,1760
32	0,491	16,5	150	45	14	4,76	0,1171
34	0,554	9,2	161	45	15	5,02	0,0608
36	0,620	5,5	171	45	16	5,28	0,0346
		1000,0					11,8171

Коэффициент технического использования бревнопильного оборудования, $K_{\text{ти}}^{\text{бо}}$, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{лц}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}}{T_{\text{с}} - (\Delta_1 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}} + \Delta_2 \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{сл}} + \sum t_3)}$$

$$K_{\text{ти}}^{\text{бо}} = 1 - \frac{48 + 24}{480 - (0,83 \cdot 24 + 0,75 \cdot 24 + 24)} = 0,828,$$

где $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}}$ – сумма случайных простоев бревнопильного оборудования, мин ($\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бо}} = 24$ мин); $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{обр}}$ – сумма случайных простоев участка обрезки необрезных пиломатериалов, мин (24 мин); Δ_1 – коэффициент наложенных потерь времени участка обрезки необрезных пиломатериалов (при производительности обрезной системы 8 досок в минуту $T_{\text{ц}} = 60/8 = 7,5$ с)

$$\theta_{\text{ср}} = 3600(1 - Y_{\text{ср}}) = 3600(1 - 0,95) = 180;$$

$$\Delta_1 = \frac{\theta_{\text{ср}}}{\theta_{\text{ср}} + \frac{T_{\text{ц}} E_{\text{max}}}{2}} = \frac{180}{180 + \frac{7,5 \cdot 10}{2}} = 0,83.$$

где Δ_2 – коэффициент наложенных потерь времени линии сортировки сырых пиломатериалов (с производительностью 20 досок в минуту $T_{\text{ц}} = 60/20 = 3$ с) составит

$$\theta_{\text{ср}} = 3600(1 - Y_{\text{ср}}) = 3600(1 - 0,95) = 180;$$

$$\Delta_2 = \frac{180}{180 + \frac{3 \cdot 40}{2}} = 0,75.$$

где $K_{\text{и}}^{\text{обр}}$ – коэффициент использования обрезных станков.

$$K_{\text{и}}^{\text{обр}} = 1 - \frac{0,83 \cdot 48}{480 - (0,75 \cdot 24 + 24)} = 0,91.$$

При указанных условиях фактическая производительность лесопильного цеха при распиловке брёвен диаметром 12 см и длиной 5,1 м составит

$$Q_{12} = \frac{49}{5,1 \cdot 5} \cdot 0,25 \cdot 0,96 \cdot 0,828 \cdot 0,91 \cdot 480 \cdot 0,073 \cdot 4 = 48 \text{ м}^3 \text{ в смену.}$$

Число смен для распиловки брёвен диаметром 12 см

$$n_{\text{см}12} = \frac{19,4}{48} = 0,404 \text{ смен.}$$

Производительность участка и число смен при распиловке брёвен других диаметров рассчитывается аналогично. По результатам расчётов, представленным в табл. 5.5, определяется среднесменная производительность цеха

$$Q_{\text{ср.см}} = \frac{1000}{11,81} = 84,6 \text{ м}^3 / \text{смена.}$$

При двусменном режиме работы годовая фактическая производительность лесопильного цеха $Q_{\text{ф}}^{\text{лц}}$, м³ брёвен/год, составит

$$Q_{\text{ф}}^{\text{лц}} = Q_{\text{ср.см}} N_{\text{см}} T_{\text{г}} K_3 K_{\text{г}} = 84,6 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 37\,372 \text{ м}^3 \text{ брёвен/год.}$$

5.5. Методика расчёта производительности участка обрезки пиломатериалов

Современные линии обрезки позволяют сформировать необходимую ширину пиломатериалов с заданными параметрами обзола. Использование современных систем сканирования поверхности сортиментов позволяет оценивать вид и размеры пороков на их поверхности, на основании которых определяется сортность доски и обрезка осуществляется по критерию максимального стоимостного выхода в рамках заданной спецификации или ограничений, накладываемых количеством карманов сортировочной линии или количеством сушильных камер. Использование отдельных систем обрезки позволяет осуществлять индивидуальную оценку каждого сортимента, что увеличивает объёмный и качественный выход пилопродукции.

Обрезной станок (обрезная система) должен обеспечивать возможность обрезки досок по ширине при пиковых нагрузках лесопильного цеха. Это связано с тем, что в лесопильном цехе отсутствует возможность складирования необрезных пиломатериалов, а в качестве буферных складов используются поперечные транспортеры, имеющие ограниченную ёмкость. При их заполнении, в том случае если производительность обрезного станка не позволяет обеспечить обрезку

пиломатериалов с той же интенсивностью, с которой сортименты поступают из лесопильного цеха – головное оборудование останавливается, что увеличивает простои цеха и снижает его экономическую эффективность.

Составив схемы раскроя для пиловочных брёвен всех диаметров, табл. 2.5, а также определив производительность при распиловке каждого диаметра брёвен в соответствии с параметрами выбранного оборудования могут быть определены следующие показатели лесопильного цеха по каждому из распиливаемых диаметров сырья:

– общее количество досок, поступающих из лесопильного цеха Z_d , шт./мин;

– количество необрезных досок, поступающих из лесопильного цеха $Z_{нд}$, шт./мин.

Например, при раскрое брёвен диаметром 22 см на пиломатериалы на ленточнопильной линии с рециркуляцией брусьев, по схеме, представленной на рис. 5.4, из одного бревна вырабатывается 9 досок, 4 из которых являются необрезными.

В соответствии с расчётом производительности, приведенным в табл. 4.4, за смену таких брёвен перерабатывается 234 м³, то есть 996 штук при объёме одного бревна 0,235 м³.

При номинальной продолжительности смены 480 мин, фактическое время, затрачиваемое непосредственно на распиловку бревен, с учетом потерь времени, вызванных его простоями по организационным и случайным причинам, а также особенностей лесопильных станков, в данном примере для ленточнопильной линии с рециркуляцией брусьев, производительность которой определяется по формуле (5.20), может быть определено по формуле (5.24):

$$T_{\phi} = K_M K_N K_{ти}^{60} K_{и}^{обр} T_c, \quad (5.24)$$

$$T_{\phi} = 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,766 \cdot 0,947 \cdot 480 = 300,8 \text{ мин}$$

– среднее количество досок, поступающих из лесопильного цеха Z_d , при раскрое бревен диаметром 22 см, составляет – $(996 \cdot 9) / 300,8 = 29,8$ шт./мин;

– количество необрезных досок, поступающих из лесопильного цеха $Z_{нд}$, при раскрое бревен диаметром 22 см, составляет – $(996 \cdot 4) / 300,8 = 13,24$ шт./мин.

По этой же методике определяется общее количество обрезных и необрезных пиломатериалов для всех распиливаемых диаметров сырья.

По результатам расчетов необходимо построить график, рис. 5.5, на котором необходимо указать максимальную интенсивность поступления необрезных пиломатериалов на участок обрезки.

Как видно из графика, рис. 5.5, максимальная интенсивность поступления необрезных досок к обрезному станку, $J_{\max} = 21,48$ шт./мин, достигается при распиловке брёвен диаметром 16 см.

Для определения параметров обрезного станка необходимо определить его расчётную скорость подачи $U_{\text{обр.расч}}$, м/мин по формуле (5.25)

$$U_{\text{обр.расч}} = J_{\max} L_{\text{ср}}, \quad (5.25)$$

где $L_{\text{ср}}$ – средняя длина необрезной доски, м, определяемая по формуле (5.26).

$$L_{\text{ср}} = \frac{L + L_{\text{min}}}{2}, \quad (5.26)$$

где L – длина бревна, м; L_{min} – минимальная длина боковой доски, м, определяемая в соответствии с поставом. В данном примере примем её длину равной 2,5 м.

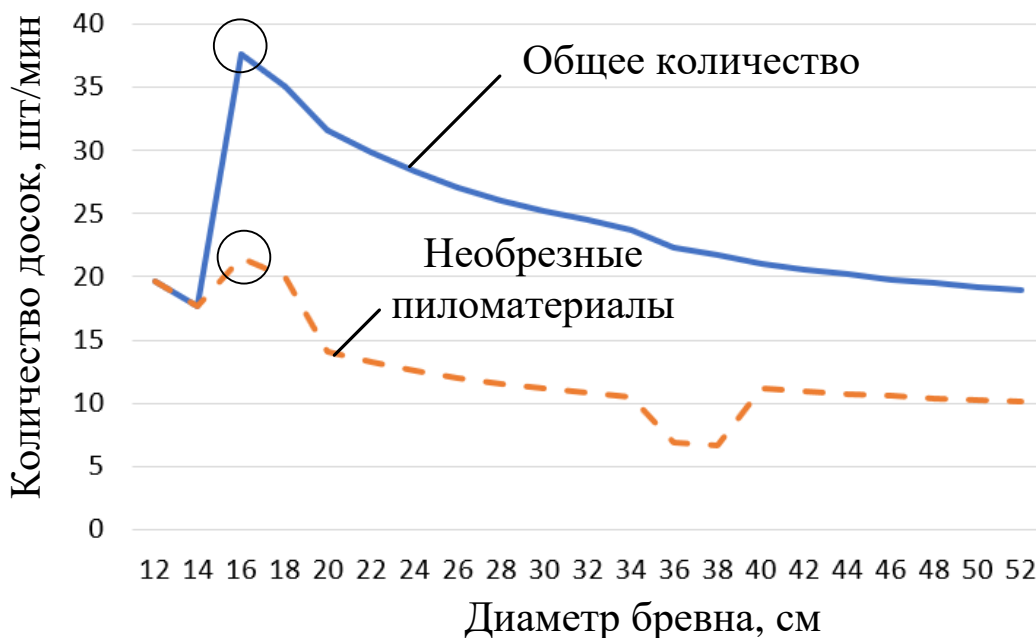


Рис. 5.5. Интенсивность поступления пиломатериалов из лесопильного цеха

Для выбора типа и марки обрезного станка необходимо найти требуемую скорость обрезки досок $U_{\text{обр.тр}}$, м/мин, с учётом потерь времени на вспомогательные операции по формуле (5.27)

$$U_{\text{обр.тр}} = \frac{U_{\text{обр.расч}}}{K_{\text{м}}^{\text{обр}}}, \quad (5.27)$$

где $K_{\text{м}}^{\text{обр}}$ – коэффициент машинного времени обрезающего оборудования, определяемый по формуле (5.28)

$$K_{\text{м}}^{\text{обр}} = \frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}} + t_{\text{у}}} = \frac{60(L_{\text{ср}}/U_{\text{обр.расч}})}{t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}} + t_{\text{у1}} + \left((L_{\text{ср}} - S)/U_{\text{обр.расч}} \right) 60}, \quad (5.28)$$

где $t_{\text{р}}$ – время обрезки одной доски, с; $t_{\text{в1}}$ – время укладки и ориентации доски, в зависимости от типа головного оборудования, $t_{\text{в1}} = (0,1 \dots 2)$ с; $t_{\text{в2}}$ – время на ориентацию пил в зависимости от механизма перемещения (механическое, гидравлическое, пневматическое перемещение), $t_{\text{в2}} = (0,1 \dots 1)$ с; $t_{\text{у}}$ – время ухода доски со вперидистаночного стола, с; $t_{\text{у1}}$ – время прохода доски до передних вальцов, $t_{\text{у1}} = (S/U_{\text{обр.расч}})60$ с; S – расстояние от начала стола до передних подающих вальцов, $S = (0,6 \dots 0,8)$ м; $t_{\text{у2}}$ – время ухода доски со вперидистаночного стола, $t_{\text{у2}} = \left((L_{\text{ср}} - S)/U_{\text{обр.расч}} \right) 60$, с.

При выполнении учебных расчетов $K_{\text{м}}^{\text{обр}}$ может быть принят на уровне 0,75-0,8.

Цикловая производительность обрезающего станка, определяется формулой (5.29)

$$Q_{\text{ц}}^{\text{об}} = Q_{\text{п}} K_{\text{м}}^{\text{обр}} = \frac{U_{\text{обр.треб}}}{L_{\text{ср}}} K_{\text{м}}^{\text{обр}}. \quad (5.29)$$

Проверка решения осуществляется по формуле (5.30)

$$Q_{\text{ц}}^{\text{об}} \geq J_{\text{max}}, \quad (5.30)$$

5.6. Методика расчёта производительности участка сортировки сырых пиломатериалов

Пропускная способность линии сортировки сырых пиломатериалов «Green sorting» $Q_{\text{п}}^{\text{сл}}$ определяется в шт. досок/мин, по формуле (5.31)

$$Q_{\text{п}}^{\text{сл}} = J_{\text{max}}^{\text{лц}} K_{\text{ти}}^{\text{сл}} K_{\text{з}}^{\text{лц}}, \quad (5.31)$$

где $J_{\max}^{\text{лц}}$ – максимальная интенсивность поступления пиломатериалов из лесопильного цеха, шт./мин, определяемая с учетом фактического времени распиловки бревен, формула (5.24); $K_{\text{ти}}^{\text{сл}}$ – коэффициент технического использования линии для торцовки и сортировки досок; $K_3^{\text{лц}}$ – коэффициент загрузки лесопильного цеха. Значения указанных коэффициентов определяются при расчёте производительности лесопильного цеха.

Требуемое количество карманов для рассортированных пиломатериалов на сортировочной линии шт., определяется по формуле (5.32)

$$N_{\text{карм}} = N_{\text{сеч}} + N_{\text{зап}} + N_{\text{рез}}, \quad (5.32)$$

где $N_{\text{сеч}}$ – количество сечений пиломатериалов в спецификации; $N_{\text{зап}}$ – запас карманов, необходимый для обеспечения бесперебойной работы линии во время выгрузки заполнившихся карманов; $N_{\text{зап}} = (1,2 \dots 1,3)N_{\text{сеч}}$; $N_{\text{рез}}$ – резервный карман, для пиломатериалов не подходящих под спецификационные требования, либо посылаемых оператором в «отпад», $N_{\text{рез}} = (1,05 \dots 1,1)N_{\text{сеч}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. *Калитеевский, Р. Е.* Лесопиление в 21 веке. Технология, оборудование, менеджмент. - Изд. 2-е, испр. и доп. / Р. Е. Калитеевский. – СПб.: ПрофиКС, 2008. – 499 с.

2. *Калитеевский, Р. Е.* Проектирование лесопильных предприятий с пакетной отгрузкой пиломатериалов: Учебное пособие / Р. Е. Калитеевский, А. М. Артеменков, А. А. Тамби, В. М. Торопов. – СПб.: СПбГЛТА, 2007. – 64 с.

3. *Калитеевский, Р. Е.* Информационные технологии в лесопилении / Р. Е. Калитеевский, А. М. Артеменков, А. А. Тамби. – СПб.: Профи, 2010. – 192 с.

4. *Тамби, А. А.* Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств / А. А. Тамби. – СПб.: СПбГЛТА, 2010. – 32 с.

5. *Дикая, З. А.* Экономическое обоснование строительства и реконструкции предприятий, цехов и участков деревообрабатывающей промышленности: Учебное пособие / З. А. Дикая, В. Н. Решетняк, А. А. Тамби, С. Б. Некрашевич. – СПб.: СПбГЛТУ, 2011. – 64 с.

6. *Чубинский, А. Н.* Методология проектирования технологических процессов лесопиления 250400 / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, А. И. Шейнов. – СПб.: СПбГЛТУ, 2012. – 56 с.

7. *Чубинский, А. Н.* Основы проектирования предприятий. Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств: Учебное пособие / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, Т. А. Шагалова. – СПб.: СПбГЛТА, 2011. – 168 с.

8. *Шимкевич, Ю. Б.* Справочник по лесопилению / Ю. Б. Шимкевич. – СПб.: Профикс, 2008. – 198 с.

9. *Чубинский, А. Н.* Проектирование производственных систем: Учебное пособие / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 72 с.

10. Официальный сайт компании USNR <https://www.usnr.com>

Дополнительная литература

11. *Аксенов, П. П.* Технология пиломатериалов / П. П. Аксенов. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 479 с.

12. *Бокщанин, Ю. Р.* Обработка и применение древесины лиственницы / Ю. Р. Бокщанин. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 216 с.

13. *Варфоломеев, Ю. А.* Справочник по лесопилению / Ю. А. Варфоломеев. – М.: Экология, 1991. – 496 с.

14. *Калитеевский, Р. Е.* Теория и организация лесопиления / Р. Е. Калитеевский. – М.: Экология, 1995. – 325 с.

15. *Калитеевский, Р. Е.* Оборудование, процессы и организация производства пиломатериалов: Учебное пособие / Р. Е. Калитеевский. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 156 с.

16. *Калитеевский, Р. Е.* Метод расчёта производственной мощности лесопильных предприятий, основные процессы лесопиления и методика их расчета: Текст лекций / Р. Е. Калитеевский. – СПб.: СПбЛТА, 2002. – 124 с.

17. *Песоцкий, А. Н.* Лесопильное производство / А. Н. Песоцкий. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 432 с.

18. *Чубинский, А. Н.* Производственный менеджмент в лесопилении / А. Н. Чубинский. – СПб.: СПбГЛТА, 2009. – 72 с.

19. *Власов, Г. Д.* Методы расчёта поставов / Г. Д. Власов. – М.: Гослесбумиздат, 1950. – 80 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1 Приложения 1

Задание на курсовое проектирование

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Примерная производительность предприятия Q , тыс. м ³ /год	25	50	100	150	200	250	300	400	500	600
Порода	Лист-венница	Сосна	Лист-венница	Ель	Лист-венница	Сосна	Лист-венница	Ель	Лист-венница	Сосна
Длина бревна L , м	4,0	4,0	6,0	4,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0
Сорт брёвен	I	I	II	I	II	III	I	III	II	I
Средний диаметр d_{cp} , см	18	19	20	21	18	20	19	20	22	18
Минимальная длина боковой доски $L_{бок}$, м	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	2,0	3,0	2,5	2,0	3,0
Общая спецификация пиломатериалов и объём единичного заказа (полужирным шрифтом выделена толщина, <i>курсивом</i> – ширина пиломатериалов, далее объём при выполнении единичного заказа и заданный сорт пилопродукции в единичном заказе)	22×100 50 м ³ сорт I	19×100 40 м ³ сорт 0	25×125 100 м ³ сорт II	16×75 70 м ³ сорт I	22×125 80 м ³ сорт II	16×100 55 м ³ сорт I	19×125 45 м ³ сорт I	22×125 50 м ³ сорт II	32×100 85 м ³ сорт I	38×100 65 м ³ сорт II
	22×125 140 м ³ сорт III	19×150 120 м ³ сорт II	25×150 150 м ³ сорт I	16×100 150 м ³ сорт IV	22×150 130 м ³ сорт II	16×125 90 м ³ сорт II	19×150 80 м ³ сорт II	22×150 140 м ³ сорт 0	32×125 110 м ³ сорт IV	38×125 125 м ³ сорт I
	38×100 70 м ³ сорт IV	44×125 60 м ³ сорт IV	38×150 80 м ³ сорт II	32×125 55 м ³ сорт 0	25×100 45 м ³ сорт I	22×125 65 м ³ сорт 0	38×125 90 м ³ сорт III	38×125 70 м ³ сорт I	38×150 85 м ³ сорт II	44×125 50 м ³ сорт III
	38×125 80 м ³ сорт I	44×150 70 м ³ сорт II	38×175 45 м ³ сорт IV	32×150 90 м ³ сорт II	25×175 55 м ³ сорт II	22×150 40 м ³ сорт III	38×150 60 м ³ сорт I	38×175 80 м ³ сорт II	38×175 100 м ³ сорт 0	44×150 40 м ³ сорт 0
	50×125 30 м ³ сорт I	75×150 20 м ³ сорт III	50×125 70 м ³ сорт II	44×125 50 м ³ сорт I	63×125 20 м ³ сорт III	44×150 25 м ³ сорт VI	63×125 35 м ³ сорт II	50×150 30 м ³ сорт 0	63×150 40 м ³ сорт II	75×125 45 м ³ сорт III
	50×150 20 м ³ сорт II	75×175 25 м ³ сорт IV	50×150 50 м ³ сорт III	44×150 15 м ³ сорт 0	63×150 10 м ³ сорт I	44×175 30 м ³ сорт II	63×150 35 м ³ сорт I	50×175 20 м ³ сорт II	63×175 35 м ³ сорт III	75×150 20 м ³ сорт I

Таблица 2 Приложения 1
Объем брёвен, м³ ГОСТ 2708-75 ГОСТ 2708-75 Лесоматериалы
круглые. Таблицы объемов

Диаметр брёвен, см	Длина брёвен, м								
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
14	0,035	0,043	0,052	0,061	0,073	0,084	0,097	0,110	0,123
16	0,044	0,056	0,069	0,082	0,095	0,110	0,124	0,140	0,155
18	0,056	0,071	0,086	0,103	0,120	0,138	0,156	0,175	0,194
20	0,069	0,087	0,107	0,126	0,147	0,170	0,190	0,210	0,23
22	0,084	0,107	0,130	0,154	0,178	0,200	0,230	0,250	0,28
24	0,103	0,130	0,157	0,184	0,210	0,240	0,270	0,300	0,33
26	0,123	0,154	0,185	0,210	0,250	0,280	0,320	0,350	0,39
28	0,144	0,180	0,220	0,250	0,290	0,330	0,370	0,410	0,45
30	0,165	0,200	0,25	0,29	0,33	0,38	0,42	0,47	0,52
32	0,190	0,230	0,28	0,33	0,38	0,43	0,48	0,53	0,59
34	0,210	0,260	0,32	0,37	0,43	0,49	0,54	0,60	0,66
36	0,230	0,290	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,67	0,74
38	0,260	0,320	0,39	0,46	0,53	0,60	0,67	0,74	0,82
40	0,28	0,36	0,43	0,50	0,58	0,66	0,74	0,82	0,90
42	0,31	0,39	0,47	0,56	0,64	0,73	0,81	0,90	1,00
44	0,34	0,43	0,52	0,61	0,70	0,80	0,89	0,99	1,09
46	0,37	0,47	0,57	0,67	0,77	0,87	0,98	1,08	1,19
48	0,41	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,18	1,30
50	0,44	0,56	0,67	0,79	0,91	1,03	1,15	1,28	1,41
52	0,48	0,61	0,73	0,86	0,99	1,12	1,25	1,39	1,53

Таблица 3 Приложения 1
Распределение объёмов брёвен по диаметрам в процентах

Диаметр брёвен, см	Средний диаметр брёвен $d_{ср}$, см							
	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5
12	1,9246	1,476	1,156	0,8899	0,7048	0,548	0,4373	0,3418
14	13,45	11,36	9,704	8,09	6,7799	5,696	4,8545	4,0118
16	16,822	15,09	13,595	11,891	10,505	9,188	8,1747	7,0248
18	17,1618	16,19	15,369	14,119	13,005	11,9	10,974	9,7989
20	14,9598	14,88	14,817	14,267	13,695	13,03	12,446	11,506
22	11,7658	12,32	12,831	12,841	12,894	12,685	12,58	11,996
24	8,5477	9,33	10,174	10,66	11,046	11,252	11,562	11,4
26	5,8643	6,695	7,398	8,2379	8,8693	9,413	9,862	10,047
28	3,3286	4,576	4,392	6,055	6,7699	7,382	8,0276	8,3444
30	2,3095	3,017	3,688	4,31	4,9507	5,588	6,2802	6,7069

Продолжение табл. 3 Приложения 1

Диаметр брёвен, см	Средний диаметр брёвен d_{cp} , см							
	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5
32	1,6422	1,94	2,458	2,97	3,5471	4,078	4,7073	5,1804
34	0,9085	1,218	1,605	2	2,4558	2,922	3,4562	3,8967
36	0,5477	0,755	1,026	1,323	1,6649	2,046	2,4698	2,8481
38	0,3125	0,47	0,655	0,8599	1,1193	1,41	1,2958	2,0693
40	0,1859	0,272	0,397	0,55	0,7428	0,956	0,8402	1,4695
42	0,1145	0,171	0,309	0,31	0,4825	0,646	0,5723	1,0326
44	0,0603	0,098	0,159	0,259	0,3133	0,431	0,3805	0,7257
46	0,0317	0,062	0,0981	0,153	0,2022	0,294	0,2658	0,5018
48	0,0241	0,037	0,0647	0,0919	0,0921	0,186	0,1836	0,3518
50	0,00904	0,02	0,0384	0,051	0,013	0,12	0,1836	0,2249
52 и выше	0,02946	0,023	0,0658	0,0714	0,1474	0,229	0,4466	0,5216

Продолжение табл. 3 Приложения 1

Диаметр брёвен, см	Средний диаметр брёвен d_{cp} , см								
	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0
12	0,2762	0,2219	0,1789	0,1464	0,124	0,0900	0,0620	0,0410	0,0289
14	3,4071	2,8648	2,4319	2,0731	1,774	1,3240	1,0190	0,7165	0,5459
16	6,1934	5,3567	4,6829	4,1122	3,614	2,8350	2,2691	1,6783	1,3238
18	7,9998	7,9356	7,1539	6,1723	5,817	4,7750	3,9622	3,0785	2,5087
20	10,806	9,6365	9,2349	8,5413	7,8881	6,7200	5,7933	4,6848	3,9526
22	11,748	11,496	10,627	10,014	9,4271	8,4370	7,4934	6,3612	5,5114
24	11,312	10,938	10,625	10,388	10,025	9,2440	8,5075	7,4842	6,7223
26	10,285	10,272	10,272	10,165	10,006	9,5608	9,0645	8,3149	7,6462
28	8,8304	8,9645	9,0909	9,2584	9,2871	9,2580	9,0335	8,5551	8,1091
30	7,2367	7,5876	7,9639	8,1973	8,3751	8,5881	8,6165	8,5420	8,2491
32	5,7277	6,0846	6,4809	6,8342	7,1111	7,5150	7,7874	7,7894	7,8922
34	4,4071	4,8327	5,2539	5,6277	5,9731	6,4760	6,9164	7,2660	7,3782
36	3,2922	3,7198	4,1109	4,5124	4,8530	5,4720	5,9253	6,4243	6,7033
38	2,4424	2,4848	3,1509	3,5054	3,8260	4,4240	4,9322	5,5405	5,8754
40	1,7539	2,0498	2,3589	2,6669	2,9570	3,5310	4,0282	4,6288	5,0464
42	1,2761	1,4889	1,7339	1,9919	2,2450	2,7500	3,1891	3,7901	4,2115
44	0,9011	1,0949	1,3119	1,5345	1,7550	2,1990	2,6261	3,1896	3,6176
46	0,6401	0,7709	0,9339	1,0430	1,2940	1,6560	2,0151	2,5321	2,9257
48	0,4505	0,5689	0,6929	0,9026	0,9710	1,2910	1,6100	2,0537	2,4227
50	0,3205	0,3949	0,4919	0,6007	0,7250	0,9690	1,2270	1,8115	1,9488
52 и выше	0,6915	0,9449	1,2179	1,7110	1,9610	2,8830	3,9212	5,5345	7,3792

Таблица 4 Приложения 1

Поправочный коэффициент на годовые условия работы

Температурная зона	1	2	3	4	5	6
Поправочный коэффициент K_r	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,80

Примечание:

1 зона – Калининградская область, Краснодарский и Ставропольский край.

2 зона – Астраханская, Ростовская и Ленинградская области, г. Санкт –Петербург.

3 зона – Брянская, Владимирская, Воронежская, Московская, Новгородская, Ярославская области, а также Карелия.

4 зона – Архангельская, Костромская, Вятская, Вологодская, Мурманская области, а также республики Коми, Марий Эл, Мордовия, Удмуртия, Чувашия, Татарстан.

5 зона – Алтайский край, Амурская, Новосибирская, Омская, Пермская, Свердловская, Томская области.

6 зона – Тюменская, Читинская, Иркутская области, Республики Бурятия, Республика Саха (Якутия), Красноярский и Хабаровский край.

Таблица 5 Приложения 1

Вспомогательная таблица посылок, ограниченных шероховатостью поверхности материалов, заполнением впадин зубьев опилками и мощностью электродвигателя механизма резания лесопильных рам 2Р75 – 1/2 (мощность 110 кВт, частота вращения коленчатого вала 325 мин⁻¹, порода древесины – сосна, ель, пихта, древесина – талая/мерзлая при температуре не ниже – 20 °С)

Диаметр брёвен (высота брусьев), см	Шаг зубьев, мм	Число пил в поставе, участвующих в резании, шт.			
		до 6	8	10	12
1	2	3	4	5	6
Распиливание брёвен вразвал и с брусовкой при выпиливании двух брусьев					
14	26	46,0	46,0	–	–
16	26	46,0	46,0	–	–
18	26	43,0	43,0	–	–
20	26	39,0	39,0	39,0	–
22	26	35,0	35,0	35,0	–
24	26	32,0	32,0	32,0	–
	32	34,0	34,0	34,0	–
26	26	30,0	30,0	30,0/28,0	–
	32	34,0	34,0	33,0/29,0	–
28	26	27,5	27,5	27,5/26,5	–
	32	34,0	34,0	29,5/26,5	–

Продолжение табл. 5 Приложения 1

1	2	3	4	5	6
30	26	25,5	25,5	25,0/23,0	20,0/18,5
	32	32,0	32,0	26,5/24,0	21,0/19,0
32	26	24,0	24,0	23,0/21,0	18,0/16,5
	32	30,0	30,0	24,0/22,0	19,0/17,5
34	26	22,5	22,5	21,0/19,8	16,0/15,0
	32	28,5	28,5	22,0/20,0	17,5/16,0
36	26	21,5	21,5	19,0/17,5	15,0/14,0
	32	26,5	26,5/24,0	20,0/18,5	16,0/14,5
	40	27,0	27,0/25,0	21,0/19,0	16,5/15,0
38	26	20,0	20,0	17,5/16,5	13,6/13,0
	32	25,0	24,5/22,5	18,5/17,0	14,5/13,5
	40	27,0	25,5/22,0	19,5/17,5	15,5/14,0
40	26	19,0	19,0	16,0/15,0	12,2/11,6
	32	23,5	23,0/21,0	17,0/16,0	13,5/12,4
	40	27,0	24,0/21,5	18,0/13,0	14,2/13,0
42	26	18,0	18,0	14,6/14,0	11,0
	32	22,5	22,5	15,5/16,5	12,0/11,4
	40	27,0	23,0/20,0	16,5/15,0	13,0/12,0
44	26	17,5	17,5	13,4/12,8	10,0
	32	21,5	19,5/18,0	14,4/13,4	11,0/10,6
	40	27,0/26,0	20,5/18,5	15,2/14,0	12,0/11,2
46	26	16,5	16,5/16,0	12,4/12,0	9,4/9,2
	32	20,5	18,0/16,5	13,4/12,0	10,2/9,8
	40	26,0/25,0	19,0/17,5	14,2/12,5	11,2/10,4
48	26	15,5	15,5/15,0	11,4/11,0	8,6/8,4
	32	19,5	16,5/16,0	12,4/11,8	9,5/9,2
	40	25,0/24,0	17,5/17,0	13,2/12,4	10,2/9,8
50	26	15,0	15,0/14,0	10,6/10,2	8,0/7,8
	32	18,5	16,0/14,5	11,5/11,0	8,8/8,6
	40	24,0/22,5	16,5/15,0	12,2/11,6	9,6/9,2
Распиливание брёвен с брусочкой при выпиливании одного бруса толщиной (0,6...0,73) d_B					
14	26	46,0	46,0	-	-
16	26	46,0	46,0	-	-
18	26	46,0	46,0	-	-
20	26	43,0	43,0	-	-
22	26	42,0	42,0	-	-
24	26	41,0	41,0	-	-
26	26	39,0	39,0	-	-
28	26	36,0	36,0	35,0	-
30	26	34,0	34,0	33,0/30,0	-
32	26	31,0	31,0	31,0/27,5	-
	32	34,0	34,0	32,0/28,5	-
34	26	29,5	29,5	28,5/25,5	-
	32	34,0	34,0	30,0/26,5	-

Продолжение табл. 5 Приложения 1

1	2	3	4	5	6
36	26	27,0	27,0	26,5/23,5	-
	32	34,0	34,0/31,5	27,5/24,5	-
38	26	26,0	26,0	24,0/21,5	-
	32	33,0	32,0/29,0	25,0/22,5	-
40	26	25,0	25,0	22,0/20,0	-
	32	32,0	30,0/27,5	23,0/21,0	-
42	26	24,0	24,0	20,5/19,0	-
	32	30,0	28,0/25,5	21,5/20,0	-
44	26	22,0	22,0	19,0/17,5	-
	32	28,0	26,5/24,0	20,0/18,5	-
	40	27,0	24,0/24,5	21,0/19,0	-
46	26	20,0	20,0	17,5/16,0	-
	32	25,0	24,0/22,0	18,5/17,0	-
	40	27,0	25,0/22,5	19,5/17,5	-
48	26	19,0	19,0	16,0/15,0	-
	32	24,0	22,5/2,5	17,0/16,0	-
	40	27,0	23,5/21,5	18,0/16,5	-
50	26	18,0	18,0/17,5	15,0/14,5	-
	32	23,0	21,0/19,5	16,0/15,0	-
	40	27,0	22,0/20,0	17,0/15,5	-
52	26	17,0	17,0	14,2/13,6	-
	32	22,0	20,0/18,0	15,0/14,2	-
	40	27,0/26,5	21,0/19,0	16,0/14,8	-
Распиловка брусьев					
10	22	50,0	50,0	-	-
	26	46,0	46,0	-	-
12	22	50,0	50,0	-	-
	26	46,0	46,0	-	-
14	22	50,0	50,0	-	-
	26	46,0	46,0	-	-
16	26	44,0	44,0	44,0	-
18	26	42,0	42,0	42,0	-
20	26	41,0	41,0	41,0/40,0	37,0/32,0
22	26	38,0	38,0	37,0/35,0	30,0/28,0
24	26	35,0	35,0	33,0/35,0	27,5/25,0
	32	34,0	34,0	34,0/31,0	28,0/25,5
25	26	33,0	33,0	31,0/28,0	24,5/22,5
	32	34,0	34,0	32,0/29,0	25,5/23,5
26	26	31,0	31,0	28,5/28,5	23,0/21,5
	32	34,0	34,0	29,5/27,5	24,0/22,0
28	26	29,0	29,0	26,5/24,5	21,0/20,0
	32	34,0	34,0/33,0	27,5/25,5	22,0/20,5
30	26	27,0	27,0	23,5/22,0	19,0/18,0
	32	34,0	32,0/30,0	24,5/23,0	20,0/18,5
32	26	25,0	25,0	20,0/19,0	16,0/15,0

Окончание табл. 5 Приложения 1

1	2	3	4	5	6
	32	32,0	27,5/25,5	21,0/20,0	17,0/16,0
34	26	24,0	23,0/22,5	18,0/17,0	14,0/13,6
	32	30,0	25,0/23,5	19,5/18,0	15,0/14,4
36	26	22,5	22,5/20,5	16,0/15,5	12,6/12,4
	32	28,0	22,5/21,5	17,0/16,5	13,6/13,0

Таблица 6 Приложения 1

Оптимизационные линии обрезки досок

Параметр	Наименование оборудования			
	<i>Optimes</i> 2000-40	<i>Optimes</i> 2000-50	Catech IS	Catech TS
1	2	3	4	5
Ширина обработки, мм	60...750	80...450	90-670	90-670
Толщина обработки, мм	15...60	17...60	12-50	12-50
Скорость подачи, м/мин	50...260	80...360	до 420	до 420
Рекомендуемая производительность, шт./мин	40	50	до 70	до 75

Таблица 7 Приложения 1

Расход ширины поставка для досок хвойных пород (кроме лиственницы) по ТУ 13-316-76 и ГОСТ 24454-80

Толщина или ширина доски, мм	Припуск на усушку при влажности 20...22 %, мм	Расход ширины поставка для досок хвойных пород, мм		
		на половину толщины сердцевинной доски	На толщину доски	
			центральной	боковой
1	2	3	4	5
16	0,6	8,3	18,5	20,3
19	0,6	9,9	21,4	23,2
22	0,7	11,4	24,5	26,3
25	0,8	12,9	27,6	29,4
32	1,0	16,5	34,8	36,6
38	1,2	19,6	41,0	42,8
40	1,2	20,6	43,0	44,8
44	1,4	22,7	47,2	49,0

Продолжение табл. 7 Приложения 1

1	2	3	4	5
50	1,5	25,8	53,3	55,1
63	1,9	32,5	66,7	68,5

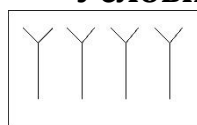
75	2,3	38,7	79,1	80,9
100	2,8	51,4	104,6	106,4
125	3,4	64,2	130,2	132,0
150	3,9	77,0	155,7	157,5
175	4,4	89,7	181,2	183,0
200	4,9	102,5	206,7	208,5

Таблица 8 Приложения 1
Усушка пиломатериалов из лиственницы

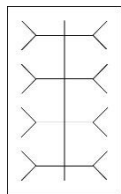
Номинальный размер пиломатериалов, мм	Припуск на усушку при конечной влажности 20...22 %, мм	Размер пиломатериала с припуском на усушку, мм
	13	0,9
16	1,1	17,1
19	1,2	20,2
22	1,4	23,4
25	1,5	26,5
32	1,8	33,8
40	2,2	42,2
45	2,4	47,4
50	2,6	52,6
60	3,0	63
70	3,4	73,4
75	3,6	78,6
80	3,8	83,8
90	4,2	94,2
100	4,6	104,6
110	5,0	115
130	5,6	135,6
150	6,4	156,4
180	7,4	187,4
200	8,1	208,1

Приложение 2

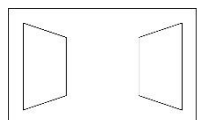
Условные обозначения бревнопильного оборудования



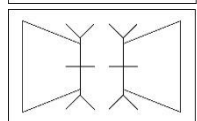
лесопильная рама



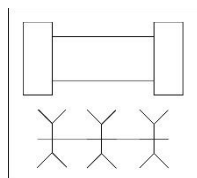
многопильный круглопильный станок



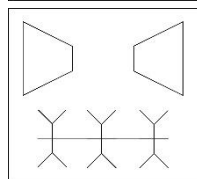
фрезерно-брусующий станок



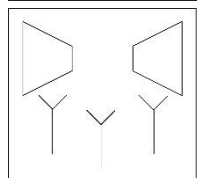
фрезерно-обрезной станок



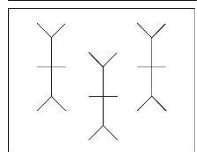
фрезерно-профилирующий агрегатированный станок



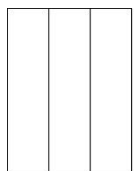
фрезерно-пильный круглопильный агрегатированный станок



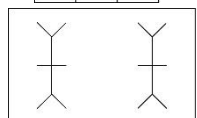
фрезерно-пильный ленточнопильный агрегатированный станок



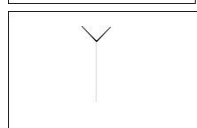
многопильное торцовочное устройство (триммер);



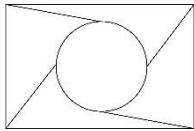
накопительное устройство с механизмом поштучной выдачи предмета обработки



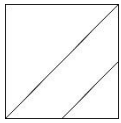
обрезной станок



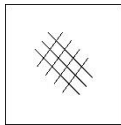
однопильный ленточнопильный станок



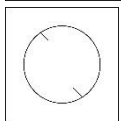
окорочный станок



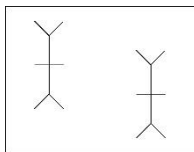
рубительная машина



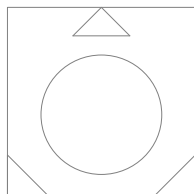
сортировочная машина для щепы, опилок, виброгрохот



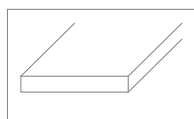
строгальный станок



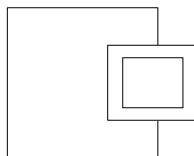
торцовочный станок проходного типа



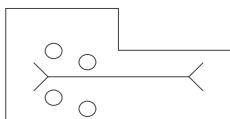
устройство для определения диаметра бревна



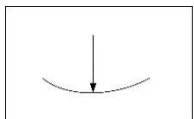
устройство для определения сечения доски



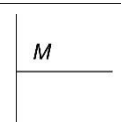
многопильный ленточнопильный станок



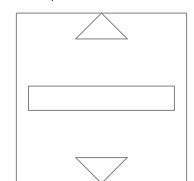
горбыльно-ребровой станок



машина для прочностной сортировки пиломатериалов



металлоискатель



устройство для оценки качества предмета обработки

Планы цехов с расположением лесопильного оборудования

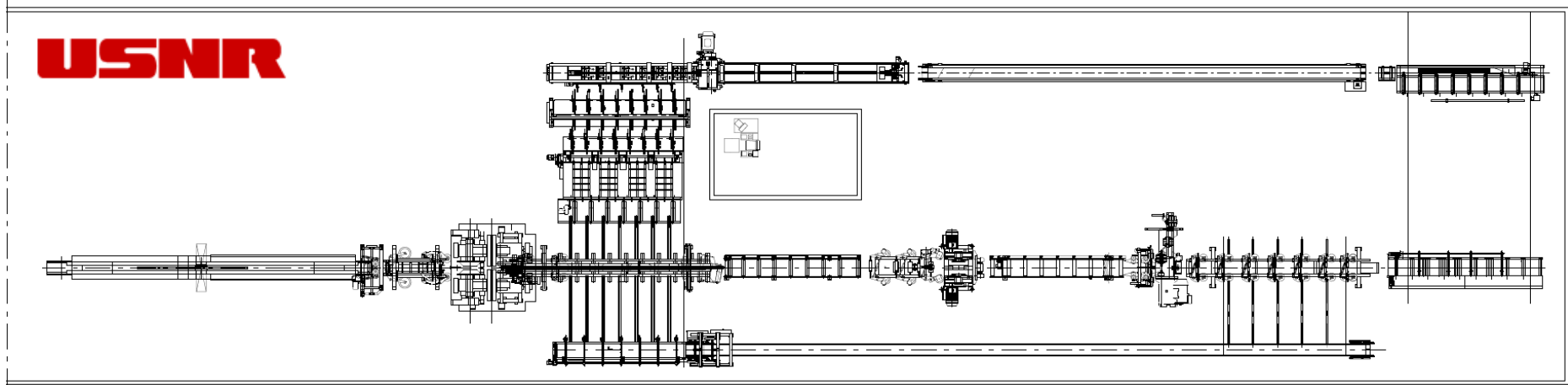


Рис. П.3.1. Лесопильная линия на базе ленточнопильного оборудования, совмещенного с многопильным фрезерно-профилирующим круглопильным станком для раскря бруса [10]

Бревна подаются на линию распиловки после прохождения 3d сканера. На основании полученных измерений сортименты ориентируются вокруг своей оси, что позволяет получить максимальный объемный выход пиломатериалов из каждого бревна. На первом проходе фрезеруется горбыльная часть бревен на фрезерно-брусующем станке, после чего отделяется до четырех необрезных досок на ленточнопильном станке первого ряда. Отпиленные боковые доски поступают на линию обрезки. На втором проходе также фрезеруется горбыльная часть, после чего полученный четырехкантный обзолный брус распиливается на двухвальном круглопильном станке модели EuroSaw с одновременным получением обзолных боковых досок/профилированием боковых досок. Также линия позволяет изменять положение режущих инструментов на фрезерно-брусующем и ленточнопильном станках на первом проходе и фрезерно-брусующем станке второго ряда для обеспечения максимального объемного выхода пиломатериалов.

Ориентировочная производительность линии – 450 - 600 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

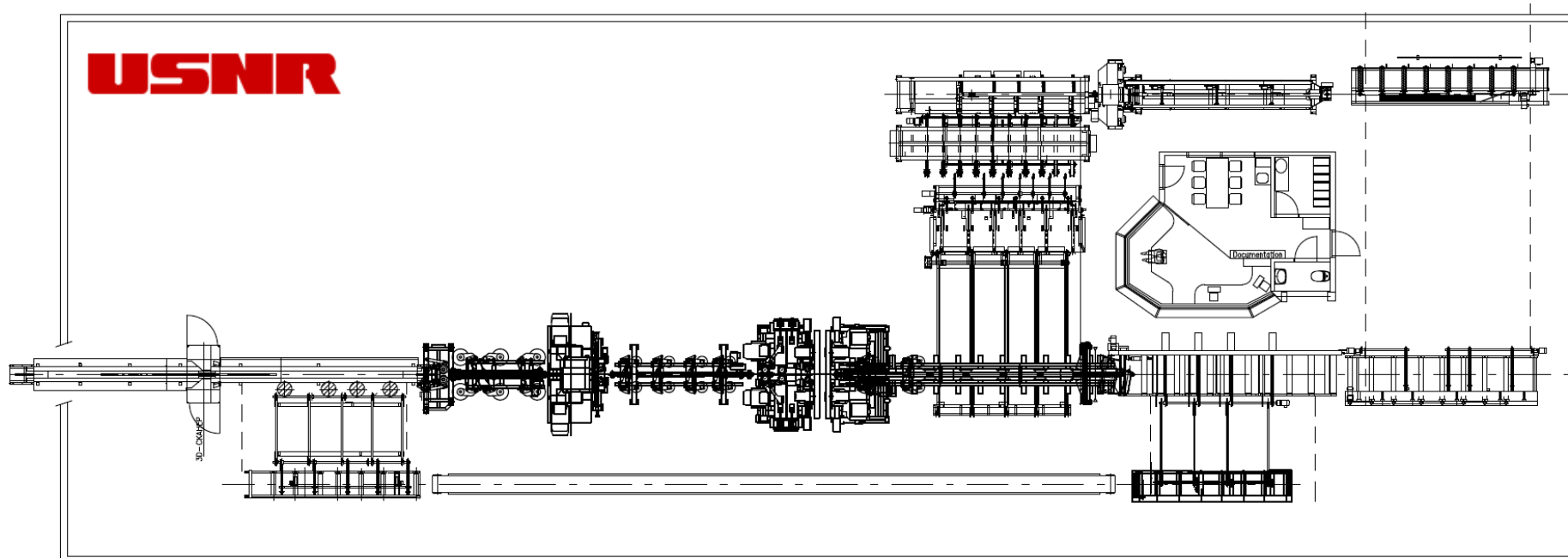


Рис. П.3.2. Лесопильная линия SuperSaver с функцией пиления вдоль образующей (криволинейное пиление) на базе фрезерно-ленточнопильного оборудования [10]

При подаче бревен на линию производится их трехмерное измерение, что позволяет оптимизировать их раскрой и увеличить объемный выход пиломатериалов. Раскрой бревен осуществляется за несколько проходов, путем их последовательного пропускания через фрезерно-ленточнопильный агрегат необходимое количество раз. Головной бревнопильный станок линии - 4-х пильный ленточнопильный станок АКЕ 245 1500-Quad, разнесенный промежуточным транспортером с фрезерно-брусующим станком модели 240. Разнесение станков позволяет осуществлять эффективное криволинейное пиление. На первом проходе производится фрезерование горбыльной части и последовательное отделение до четырех боковых необрезных досок, которые направляются на автоматизированную оптимизационную линию, где выполняется их сканирование и последующая обрезка. Двухкантный брус по возвратному конвейеру перемещается на исходную позицию, и, после его ориентации, цикл раскря повторяется. Все обрезные пиломатериалы направляются на линию сортировки сырых пиломатериалов. Линия работает по принципу «гибких поставов», т.е. положение режущих инструментов может изменяться непосредственно перед каждым бревном или брусом, что позволяет осуществлять раскрой укрупненных сортировочных групп пиловочника, либо распиливать не рассортированное сырье. Ширина пропила составляет около 2,6 мм. Линия управляется одним оператором.

Ориентировочная производительность линии – 120 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

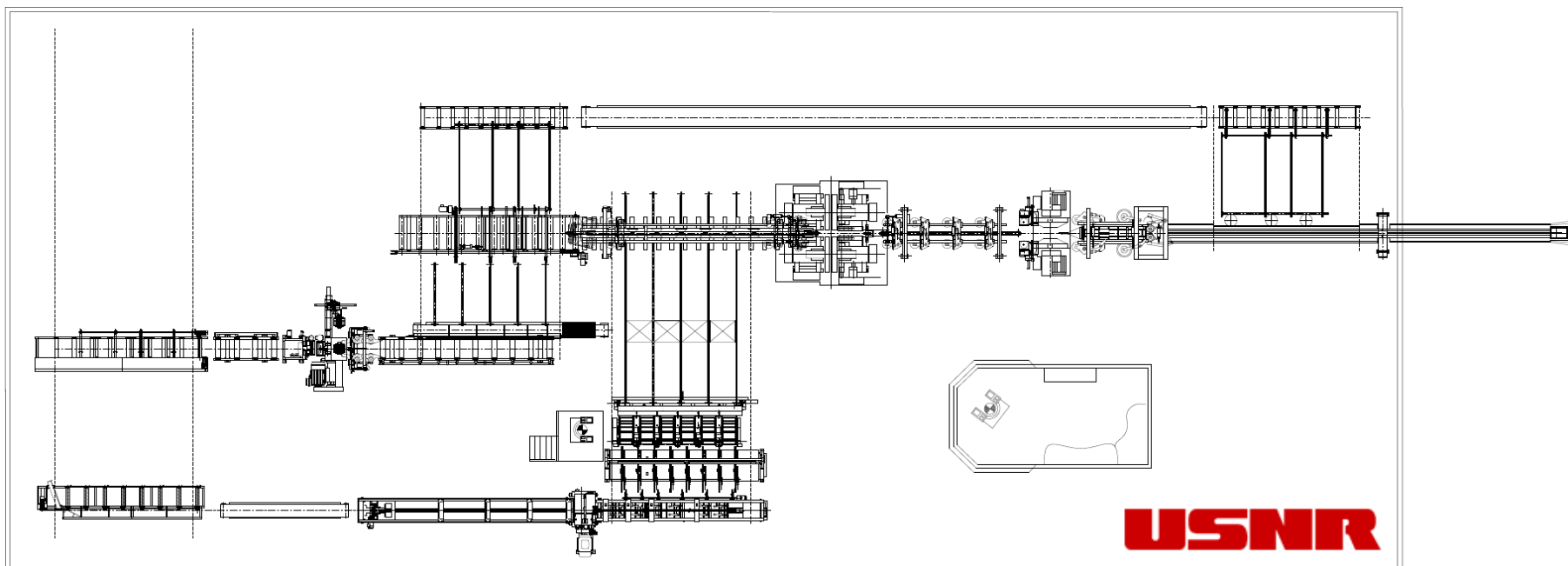


Рис. П.3.3. Лесопильная линия на базе фрезерно-ленточнопильного оборудования и делительного станка для бруса [10]

Принцип работы линии заключается в раскросе бревна путем его последовательного пропускания через фрезерно-ленточнопильный агрегат необходимое количество раз. Линия оснащена системами оптимизации раскроя, что позволяет полностью автоматизировать лесопильный поток и управляется только одним оператором, основные функции которого сводятся к контролю и наблюдению за работой.

При подаче бревен на линию лесопиления производится их трехмерное измерение и расчет параметров распиловки, что позволяет оптимизировать их раскрой и максимизировать объемный выход пиломатериалов. Далее производится кантование и загрузка бревен в оптимальном положении в фрезерно-брусующий станок. На первом проходе горбыльная часть фрезеруется и последовательно отпиливается до четырех боковых необрезных досок на четырехпильном ленточнопильном станке АКЕ 245-4 Quad. Промежуточный транспортер для бруса предназначен для эффективного раскроя криволинейных брусьев по образующей на втором проходе. Далее двухкантный брус по системе транспортеров возвращается на исходную позицию и производится аналогичный раскрой на втором проходе. При необходимости линия может производить необходимое число проходов, для отделения необрезных досок, в зависимости от постава.

Схема раскроя при получении радиальных пиломатериалов

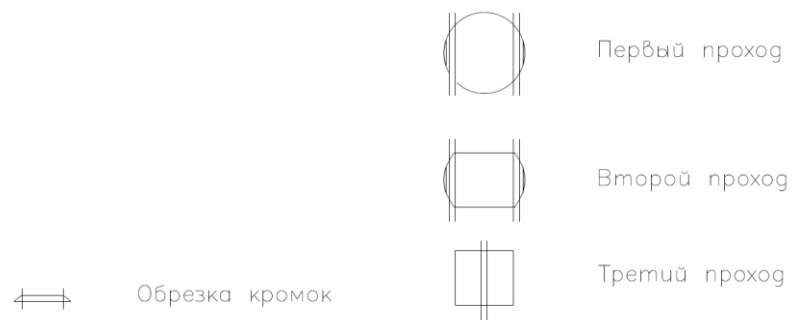


Схема раскроя при получении тангенциальных пиломатериалов

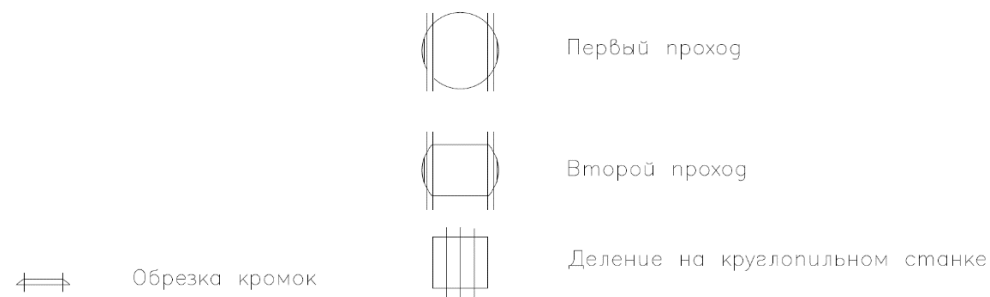


Рис. П.3.4. Схема раскроя бревен на ленточнопильной лесопильной линии

Последовательность раскроя при получении радиальных пиломатериалов: Полученные на третьем проходе два бруса и центральная вырезка (до трех досок) направляются по поперечному цепному транспортеру на роликовый транспортер. Далее четырехкантные брусья центрируются на подающем узле модели 632, делятся на пиломатериалы на круглопильном станке модели EuroSaw-FDP и далее по роликовому транспортеру попадают на сбрасыватель центральных пиломатериалов. Центральная вырезка отделяется заслонкой и попадает на ленточный транспортер с прижимными роликами и далее направляется на линию обрезки.

Последовательность раскроя при получении тангенциальных пиломатериалов: Последовательность раскроя отличается от вышеупомянутого только тем, что в данном случае отсутствует центральная вырезка.

Круглопильный станок оборудован подвижной базой, позволяющей производить смещение станка на 50-60 мм на сторону, в зависимости от постова. Это обеспечивает возможность раскроя нескольких смежных сортировочных групп пиловочника. Также станок оборудован устройством быстрой смены инструмента (порядка 5-10 минут) и системой впрыска водо-воздушной смеси в пыльное пространство, что позволяет охладить пилы в процессе работы, и предотвратить их засмаливание, и как следствие, перегрев и выход из строя. Данная функция особенно важна при раскрое высокосмолистых пород (лиственница и т.д.).

Ширина пропила ленточной пилы составляет около 2,8 мм. Ориентировочная производительность линии – 180 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

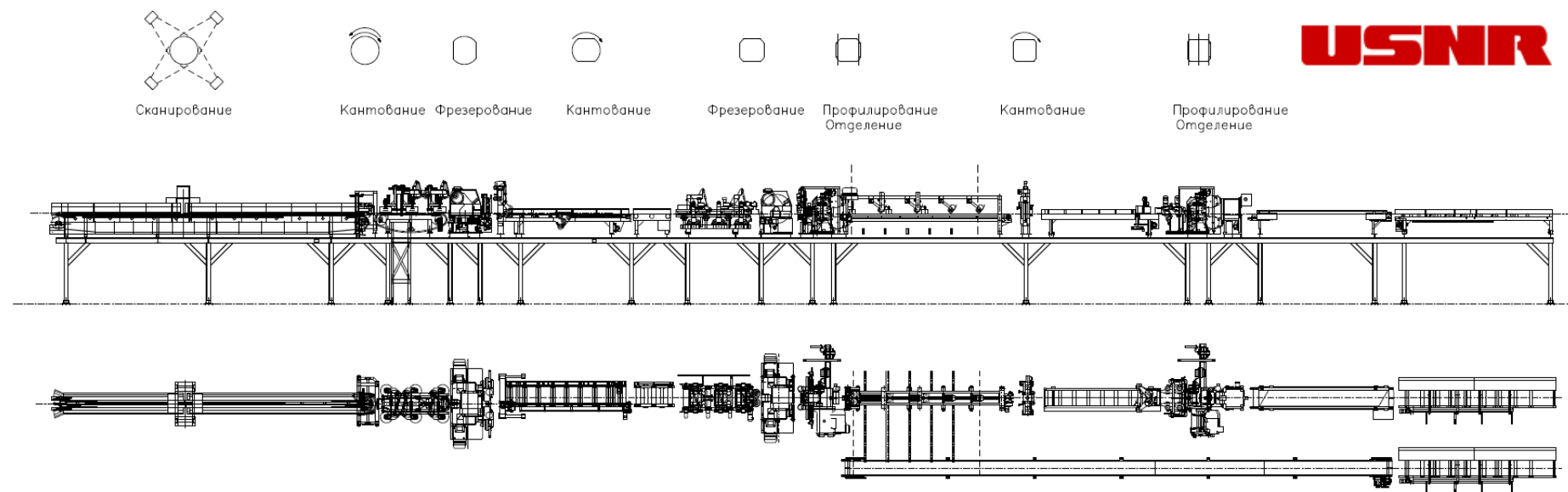


Рис. П.3.5. Лесопильная линия на базе фрезерно-профилирующего круглопильного оборудования [10]

На линию пиления подаются окоренные бревна, без значительных корневых наплывов, ориентированные вершиной вперед с постоянным и регулируемым межторцовым зазором.

Лесопильная линия является прямоточной, включает в себя два фрезерно-брусующих станка и два двухвальных профилирующих круглопильных станка. При поступлении бревен на линию производится их сканирование. Далее производится ориентация и центрирование бревна в положение, обеспечивающее максимальный объемный выход пиломатериалов. В первом фрезерно-брусующем станке фрезеруется горбыльная часть с двух сторон. Далее брус кантуется на 90 градусов и по роликовому транспортеру поступает во второй фрезерно-брусующий станок, где производится фрезерование второй пары горбылей. Фрезерно-профилирующий круглопильный станок первого ряда установлен непосредственно после фрезерно-брусующего станка и позволяет формировать профиль двух или четырех боковых досок и отделять их от поверхности бруса. После отделения досок производится их сброс на поперечный цепной транспортер и перемещение по ленточному транспортеру к сбрасывателю пиломатериалов. Четырехкантный брус кантуется на 90 градусов и далее загружается во второй фрезерно-профилирующий круглопильный станок, где производится формирование профильного бруса с двумя или четырьмя боковыми досками и его распиливание. Полученные пиломатериалы выгружаются из станка и сбрасываются на поперечный цепной транспортер линии сортировки сырых пиломатериалов.

Ориентировочная производительность линии – 450 - 600 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

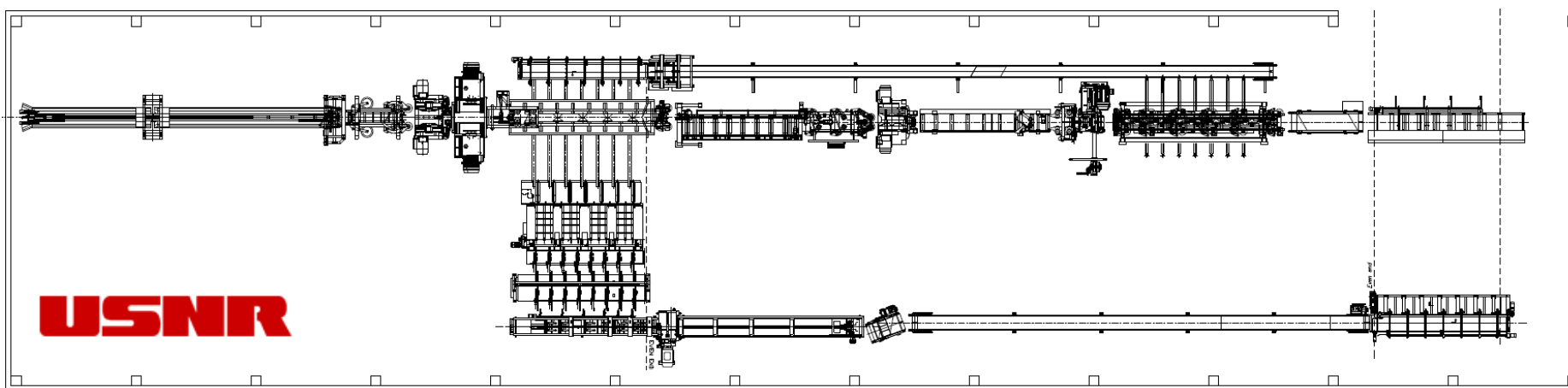


Рис. П.3.6. Лесопильная линия на базе круглопильного оборудования [10]

Раскрой бревен осуществляется на двухвальных круглопильных станках. Линия обеспечивает возможности раскроя брусьев вдоль образующей. Процесс раскроя начинается с трехмерного сканирования True Shape. Далее производится оптимизация по поставке в режиме реального времени и ориентация бревна кантователем в положение, обеспечивающее наибольший объемный выход пиломатериалов. Станок первого ряда представляет собой агрегат, состоящий из фрезерно-брусующего станка, скомбинированного с двухвальным круглопильным станком. Станок позволяет отфрезеровать горбыльную часть, и отделить две или четыре боковых доски. Отделение одной или двух пар боковых досок производится на круглопильном станке. Далее боковые доски отделяются от бруса и поступают на линию оптимизационной обрезки. После раскроя на первом проходе производится кантование бруса на 90 градусов и подача его на оборудование второго ряда. Установленный фрезерно-брусующий станок фрезерует боковую поверхность двухкантного бруса. Далее четырехкантный брус поступает на узел загрузки круглопильного станка, где производится раскрой бруса на центральные пиломатериалы и отделение одной или двух пар боковых досок. Далее боковые доски отделяются от центральных пиломатериалов и поступают на линию оптимизационной обрезки. Для профилирования боковых досок на круглопильный станок могут быть установлены профильные фрезы. Далее центральные пиломатериалы поступают на поперечный цепной транспортер линии сортировки пиломатериалов.

Боковые доски обрезаются на высокопроизводительной оптимизационной линии обрезки с поперечным сканированием (сканируется верхняя и нижняя пласть). После сканирования и ориентации производится установка пил обрезного станка в требуемое положение и далее непосредственно обрезка. Отделение рейки производится на транспортере после обрезного станка.

Скорость подачи на линии обрезки регулируется через частотный преобразователь.

Ориентировочная производительность линии – 450 - 600 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

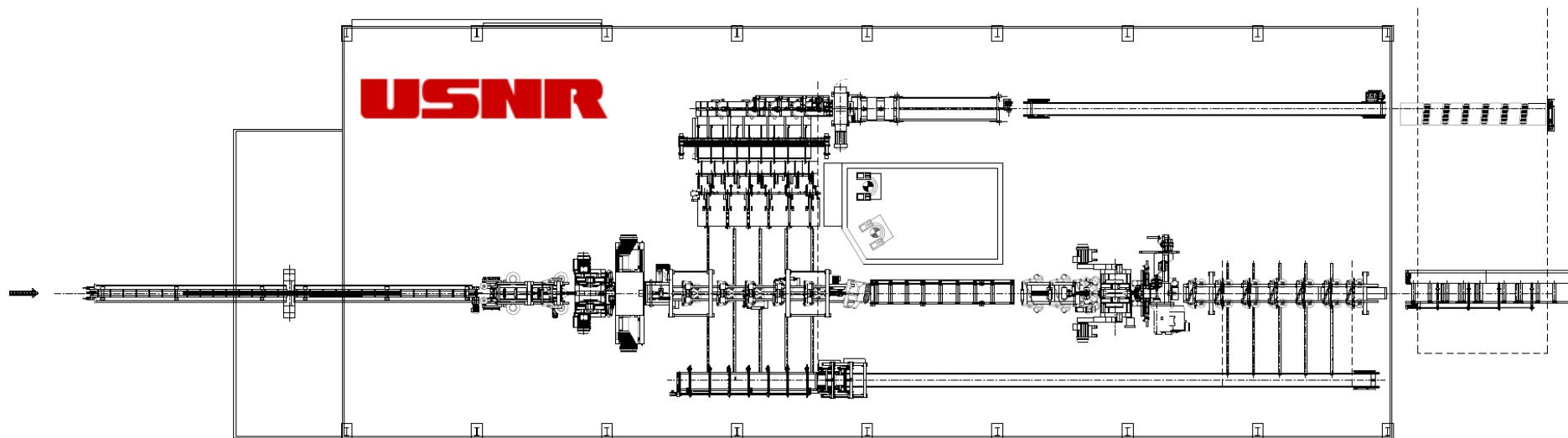


Рис. П.3.7. Лесопильная линия на базе круглопильного оборудования [10]

Раскрой бревен на лесопильной линии производится на двухвальных круглопильных станках.

Процесс раскроя начинается с трехмерного сканирования. Далее производится оптимизация постова в режиме реального времени и ориентация бревна кантователем в положение, обеспечивающее наибольший объемный выход пиломатериалов. Станок первого ряда представляет собой агрегат, состоящий из фрезерно-брусующего станка, скомбинированного с двухвальным круглопильным станком. Станок позволяет отфрезеровывать горбыльную часть, и отделять две или четыре боковых доски. Отпиливание одной или двух пар боковых досок производится на круглопильном станке. Далее боковые доски отделяются от бруса и поступают на линию оптимизационной обрезки. После раскроя на первом проходе, производится кантование бруса на 90 градусов и передача его на второй проход. Станок второго ряда представляет собой агрегат, состоящий из фрезерно-брусующего станка, скомбинированного с двухвальным круглопильным станком. Станок позволяет отфрезеровывать горбыльную часть бруса, получать центральные пиломатериалы и отделять две или четыре боковых доски. Раскрой бруса на центральные пиломатериалы и отделение одной или двух пар боковых досок производится на круглопильном станке. Далее боковые доски поступают на линию оптимизационной обрезки. Для профилирования боковых досок на круглопильный станок могут быть установлены профильные фрезы. Центральные пиломатериалы поступают на поперечный цепной транспортер линии сортировки пиломатериалов.

Скорость подачи на линии обрезки регулируется через частотный преобразователь.

Ориентировочная производительность линии – 450 - 600 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

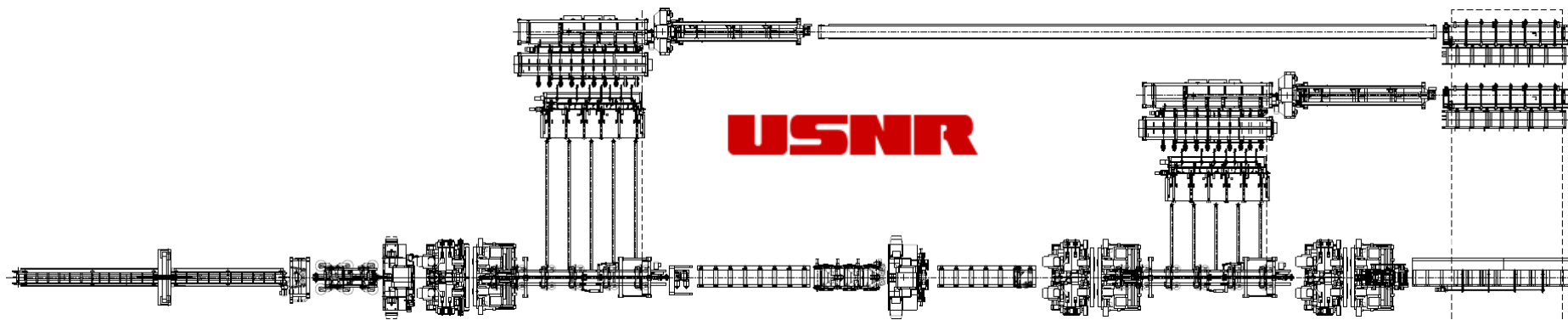


Рис. П.3.8. Лесопильная линия на базе ленточнопильного оборудования [10]

Бревна подаются на линию распиловки после прохождения 3d сканера. На первом проходе фрезеруется горбыльная часть бревен на фрезерно-брусующем станке, после чего, на ленточнопильном станке первого ряда, отделяется до четырех необрезных досок. Отпиленные боковые доски поступают на линию обрезки. На втором проходе также фрезеруется горбыльная часть, после чего полученный четырехкантный брус поступает в ленточнопильный станок второго ряда, где выпиливается центральный брус и отделяется до четырех необрезных досок. Центральный брус поступает в ленточнопильный станок третьего ряда, где распиливается на обрезные пиломатериалы. Линия работает по принципу «гибких поставов», т.е. положение режущих инструментов может изменяться непосредственно перед каждым бревном или брусом, что позволяет осуществлять раскрой укрупненных сортировочных групп пиловочника, либо распиливать не рассортированное сырье. Боковые доски с первого и второго проходов поступают на две линии оптимизационной обрезки.

Ориентировочная производительность линии – 500 - 600 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

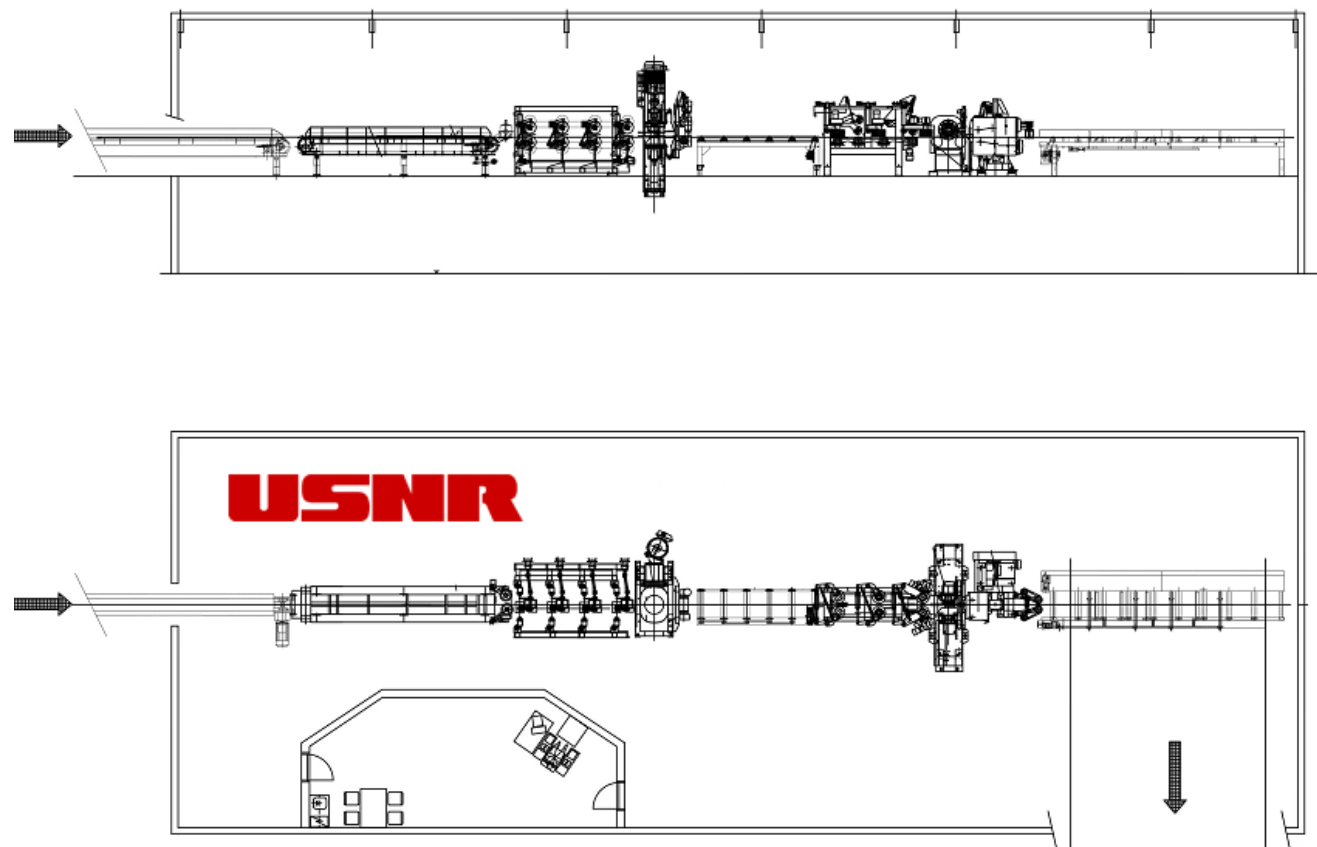


Рис. П.3.9. Лесопильная линия по переработке тонкомерного сырья [10]

На фрезерно-брусующем станке первого ряда производится фрезерование горбыльной части бревен в технологическую щепу. Станок установлен горизонтально, что исключает необходимость кантования бруса на 90° при раскросе на втором проходе. При подаче двухкантного бруса в транспортер центрирования перед фрезерно-брусующим станком второго ряда, в определенной последовательности производится активация вальцов подачи, что позволяет осуществлять либо прямолинейное, либо криволинейное пиление вдоль оси бруса. После четырехстороннего фрезерования брус проходит через делительный круглопильный станок с профилированием боковых досок. Далее доски подаются на линию сортировки сырых пиломатериалов.

Ориентировочная производительность линии – 200-240 тыс. м³ бревен при работе в две смены.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ГОЛОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	4
1.1. Классификация лесопильных предприятий по производственной мощности ..	4
1.2. Классификация лесопильного оборудования.....	5
1.3. Основные виды продукции лесопильного производства.....	6
2. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА РАСКРОЯ СЫРЬЯ.....	9
2.1. Выбор и обоснование способа раскроя сырья на пиломатериалы	9
2.2. План раскроя пиловочного сырья	12
2.3. Определение баланса древесины при выполнении заданной спецификации .	17
3. СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛЕСОПИЛЬНОГО ЦЕХА.....	18
4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	19
4.1. Производительность рабочих машин и поточных линий	19
4.2. Коэффициент использования машинного времени оборудования	21
4.3. Коэффициент скрытых простоев.....	22
4.4. Коэффициенты использования рабочего времени	22
5. РАСЧЁТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЦЕХОВ	26
5.1. Методика расчёта производственной мощности крупных лесопильных предприятий с однотипным головным оборудованием	26
5.2. Методика расчёта производственной мощности многопоточных лесопильных цехов со специализированным разнотипным головным оборудованием.....	32
5.2.1. Методика расчёта производственной мощности крупных лесопильных цехов, использующих разнотипное головное оборудование (на базе многопильного фрезерно-пильного оборудования и трёх рамных потоков).....	34
5.2.2. Методика расчёта производственной мощности крупных лесопильных цехов, использующих разнотипное головное оборудование (на базе фрезерно- профилирующей линии и одного двухпильного ленточнопильного станка)	38
5.3. Методика расчёта производственной мощности средних лесопильных цехов с рециркуляцией брусьев	42
5.4. Методика расчёта производственной мощности малых лесопильных предприятий на базе четырёх однопильных круглопильных станков позиционно- проходного типа.....	46
5.5. Методика расчёта производительности участка обрезки пиломатериалов	49
5.6. Методика расчёта производительности участка сортировки сырых пиломатериалов	52
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	54
Приложения.....	56

Александр Алексеевич Тамби

Алексей Михайлович Артеменков

ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Планирование раскроя сырья и расчет производственной
мощности лесопильного цеха**

Учебное пособие по изучению дисциплины и курсовому проектированию для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

АССОЦИАЦИЯ
ЛЕСТЕХ



USNR



Тираж – 250 экз.