

УДК 630\*323.4

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ НА ЛЕСОПЕРЕВАЛОЧНЫХ БАЗАХ ЛЕСНЫХ ХОЛДИНГОВ ПРИ ВЫПИЛОВКЕ СЫРЬЯ ДЛЯ МАЧТОПРОПИТОЧНЫХ ЗАВОДОВ

© *О.А. Куницкая*<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.

*И.И. Тихонов*<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.

*Д.Е. Куницкая*<sup>1</sup>, асп.

*И.В. Григорьев*<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.

*А.Е. Земцовский*<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021

E-mail: tlzp@inbox.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail: alz@atnet.ru

В статье предложен новый способ и технические средства программного раскроя–раскряжевки хлыстов, рекомендуемые для использования на лесопромышленных складах холдингов, имеющих в своем составе пропиточные заводы. Предложенный способ позволяет существенно повысить производительность, а также выход специальных сортиментов – сырья для мачтопропиточных заводов

В целях оптимизации выхода полезной продукции, в том числе и сырья для мачтопропиточных заводов, при программном раскрое предлагаются системы автоматизированного управления раскром–раскряжевкой хлыстов.

При относительно небольших объемах раскряжевки (в пределах 100 тыс. м<sup>3</sup>/год для мелких лесопромышленных складов) целесообразно использовать раскряжевочные установки с продольным перемещением хлыстов (ЛО-15С, ЛО-15А, ЛО-30 и др.), оснатив их системой автоматизированного оперативного управления процессом раскроя–раскряжевки хлыстов при их продольном перемещении.

Система автоматизированного оперативного управления раскром–раскряжевкой хлыстов включает блок памяти, содержащий параметры опор, планируемых к производству; узел измерения параметров хлыста; механизм перемещения хлыста и пильный механизм. Все они функционально связаны друг с другом, с узлом измерения параметров хлыста и блоком памяти (блоки расчета толщины коры, сбега участка хлыста, длины зоны, блок расчета оптимальной схемы раскроя зоны хлыста, блоки сравнения и коррекции, исполнительное устройство перемещения хлыста и распила, а также устройства сортировки и маркировки полученных опор). Система автоматизированного управления отличается тем, что выполнена с возможностью проведения последовательной оптимизации раскроя зон сортиментов по размерному показателю при выпиливание каждой опоры.

Задачей оператора является ввод параметров опор, планируемых к производству, при необходимости – их ценовых показателей, а также определение породы хлыстов, поступающих на раскряжевку, ввод этого показателя в систему управления, определение различных дефектов и пороков ствола и переход, при необходимости, на ручное управление раскром–раскряжевкой.

Результаты раскряжевки и сортировки, т. е. объемы опор рассортированные по размерным, породным и качественным признакам, могут оцениваться как по стоимостному показателю, так и по количеству товарной продукции, производимой предприятием в различные временные отрезки.

*Ключевые слова:* раскряжевка, деревянные опоры, лесопромышленные холдинги.

В настоящее время на территории России успешно работает целый ряд мачтопропиточных заводов (Лодейнопольский – Ленинградская обл., Сеесъярвский – Республика Карелия, Ленинградский – г. С.-Петербург, Серовский – г. Екатеринбург, Белоярский – Алтайский край). Они выпускают шпалы деревянные пропитанные, деревянные опоры линий электропередач, столбы телеграфные и т.д., для изготовления которых используются сосна, ель, кедр, пихта, береза и др. породы.

Часть таких мачтопропиточных заводов входит в крупные промышленные холдинги, ведущие широкомасштабный бизнес по комплексному оснащению промышленным оборудованием, техникой, сырьем, материалами и сервисными услугами предприятий нефтегазодобывающей и химической отраслей промышленности, электроэнергетики, металлургии, строительства. Другие специализируются только на лесопромышленном комплексе, имея в своей структуре несколько деревообрабатывающих (лесопильных, пропиточных и др.) и деревоперерабатывающих предприятий (целлюлозно-бумажных, гидролизных и др.).

Несмотря на то, что в ряде регионов России доля заготовки древесины по сортиментной технологии увеличивается, хлыстовая технология по-прежнему является наиболее распространенной. В настоящее время на нее приходится около 80 % всего заготавливаемого леса, в США и Канаде этот показатель составляет более 85% [5].

Во многом это связано с тем, что хлыстовая технология заготовки древесины позволяет свести к минимуму число операций, выполняемых на лесосеке, перенести их на более производительное стационарное оборудование нижних складов и бирж сырья деревоперерабатывающих предприятий, уменьшить трудозатраты на очистку лесосек и использовать сучья, вершины и ассимиляционный аппарат деревьев на производство полезной продукции (топливной и технологической щепы, арболита, хвойно-витаминной муки, и др.) [5].

Как уже отмечалось, хлыстовая заготовка древесины предусматривает выполнение раскряжевки хлыстов на лесопромышленных складах различного назначения и принадлежности. В условиях крупных лесных холдингов, включающих в себя несколько территориально удаленных деревоперерабатывающих предприятий, это могут быть как нижние склады леспромхозов (входящих в холдинг), так и лесоперевалочные базы, на которые древесина поступает от нескольких поставщиков (заготовительных участков) и после определенной обработки (раскряжевки и сортировки) отгружается потребителям

(деревоперерабатывающим предприятиям), которые имеют свои определенные размерно-качественные требования к сырью [3].

Операция поперечной распиловки (раскряжевки) является одной из наиболее распространенных и ответственных в технологическом процессе первичной обработки древесины. От того, как качественно она выполняется (оптимальность назначения длин отрезков и точность их отмера), зависит и прибыль предприятия в целом.

На большей части лесоперевалочных баз лесопромышленных холдингов, как и на нижних складах их лесозаготовительных участков, производится раскряжевка на ограниченное количество сортиментов (3-4) при достаточно значительном грузообороте складов и лесоперевалочных баз.

Известно, что при таких условиях программный метод раскряжки часто дает наилучшие результаты за счет более высокой производительности. Установки для программного раскряжки обычно являются полуавтоматическими. Однако, если схема раскряжки зависит только от геометрических размеров хлыста, то программа раскряжки может выбираться автоматически и установка будет автоматической. По такому методу раскряжки работают установки типа «триммер». Для повышения выхода деловой древесины может быть использована предварительная дефектоскопия перерабатываемой древесины, позволяющая оператору установки выявлять скрытые пороки древесины и изменять программу раскряжки [1–3].

К сырью для мачтопропиточных заводов предъявляются требования как по породам древесины, так и по размерно-качественным признакам. Например, детали опор изготавливают из сосны 1- и 2-го сорта по ГОСТ 9463–88, из комлевой части хлыста. Для деталей опор установлены требования к диаметрам: диаметр в верхнем торце  $d$  и диаметр на расстоянии 1,5 м от нижнего торца  $D$  должны быть не меньше указанных в таблице.

**Размеры (мм) деталей деревянных опор (ГОСТ 20022.6–93)**

| Номинальная<br>длина, м | Тип деталей опор |            |             |            |             |            |
|-------------------------|------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                         | легкие (L)       |            | средние (M) |            | прочные (S) |            |
|                         | $d_{\min}$       | $D_{\min}$ | $d_{\min}$  | $D_{\min}$ | $d_{\min}$  | $D_{\min}$ |
| 3,5                     | 140              | –          | –           | –          | 210         | –          |
| 4,5                     | 140              | –          | –           | –          | 210         | –          |
| 6,5                     | 140              | 160        | 160         | 180        | 195         | 210        |
| 7,5                     | 140              | 170        | 160         | 190        | 195         | 220        |
| 8,5                     | 140              | 180        | 160         | 195        | 195         | 230        |
| 9,5                     | 140              | 190        | 160         | 210        | 195         | 240        |
| 10,0                    | 140              | 200        | 160         | 215        | 195         | 245        |
| 11,0                    | 140              | 210        | 160         | 225        | 195         | 250        |
| 13,0                    | 140              | 220        | 160         | 235        | 195         | 260        |

Примечание.  $d_{\min}$  – минимальный диаметр верхнего торца;  $D_{\min}$  – минимальный диаметр на расстоянии 1,5 м от нижнего торца.

В целях оптимизации выхода полезной продукции, в том числе и сырья для мачтопропиточных заводов, при программном раскросе предлагается система автоматизированного управления процессом раскроя–раскряжевki хлыстов [6].

В случае относительно небольших объемов раскряжевki, в пределах 100 тыс. м<sup>3</sup>/год (мелкие лесопромышленные склады) [4], целесообразно использовать раскряжевочные установки с продольным перемещением хлыстов (ЛО-15С, ЛО-15А, ЛО-30 и др.), оснатив их системой автоматизированного оперативного управления процессом раскроя–раскряжевki хлыстов при их продольном перемещении (рис. 1).

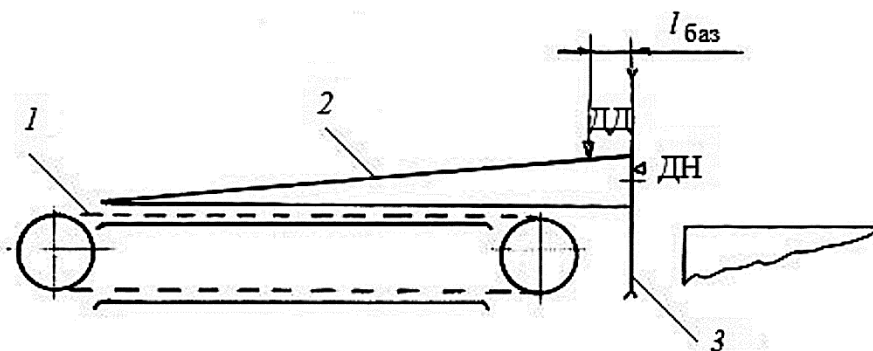


Рис. 1. Схема раскряжевочной установки, оснащенной системой автоматизированного оперативного управления: 1 – механизм продольного перемещения хлыста; 2 – хлыст; 3 – пильный диск

Хлыст, поступивший на раскряжевку, перемещается до датчика наличия (ДН), который включает в действие систему автоматизированного оперативного управления процессом раскроя–раскряжевki. Датчик, измеряющий диаметры хлыста ДД, от плоскости пилы устанавливается на расстоянии  $l_{\text{баз}}$ , которое должно быть меньше или равно минимальному значению номинальной длины опор, изготавливаемых на предприятии (см. таблицу):

$$l_{\text{баз}} \leq l_{\text{ном min}}. \quad (1)$$

Результаты измерения диаметра хлыста используются системой оперативного управления раскросом–раскряжевкой. Эта система включает в себя блок памяти, содержащий информацию о требуемых параметрах опор, планируемых к производству.

Пильный механизм раскряжевочной установки и механизм продольного перемещения хлыста связаны с узлом измерения хлыста, блоком памяти и блоками расчета толщины коры, сбега участка хлыста, блоком расчета оптимальной схемы раскроя зоны хлыста и блоком сравнения и коррекции. Помимо этого, раскряжевочную установку целесообразно оснастить устройствами для сортировки и маркировки опор.



Задачей оператора является ввод параметров опор, планируемых к производству, при необходимости – их ценовых показателей, а также определение породы хлыстов, поступающих на раскряжевку, и ввод этого показателя в систему управления, определение различных дефектов и пороков ствола и переход, при необходимости, на ручное управление раскромом–раскряжевкой.

Толщину коры рассчитывают по эмпирической зависимости

$$\Delta_{ki} = a + b_0(D_i - 100), \quad (2)$$

где  $a, b_0$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от породы дерева (для сосны:  $a = 2,8$  мм,  $b_0 = 0,018$ ; для ели:  $a = 3$  мм,  $b_0 = 0,024$ ; для березы:  $a = 2,8$  мм,  $b_0 = 0,018$ ; для осины:  $a = 11,2$  мм,  $b_0 = 0,072$ );

$D_i$  – диаметр ствола на расстоянии 1,5 метра от нижнего торца, мм.

Сбег стволов  $S_i$  в общем виде

$$S_i = \frac{\left( \left[ D_{(1+i)} - 2\Delta_{(1+i)} \right] - \left[ d_{(1+i)} - 2\Delta_{(1+i)} \right] \right)}{l_{\text{баз}}}, \quad (3)$$

где  $D_{(1+i)}$  – диаметр ствола на расстоянии 1,5 м от плоскости среза, см;

$d_{(1+i)}$  – диаметры отрезков ствола на расстоянии  $l_{\text{баз}}$  от плоскости отрезка, где замеряли  $D_{(1+i)}$ .

Применительно к производству деталей опор минимальное значение  $l_{\text{баз min}}$  может равняться 3,5 м, т.е.  $l_{\text{баз min}} = l_{\text{ном min}}$  (см. таблицу).

Рассчитаем прогнозируемую расчетную длину зоны деталей опор  $l_{\text{зоны}}$ :

$$l_{\text{зоны}} = \frac{D_{(1+i)} - d_{\text{min}(1+i)} - 2\Delta_{(1+i)}}{S_i}, \quad (4)$$

где  $d_{\text{min}(1+i)}$  – минимальные планируемые диаметры верхнего торца деталей опор, см.

Оптимальную схему раскромия ствола на зоны деталей опор найдем из следующего условия:

$$l_{\text{зоны}} - (l_1 + l_2 + \dots + l_i) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Здесь  $l_1 \dots l_i$  – номинальные длины отрезков, которые можно выпилить из расчетной зоны ствола, м.

В случае, если две или более схем раскромия дают одинаковую разницу между длиной зоны и суммой длин деталей, предпочтение следует отдавать схеме, в которой длина первой опоры наибольшая.

Объем опор и сумма товарной продукции из каждого ствола могут быть определены по выражению

$$\sum_1^i \Pi\Pi = \frac{\pi \left( \frac{D_{k1} + d_{b1}}{2} \right)^2}{4} l_1 \Pi_1 + \frac{\pi \left( \frac{D_{k2} + d_{b2}}{2} \right)^2}{4} l_2 \Pi_2 + \dots + \frac{\pi \left( \frac{D_{ki} + d_{bi}}{2} \right)^2}{4} l_i \Pi_i, \quad (6)$$

где  $D_{k1} \dots D_{ki}$  – диаметры опор в нижнем отрезе, м;

$d_{b1} \dots d_{bi}$  – диаметры опор в верхнем отрезе, м;

$\Pi_1 \dots \Pi_i$  – цена за реализацию 1 м<sup>3</sup> опор, р./м<sup>3</sup>.

Контрольное измерение диаметров опор в верхнем отрезе позволяет исключить попадание сортиментов, имеющих меньшие значения  $d_b$ , в карманы-накопители, а затем и потребителям опор.

Результаты раскряжевки и сортировки, т. е. объем опор, рассортированных по размерным, породным и качественным признакам, можно оценивать и по стоимостному показателю, по количеству товарной продукции, производимой предприятием в различные временные отрезки.

Такой процесс автоматизированного управления раскряжевкой–сортировкой обеспечивает повышение эффективности деятельности предприятия при минимальных затратах, так как предлагаемая система управления может устанавливаться на любых существующих раскряжевочных установках с продольным перемещением хлыста, например на ПЛХ-ЗАС, ЛО-15С, ЛО-15А, ЛО-30 и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев Ю.В. Применение векторной оптимизации на графах для моделирования раскряжки хлыстов // Лесн. журн. 2001. № 3. С. 84–88. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Григорьев И.В., Власов Ю.Н. Поперечная распиловка круглых лесоматериалов // Леспроминформ. 2013. № 1. С. 88–93.
3. Локштанов Б.М., Гулькво А.Е., Григорьев И.В. Повышение эффективности подготовки низкокачественной древесины к производству технологической щепы // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы Междунар. науч.-практ. форума. Хабаровск.: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. С. 117–121.
4. Пятякин В.И., Редькин А.К., Базаров С.М. Технология и оборудование лесных складов и лесообрабатывающих цехов: учеб. для студ. вузов; под ред. В.И. Пятякина. М.: Изд-во МГУЛ, 2008. 384 с.
5. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ: учеб. пособие / И.В. Григорьев, А.К. Редькин, В.Д. Валяжонков, А.В. Матросов. СПб.: Изд-во ЛТА, 2010. 330 с.
6. Тихонов И.И. Автоматизированные системы управления технологическими процессами лесозаготовок (АСУТП): метод. указания по курсовому проектированию. СПб.: СПбГЛТА, 2007. 27 с.

Поступила 30.03.12

#### **Optimization of Tree Length Cross-Cutting at Timber-Handling Bases of Forest Holding Companies When Sawing Out Raw Material for Mast-Impregnation Plants**

*O.A. Kunitskaya<sup>1</sup>, Candidate of Engineering, Associate Professor*

*I.I. Tikhonov<sup>1</sup>, Candidate of Engineering, Associate Professor*

*D.E. Kunitskaya<sup>1</sup>, Postgraduate Student*

*I.V. Grigoryev<sup>1</sup>, Doctor of Engineering, Professor*

*A.E. Zemtsovsky<sup>2</sup>, Candidate of Engineering, Associate Professor*

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forest Technical University, Institutskiy pereulok, 5, St. Petersburg, 194021, Russia

E-mail: tlzp@inbox.ru

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: alz@atnet.ru

The paper suggests a new method and hardware for tree length dressing and cross-cutting, recommended for timber storehouses of holding companies with impregnation plants. The method can significantly improve the performance as well as yield of special assortments – raw material for mast-impregnation plants.

In order to optimize the yield of net production, including raw material for mast-impregnation plants, we suggest using automated systems controlling the dressing and cross-cutting of tree length.

With relatively small cross-cutting volumes (within 100 thousand m<sup>3</sup> per year for small storehouses), we recommend using cross-cutters with lengthwise movement of tree length (LO-15S, LO-15A, LO-30, etc.), equipping them with the system of automated control (SAC) of tree length dressing and cross-cutting at their lengthwise movement.

SAC includes a memory unit with parameters of supports planned for production; a unit measuring tree length parameters; a mechanism moving the tree length and a cutting mechanism. All of them are functionally related to each other, to the unit measuring tree length parameters and the memory unit (units for calculation of bark thickness, tree length rise, and interaction distance; a unit calculating the best cutting plan for tree length; comparators and correctors; an actuator for tree length moving and cutting, as well as devices sorting and marking the obtained supports). SAC is able to consistently optimize the dressing of assortment zones by length when sawing each support.

The operator has to enter the parameters of supports planned for production and, if necessary, their price, as well as indicate the species of the wood to be cross-cut, enter this parameter into the control system, identify various defects of the trunk and, if necessary, switch over to the manual control of dressing and cross-cutting.

The results of cross-cutting and sorting, i.e. volumes of supports sorted by size, species and qualitative characteristics, can be evaluated both in terms of cost and amount of commercial products manufactured by the enterprise at different periods of time.

*Keywords:* cross-cutting, wooden supports, timber holdings.

#### REFERENCES

1. Bugaev Ju.V. Primenenie vektornoy optimizatsii na grafakh dlya modelirovaniya raskroya khlystov [Use of Vector Optimization on the Graphs for Wood Cutting Modelling]. *Lesnoy zhurnal*, 2001, no. 3, pp. 84–88.
2. Grigor'ev I.V., Vlasov Yu.N. Poperechnaya raspilovka kruglykh lesomaterialov [Roundwood Cross-Cutting]. *Lesprominform*, 2013, no. 1, pp. 88–93.
3. Lokshantov B.M., Gul'ko A.E., Grigor'ev I.V. Povyshenie effektivnosti podgotovki nizkokachestvennoy drevesiny k proizvodstvu tekhnologicheskoy shchepy [Increasing the Efficiency of Low-Quality Wood Preparation for Wood Chips Production]. *Prirodnye resursy i ekologiya Dal'nevostochnogo regiona: materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma* [Natural Resources and Ecology of the Far East: Proc. Int. Theoret. and Pract. Forum]. Khabarovsk, 2013, pp. 117–121.
4. Patyakin V.I., Red'kin A.K., Bazarov S.M. *Tekhnologiya i oborudovanie lesnykh skladov i lesoobrabatvayushchikh tsekhov* [Technology and Equipment of Lumberyards and Wood Processing Workshops]. Moscow, 2008. 384 p.
5. Grigor'ev I.V., Red'kin A.K., Valyazhonkov V.D., Matrosov A.V. *Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennykh proizvodstv. Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Timber Production Technology and Equipment. Technology and Machines for Cutting Area Work]. St. Petersburg, 2010. 330 p.
6. Tikhonov I.I. *Avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami lesozagotovok (ASUTP)* [Automated Logging Process Control Systems]. St. Petersburg, 2007, 27 p.