

## Повышение эффективности производства пиломатериалов за счет их доработки

С.Х. Симонян<sup>а</sup>, С.Н. Трошкин<sup>б</sup>, А.В. Мазаник<sup>с</sup>, Н.П. Плотников<sup>д</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>simonyan-simon@inbox.ru, <sup>б</sup>troshkin-sergei@list.ru, <sup>с</sup>a\_mazanik@mail.ru, <sup>д</sup>n-plotnikov@mail.ru

Статья поступила 27.02.2014, принята 13.04.2014

*Эффективность производства пиломатериалов (п/м) оценивается показателями эффективности – использование сырья, посортный и объемный выход пиломатериалов и средний коэффициент сортности. Последний показатель оказывает существенное влияние на объем реализации продукции в денежном выражении. Кроме того, существенное влияние на формирование цены пиломатериалов оказывают транспортные расходы. Таким образом, снижение транспортных расходов и повышение средней цены реализации продукции позволит значительно повысить экономическую эффективность производства пиломатериалов. Одним из путей повышения коэффициента сортности пилопродукции является дополнительная доработка пиломатериалов после операции сушки. Технология конечной доработки пиломатериалов с целью повышения их сортности основана на удалении сортообразующих дефектов доски. Для этого проводится продольный или поперечный, либо комбинированный раскрой досок. В данной работе приводятся результаты исследований доработки пиломатериалов на качественные показатели готовой продукции. Для выполнения операции доработки пиломатериалов разработана технологическая схема участка раскроя. Основой участка являются прирезной станок и торцовочная установка. В качестве установки для поперечного раскроя рекомендуется использовать станки с автоматическим распознаванием места реза по маркировке, такие установки позволяют обеспечить высокую производительность с минимальными трудовыми затратами. В качестве станка для продольного раскроя необходимо использовать станок с плавающими пилами, оснащенный упорной линейкой.*

**Ключевые слова:** доработка, пиломатериалы, коэффициент сортности, эффективность производства, схема раскроя.

## Increasing the efficiency of saw timber production at the expense of its modification

S.H. Simonyan<sup>а</sup>, S.N. Troshkin<sup>б</sup>, A.V. Mazanik<sup>с</sup>, N.P. Plotnikov<sup>д</sup>

<sup>1</sup> Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>а</sup>simonyan-simon@inbox.ru, <sup>б</sup>troshkin-sergei@list.ru, <sup>с</sup>a\_mazanik@mail.ru, <sup>д</sup>n-plotnikov@mail.ru

Received 27.02.2014, accepted 13.04.2014

*Efficiency of saw timber production is estimated by efficiency indicators such as raw materials use, graded and volume timber output, an average grade coefficient. An average grade coefficient has a great influence on the volume of realization of production. Besides, transportation costs also have a great impact on pricing of saw timber. Thus, decreasing transportation costs and increasing an average price of realization of production will allow to increase considerably economic efficiency of saw timber production. One of the ways of increasing saw timber grade coefficient is to modify additionally saw timber after drying. The technology of final modification of saw timber to increase its grade is based on removing defects of a board by resawing, cross cutting up, or combined cutting. Research results of saw timber modification on quality indicators of finished goods have been given in this article. The technological scheme of a cutting site has been developed to perform saw timber modification. Working machines with machine recognition of cutting site by its marking are recommended for cross cutting up because they provide high productivity with minimum labour input. To resaw the saw timber it is better to use working machines with floating saws and a sawmill length stop.*

**Keywords:** modification, saw timber, grade coefficient, production efficiency, cutting scheme.

**Введение.** Рациональное использование лесосырьевых ресурсов и эффективная работа деревообрабатывающей промышленности в значительной степени позволяют решать многие социальные и экономические проблемы страны.

Лесопильное производство, результатом деятельности которого являются пиломатериалы и заготовки, представляет собой основной этап производства изделий из древесины, и, следовательно, в значительной мере определяет себестоимость готовой продукции.

Переход к рыночным отношениям ставит перед деревообрабатывающей промышленностью ряд новых проблем, в том числе перевооружение производства, развитие конкуренции, насыщение потребительского рынка, расширение ассортимента выпускаемой продукции. Эти проблемы нельзя решать без внедрения высокоэффективных технологий. Современный технологический процесс на лесопильном предприятии включает в себя все операции, от поступления сырья до отгрузки пилопродукции в плотных пакетах. С точки зрения эффек-

тивности функционирования предприятия наиболее предпочтительной является ассортиментная стратегия, согласно которой вырабатываются спецификационные и экспортные пиломатериалы. Особенность технологического процесса на таких производствах характеризуется тем, что должна выпускаться пилопродукция преимущественно высших сортов. Лесопильная промышленность в нашей стране является экспортно-ориентированным производством, около 45 % выработанной пилопродукции поставляется на экспорт. В этой связи следует обратить внимание на то, что лесопильные производства Сибири удалены от рынков сбыта, что в значительной мере снижает рентабельность лесопильных заводов за счет больших транспортных издержек. Это в свою очередь формирует экономические барьеры между доступными лесными ресурсами и потребителями пилопродукции. Таким образом, исследования в области повышения объемного выхода экспортных пиломатериалов являются актуальными и способствуют решению задачи повышения конкурентоспособности отечественной лесопильно-деревообрабатывающей промышленности на мировом рынке [1 – 2].

Указанные обстоятельства явились основанием для проведения исследований по углубленному изучению процесса повышения сортности пилопродукции за счет внедрения операций доработки пиломатериалов.

**Постановка задачи.** Целью работы является установление зависимости объемов потерь при доработке пиломатериалов от их размеров и количества удаляемых градаций.

**Методика исследования.** Методика проведения исследований строится на установлении числа сортообразующих пороков на единицу градации размеров пиломатериалов. Используя этот принцип, появляется возможность перевода ее в более высокий сорт.

К сортообразующим относятся пороки древесины и качества обработки пиломатериалов. Они определяют качество и, соответственно, сорт пилопродукции.

Для каждого сорта установлены различные нормы допуска сучков, трещин, прорости, смоляных кармашков, червоточины, рака, сердцевины, синевы, гнилей, наклона волокон, обзола и покоробленности. К бессортным относятся так называемые, бессортные сорта (с 1-го по 3-й по ГОСТ 26002). В досках сучки нормируются отдельно на пластах и кромках, причем уста-

новлены различные нормы допуска сучков на кромках для тонких и толстых пиломатериалов, а на пластах – для широких и узких. Тонкими считаются пиломатериалы толщиной до 32 мм включительно, узкими – до 100 мм включительно. Нормы допуска пороков одинаковы для сосновых, еловых, пихтовых и лиственничных пиломатериалов [3].

Качество обработки оценивается величиной обзола, покоробленности, непараллельности пластей и кромок, шероховатостью поверхности и перпендикулярностью торца досок.

Для проведения экспериментальных исследований были измерены пакеты пиломатериалов с размерами досок, мм: 200x40x4800; 200x40x4200; 200x40x3600; 150x40x4800; 150x40x4200; 150x40x3600; 100x40x4800; 100x40x4200x; 100x40x3600. Каждую доску этого массива необходимо визуально разбить на зоны по ширине (с градацией 25 мм) и зоны по длине (с градацией 0,3 м). В каждой зоне фиксировать пороки, которые будут определяющими для возможности перехода из низкосортных пиломатериалов в более высококачественную продукцию.

Полученные экспериментальные данные одно- и многофакторных экспериментов обрабатывали методами математической статистики

Используемые материалы:

– пиломатериалы различных сечений.

Распределение сортообразующих пороков по пласти и кромкам пиломатериалов носит вероятностный характер и подчиняется закону нормального распределения. Ранее проведенные исследования [4 – 6] показывают, что наибольший экономический эффект дополнительной доработки достигается при переработке пиломатериалов IV и V сортов с целью их перевода в бессортные пиломатериалы. Технология доработки будет зависеть от локализации сортообразующих пороков на поверхность пиломатериала.

Для повышения эффективности доработки пиломатериал следует предварительно рассортировать на группы по локализации сортообразующих пороков. Алгоритм принятия решений при доработке пиломатериалов представлен на рис. 1. Технология конечной доработки пиломатериалов с целью повышения их сортности основана на удалении сортообразующих дефектов с доски. Алгоритм процесса доработки пиломатериалов представлен на рис. 2.



Рис. 1. Алгоритм принятия решений при доработке пиломатериалов

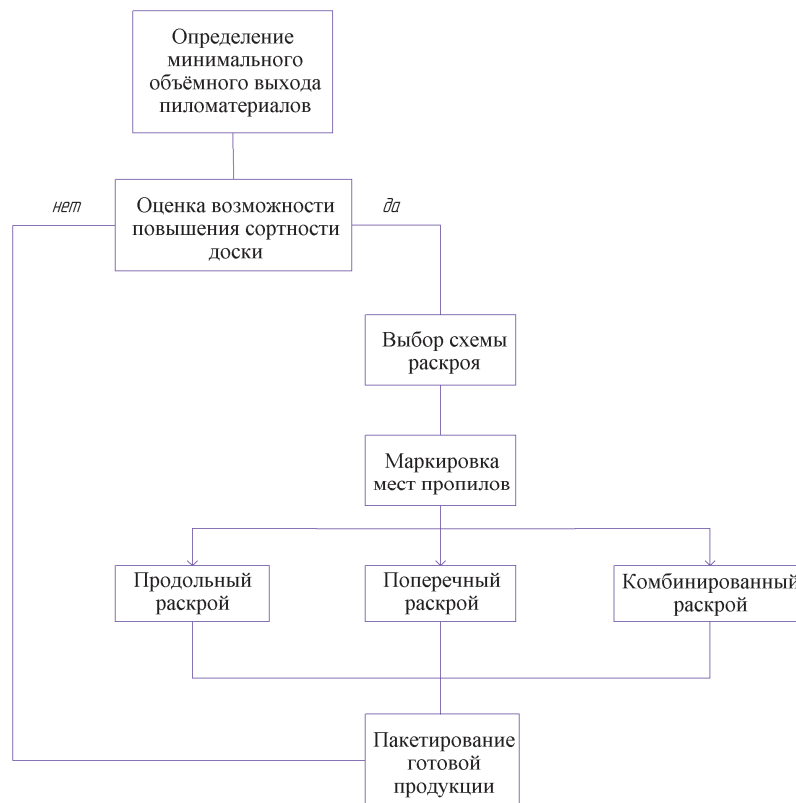


Рис. 2. Алгоритм процесса доработки пиломатериалов

Технологический процесс раскроя состоит из следующих операций: заготовки пиломатериалов низших сортов загружаются на подающий стол 1, далее доски поштучно подаются на рольганг, где бракером прово-

дится их оценка и отмечаются пороки.

Затем доска кантуется 3 и перекладывается на подающий транспортер торцовочного устройства, на котором доска оценивается и маркируется с другой пласти. На следующем этапе доска подается в торцовочный станок, где производится ее поперечный раскрой. В случае, когда поперечные доски не требуются, доска проходит через торцовочный станок без обработки.

Доски, для которых требуется только поперечный раскрой, отправляются в штабель готовой продукции 5 сразу после операции торцовки.

Пиломатериалы, для которых предусмотрена операция продольного раскроя, проходят ее на прирезном станке. Обрезки от прирезного станка удаляются по конвейеру 7. После операции продольно-

го раскроя доски поступают на поперечный транспортер 8, где они сортируются по ширине и раскладываются в штабели готовой продукции. Схема участка доработки низкосортных пиломатериалов представлена на рис. 3

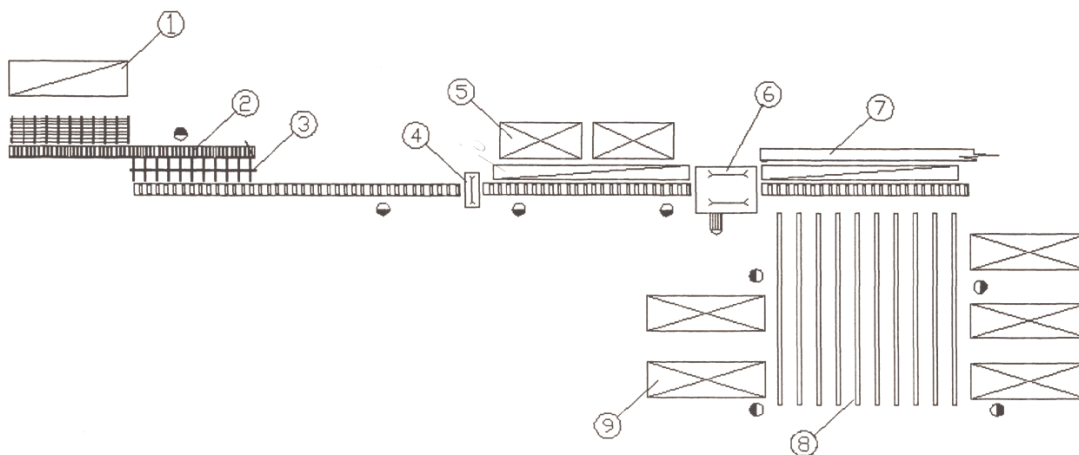


Рис. 3. Схема участка доработки низкосортных пиломатериалов

Задачей исследований является выявление количественных и качественных показателей процесса сортировки пиломатериалов после сушки. Анализ показателей позволит рекомендовать операцию доработки пиломатериалов. Переменные факторы и

интервалы их варьирования приведены в табл. 1.

В качестве выходного параметра  $V$  выступает частота перевода пиломатериалов IV сорта в бессортовые. Исследования проводили при следующих постоянных факторах, приведенных в табл. 2.

Таблица 1

*Основные факторы и уровни их варьирования*

Переменные факторы	Единицы измерения	Обозначение	Обозначение в кодированном виде	Значение		
				-1	0	+1
Длина доски	М	L	$X_1$	3.6	4.2	4.8
Ширина доски	мм	B	$X_2$	100	150	200
Количество удаляемых граблей по длине		L	$X_3$	1	6	11
Количество удаляемых граблей по ширине		b	$X_4$	1	2	3

Таблица 2

*Постоянные факторы эксперимента*

Постоянные факторы	Единицы измерения	Значение
Порода пиломатериалов		Сосна
Первоначальный сорт пиломатериалов		IV, V сорт ГОСТ 26002
Вид пиломатериалов		Пиломатериалы транспортной влажности (20 %)
Толщина пиломатериалов	мм	40

Для проведения экспериментальных исследований были измерены пакеты пиломатериалов различных

сечений. Каждую доску из этого массива визуально разбивали на зоны по ширине (с градацией 25 мм) и зоны по длине (с градацией 0,3 м). В каждой зоне фиксировались пороки, которые были определяющими для возможности перехода из низкосортных пиломатериалов в более высококачественную продукцию. Проводили анализ зарегистрированных пороков и в соответствии с планом эксперимента проводили условный раскрой следующим образом. По ширине доски можно отпилить максимум 3 градации, т. е. 75 мм, т. к. в эксперименте использовались пиломатериалы шириной минимум 100 мм. После удаления 3-х градаций по ширине останется только 25 мм качественной древесины. При торцовке исследовали удаление одной градации, 6-ти и 11-ти, что соответствует принятой на предприятии спецификации длин досок.

В результате была получена следующая регрессионная зависимость вероятности перехода пиломатериалов в бессортные от длины пиломатериалов, подвергающихся торцовке ( $X_1$ ); ширины пиломатериалов, подвергающихся обрезке ( $X_2$ ); количества градаций, удаляемых по длине пиломатериалов ( $X_3$ ); количество градаций, удаляемых по ширине пиломатериалов ( $X_4$ ).

$$Y = 0,244 + 0,005 \cdot X_1 + 0,007 \cdot X_2 + 0,156 \cdot X_3 + 0,33 \cdot X_1^2 + 0,015 \cdot X_2^2 + 0,041 \cdot X_3^2 + 0,148 \cdot X_4^2 + 0,008 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,012 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,008 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,009 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,151 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (1)$$

В нормализованном виде:

$$Y = 16,6036 - 7,574 \cdot X_1 - 0,00314 \cdot X_2 + 0,0887 \cdot X_3 + 0,8022 \cdot X_4 + 0,917 \cdot X_1^2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot X_2^2 + 0,00164 \cdot X_3^2 + 0,148 \cdot X_4^2 + 0,00027 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,004 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,133 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,00018 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,0302 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (2)$$

при следующих ограничениях:

$$3,6 \leq X_1 \leq 4,8 \text{ м};$$

$$100 \leq X_2 \leq 200 \text{ мм};$$

$$1 \leq X_3 \leq 11;$$

$$1 \leq X_4 \leq 3;$$

$$0 < Y < 1$$

Зависимость выходного параметра от каждого из трех факторов является нелинейной. При этом можно утверждать, что с ростом длины и ширины пиломатериалов, соответствующей нормализованным факторам  $X_1$  и  $X_2$ , отклик всегда увеличивается при любых

значениях остальных факторов. Для этого достаточно убедиться, что  $b_2 > 0$ . Действительно, имеем  $b_1 = 0,005$   $b_2 = 0,007 > 0$ . Аналогично, с ростом числа удаляемых градаций по длине и по ширине (нормализованные факторы  $X_3$  и  $X_4$  соответственно) вероятность перевода пиломатериалов в высший сорт всегда увеличивается.

Графическое представление полученного уравнения регрессии представлено на рис. 4. На первом рисунке представлено семейство парабол, соответствующих значимым переменным факторам. Величина фиксированных значений переменных факторов при этом соответствует нижней границе варьирования:  $X_3 = -1$ ,  $X_4 = -1$  минимальное количество удаляемых градаций по длине и ширине.

$$Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,017 \cdot X + 0,012 \quad (3)$$

$$Y_2 = 0,325 \cdot X^2 + 0,025 \cdot X + 3E - 16 \quad (4)$$

$$Y_3 = 0,33 \cdot X^2 + 0,033 \cdot X + 0,008 \quad (5)$$

$Y_1$  соответствует минимальному значению ширины пиломатериалов. В нормализованном виде  $X_2 = -1$ ,  $Y_2 = 0$ ,  $Y_3$  соответствует  $X_2 = 1$ .

При минимальном значении исследуемой длины пиломатериалов, соответствующей 3,6 м, и минимальных значениях удаляемых градаций по длине и по ширине в количестве 1 ширина пиломатериалов оказывает влияние на выходной параметр – вероятность получения бессортной древесины: при ширине 100 мм равна 0,325, а при ширине 200 мм соответствует вероятности 0,305. С увеличением количества удаляемых градаций по длине и по ширине вероятность возрастает до 0,921 соответственно. Это свидетельствует о получении бессортных пиломатериалов почти всегда при удалении 11 градаций по длине из 12.

На рис. 4 представлены параболы, построенные при  $X_3 = 0$ ,  $X_4 = -1$ .

$$X_2 = -1 \quad Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,005 \cdot X + 0,278 \quad (6)$$

$$X_2 = 0 \quad Y_2 = 0,33 \cdot X^2 + 0,013 \cdot X + 0,261 \quad (7)$$

$$X_2 = 1 \quad Y_3 = 0,33 \cdot X^2 + 0,021 \cdot X + 0,274 \quad (8)$$

На рис. 5 представлены параболы, построенные при  $X_3 = 1$ ,  $X_4 = 1$ .

$$X_2 = -1 \quad Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,023 \cdot X + 0,568 \quad (9)$$

$$X_2 = 0 \quad Y_2 = 0,33 \cdot X^2 - 0,015 \cdot X + 0,569 \quad (10)$$

$$X_2 = 1 \quad Y_3 = 0,33 \cdot X^2 + 0,007 \cdot X + 0,6 \quad (11)$$

Наибольшее влияние на перевод и, соответственно, на вероятность оказывает количество удаляемых гра-

даций по длине и ширине. При минимальном значении этих факторов  $X_3 = -1$ ,  $X_3 = 0$ ,  $X_4 = -1$ ,  $X_4 = 0$  вероятность принимает значение менее 0,5.

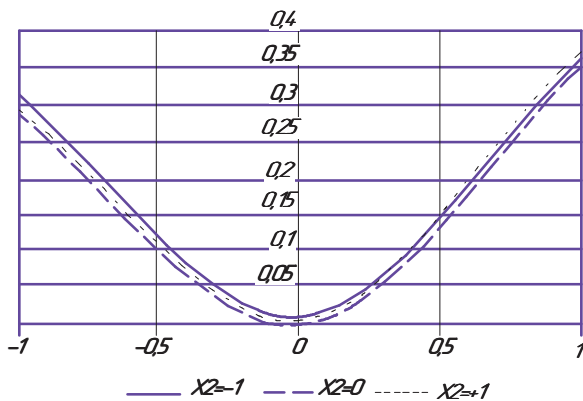


Рис. 4. Зависимость вероятности перевода п/м из низшего сорта в высший от длины

Количество удаляемых градаций по ширине –  $X_4 = 1$  (уровень -1).

Количество удаляемых градаций по длине –  $X_3 = 1$  (уровень -1).

Ширина пиломатериалов низшего сорта  $X_2$ , мм:

$$(-1) - 100 \quad Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,025 \cdot X + 3E - 16$$

$$(0) - 150 \quad Y_1 = 0,325 \cdot X^2 + 0,025 \cdot X + 3E - 16$$

$$(+1) - 200 \quad Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,003 \cdot X + 0,008$$

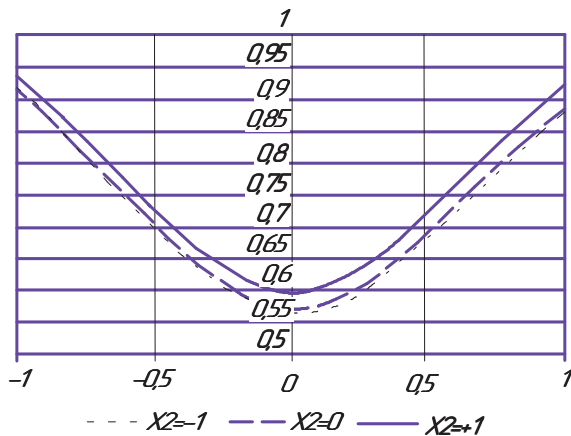


Рис. 5. Зависимость вероятности перевода п/м из низшего сорта в высший от длины

Количество удаляемых градаций по ширине –  $X_4 = 2$  (уровень 0)

Количество удаляемых градаций по длине –  $X_3 = 6$  (уровень 0)

Ширина пиломатериалов низшего сорта  $X_2$ , мм:

$$(-1) - 100 \quad Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,023 \cdot X + 0,568$$

$$(0) - 150 \quad Y_1 = 0,325 \cdot X^2 + 0,015 \cdot X + 0,569$$

$$(+1) - 200 \quad Y_1 = 0,33 \cdot X^2 + 0,007 \cdot X + 0,6$$

### Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Экспериментально обосновано и теоретически подтверждено повышение эффективности производства пиломатериалов за счет их дополнительной доработки.

2. Определены зависимости объемов потерь при доработке пиломатериалов от их размеров и количества удаляемых градаций. Результаты проведенных исследований размерно-качественных характеристик пиломатериалов IV, V сортов показали, что наиболее перспективным технологическим вариантом представляется вариант переработки древесины на участках доработки торцовки.

3. Разработана регрессионная зависимость вероятности перехода пиломатериалов в бессортные от длины пиломатериалов, подвергающихся торцовке; ширины пиломатериалов, подвергающихся обрезке; количества градаций, удаляемых по длине пиломатериалов, а также от количества градаций, удаляемых по ширине пиломатериалов. Разработанная математическая модель позволит повысить эффективность технологического процесса производства пиломатериалов и может быть применена в условиях деревообрабатывающих предприятий лесного комплекса.

### Литература

1. Симонян С.Х., Мазаник А.В. Повышение эффективности производства пиломатериалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2011. Т. 2. С. 233-235.
2. Симонян С.Х., Трошкин С.Н., Мазаник А.В. Совершенствование технологии повышения сортности пиломатериалов за счет дополнительной доработки // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2010. Т. 2. С. 282-289.
3. Симонян С.Х. Технологии повышения сортности пиломатериалов методом торцовки и обрезки // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2006. № 1. С. 62-66.
4. Черных А.Г., Черных П.П., Симонян С.Х. Применение секторного способа распиловки бревен на переносных горизонтальных станках «LOGOSOL» // Труды Братского государственного технического университета. Братск: БрГТУ, 2000. С. 205-206.
5. Симонян С.Х. Совершенствование технологии раскроя пиломатериалов: дис... канд. техн. наук, Братск, 2004. 188 с.
6. Симонян С.Х. Пути повышения сортности пиломатериалов за счет дополнительной доработки // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 6. С. 16-22.

### References

1. Simonyan S.H., Mazanik A.V. Improving the efficiency of saw timber production // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2011. Vol. 2. С. 233-235.
2. Simonyan S.H., Troshkin S.N., Mazanik A.V. Improvement of the technology of increasing the timber quality at the expense of additional adjustments // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2010. Vol. 2. С. 282-289.
3. Simonyan S.H. Technology of increasing the saw timber grade by using the method of surfacing and cutting // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2006. No. 1. С. 62-66.

darstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2006. № 1. P. 62-66.

4. Chernyh A.G., Chernyh P.P., Simonyan S.H. The use of the sector cutting method for logs on portable horizontal machines «LOGOSOL» // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. Bratsk: BrGTU, 2000. P. 205-206.

5. Simonyan S.H. Improvement of the timber cutting technology: Dissertation for the degree of Candidate of Technical Science. Bratsk, 2004. 188 p.

6. Simonyan S.H. Ways of increasing the grade of the timber at the expense of additional adjustments // Vestn. KrasGAU. 2010. № 6. P. 16-22.