

УДК 674.093

А. А. Янушкевич, канд. техн. наук, доцент (БГТУ);
С. В. Шетько, канд. техн. наук, доцент (БГТУ);
Е. А. Жуковская, аспирант (БГТУ)

ОПТИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСПИЛОВКЕ БРЕВЕН ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Цель настоящих исследований заключается в выявлении влияния кривизны на степень использования поперечного сечения для фактических бревен, имеющих сбеги и кривизну, а также установление оптимальных схем распиловки таких бревен на обрезные пиломатериалы.

The purpose of the present researches is revealing influence of curvature on a degree of use of cross-section section for the actual logs having rise and curvature, and also an establishment of optimum circuits of sawing up of such logs on edging saw-timbers.

Введение. Лиственные породы занимают значительную долю насаждений в лесах Беларуси. Анализ сведений Министерства лесного хозяйства по государственному учету лесов (на 1 января 2009 года) [1] показывает, что в лесах I и II группы, возможных к эксплуатации, спелые и перестойные леса занимают 531 тыс. га., т. е. 8,7% от всей лесопокрытой площади. Из них хвойные породы составляют 42,2% лесопокрытой площади, твердолиственные – 4,3% и мягколиственные – 53,5%.

В спелых и перестойных лесах общий запас насаждений составляет 136,4 млн. м³, в т. ч. в лесах I группы – 21,5% и в лесах II группы – 78,5%. Из них хвойные породы составляют 45%, твердолиственные – 3,7% и мягколиственные – 51,3%.

В составе мягколиственных пород преобладают: береза – 40,5%, ольха черная – 34,6% и осина – 20,5%.

Таким образом, из анализа видно, что вовлечение в переработку древесины лиственных пород значительно расширит лесосырьевую базу предприятий.

Лучшая по качеству древесина лиственных пород используется в фанерном и спичечном производстве. Кроме этого, в соответствии со стандартами, из древесины лиственных пород могут изготавливаться черновые мебельные заготовки, заготовки столярно-строительных изделий, напольные покрытия и др.

Однако в лесопильном производстве древесина недостаточно широко используется, т. к. выход пилопродукции получается меньший, чем при распиловке хвойных лесоматериалов.

Это объясняется тем, что после отбора фанерного и спичечного сырья в распиловку поступают пиловочные бревна сравнительно невысокого качества. Одним из основных пороков, влияющих на выход пилопродукции, является кривизна. В соответствии со стандартами в лиственных лесоматериалах допускается кривизна: I сорт – 1–2%, II сорт – 2–3%, III сорт – 3–5%, в зависимости от диаметра бревен.

Распиловка таких бревен по тем же поставкам, что и бревен без кривизны, приводит к сниже-

нию выхода пилопродукции. Поэтому «специальным вопросом с точки зрения развития теории раскроя пиловочного сырья является решение задачи рационального раскроя пиловочных бревен неправильной формы» [2, с. 70].

Исследованиями [3] были определены площади вписанных прямоугольников и коэффициенты использования поперечного сечения для цилиндрических бревен (без учета сбега), имеющих кривизну. Установлено влияние кривизны на степень использования поперечного сечения бревна.

Основная часть. Целью настоящих исследований является выявление влияния кривизны на степень использования поперечного сечения для фактических бревен, имеющих сбеги и кривизну, а также установление оптимальных схем распиловки таких бревен на обрезные пиломатериалы.

Для решения поставленной задачи по методике [3] были определены оптимальные размеры пиломатериалов (бруса и боковых досок) при распиловке бревен, имеющих сбеги и кривизну.

При рассмотрении поперечного сечения бревна первоначально были определены оптимальные размеры вписанного бруса, а затем размеры боковых досок.

При этом приняты следующие допущения:
– потери древесины в опилки не учитывались;
– кривизна на всей продольной поверхности бревна постоянная, стрела прогиба одинаковая как для вогнутой, так и для выпуклой поверхности и для расчетов принята $f = 2f_0$ (рис. 1):
– рассматривались бревна с коэффициентом сбега $K = 1,1; 1,2; 1,3$.

При нахождении размеров бруса приняты следующие обозначения:

r – радиус бревна;
 $2f_0$ – стрела прогиба бревна.

Площадь вписанного прямоугольника (бруса) при обозначениях, принятых на рис. 1,

$$F = 4x_1y_1. \quad (1)$$

Из треугольника AOD можно определить

$$x_1^2 = r^2 - (y_1 + f_0)^2.$$

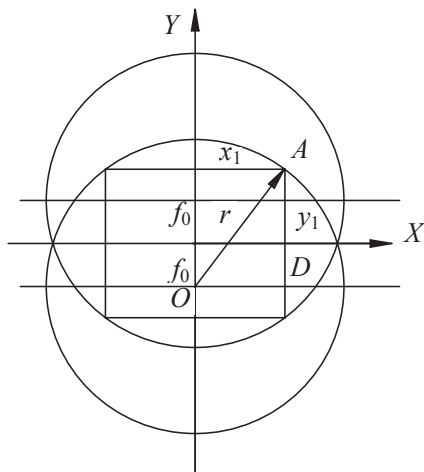


Рис. 1. Схема раскроя бревна со стрелой прогиба $f = 2f_0$

Решив это уравнение, имеем:

$$x_1 = \sqrt{r^2 - y_1^2 - 2f_0y_1 - f_0^2}.$$

Подставляя данное выражение в формулу (1), получим:

$$F = 4y_1\sqrt{r^2 - y_1^2 - 2f_0y_1 - f_0^2}. \quad (2)$$

Возьмем первую производную от (2) и приравняем к нулю, т. е.

$$\begin{aligned} \frac{dF}{dy_1} &= 4\sqrt{r^2 - y_1^2 - 2f_0y_1 - f_0^2} + \\ &+ \frac{4y_1(-2y_1 - 2f_0)}{2\sqrt{r^2 - y_1^2 - 2f_0y_1 - f_0^2}} = 0. \end{aligned}$$

В результате математических преобразований получим выражения для определения оптимальных размеров вписанного бруса:

$$\begin{aligned} y_1 &= \sqrt{\frac{f_0^2}{16} + \frac{r^2}{2}} - \frac{3}{4}f_0; \\ x_1 &= \sqrt{\frac{r^2}{2} - \frac{f_0^2}{8} - \frac{f_0}{2}\sqrt{\frac{f_0^2}{16} + \frac{r^2}{2}}}. \end{aligned}$$

При распиловке бревен, имеющих кривизну и сбеги, y_1 принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} y_{1n} &= 2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_0^2}{16} + \frac{r^2}{2}} - \frac{3}{4}f_0 \right) + \\ &+ \sqrt{\frac{r^2(k+1)^2}{4} - x_1^2} - \sqrt{r^2 - x_1^2}. \end{aligned}$$

На основании вышеприведенных формул были рассчитаны оптимальные размеры бруса для бревен диаметром 18–30 см цилиндрической формы и бревен, имеющих сбеги (при $K = 1,1; 1,2; 1,3$). Затем было определено про-

центное отношение площади поперечного сечения выпиленных брусков к площади вершинного сечения бревна и построены графики, представленные на рис. 2.

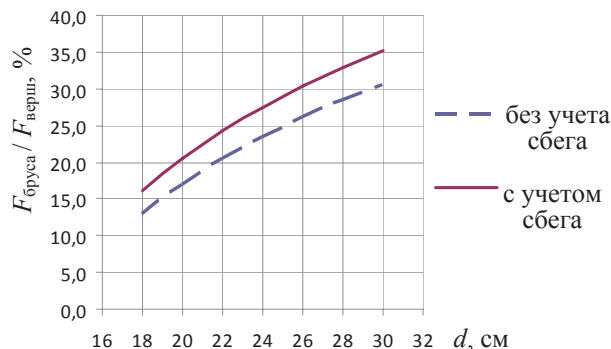


Рис. 2. График использования поперечного сечения бревна, имеющего сбеги ($K = 1,2$) и кривизну ($f = 2\%$)

Анализ полученных кривых показывает, что процент использования поперечного сечения бревна с учетом сбеговой зоны выше, чем при распиловке цилиндрических бревен.

С использованием представленных выше расчетных формул были определены размеры бруса максимального сечения для бревен, имеющих кривизну. Расчетные размеры бруса являются оптимальными и обеспечивают наилучшее использование поперечного сечения бревна. На основании проведенных расчетов составлены графики, с помощью которых, зная кривизну (стрелу прогиба) и диаметр бревна, можно определить оптимальную толщину выпиленного бруса (рис. 3). Графики показывают, что с увеличением стрелы прогиба толщина выпиленных брусков уменьшается. С увеличением диаметра распиливаемых бревен влияние кривизны на изменение толщины брусков снижается.

Предварительное сканирование параметров бревна перед распиловкой, т. е. точное определение его диаметра, сбега и величины стрелы прогиба, позволяет выбрать оптимальные размеры бруса и улучшить использование поперечного сечения бревна. Для составления поставок был построен график, по которому можно определить толщину выпиленного бруса в миллиметрах в соответствии со спецификацией пилопродукции (рис. 4).

Значения толщин боковых досок x_2 , расположенных в плоскостях, параллельных плоскости кривизны, находим при известных радиусе окружности сечения r и стреле прогиба $2f_0$ (рис. 5).

$$\begin{aligned} \text{В соответствии с рис. 5: } r^2 &= y_2^2 + (x_1 + x_2)^2. \\ \text{Тогда } y_2 &= \sqrt{r^2 - x_2^2 - 2 \cdot x_1 \cdot x_2 - x_1^2}. \end{aligned}$$

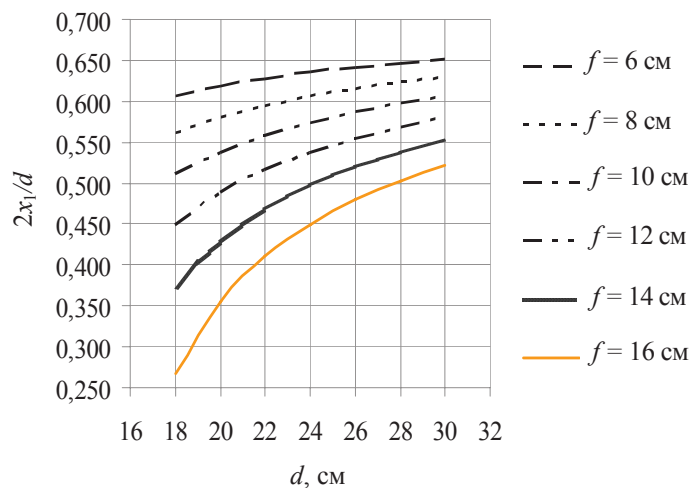


Рис. 3. Зависимость толщины бруса от диаметра и стрелы прогиба бревна

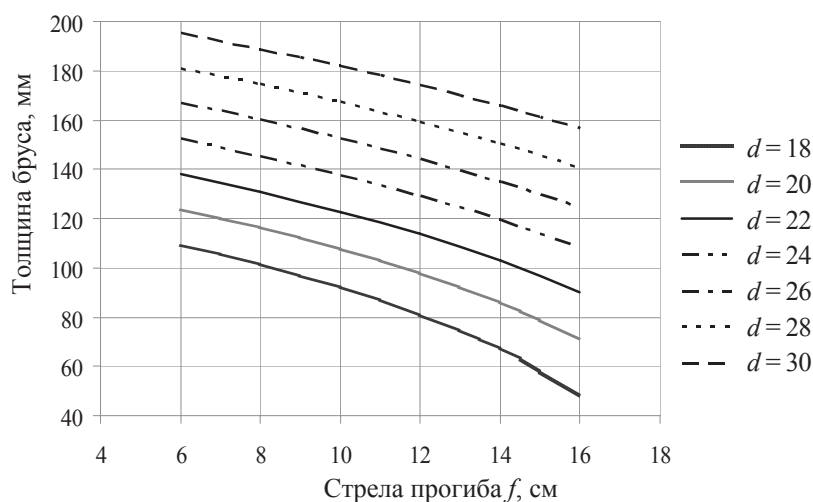


Рис. 4. График для определения толщины бруса при распиловке бревен, имеющих кривизну

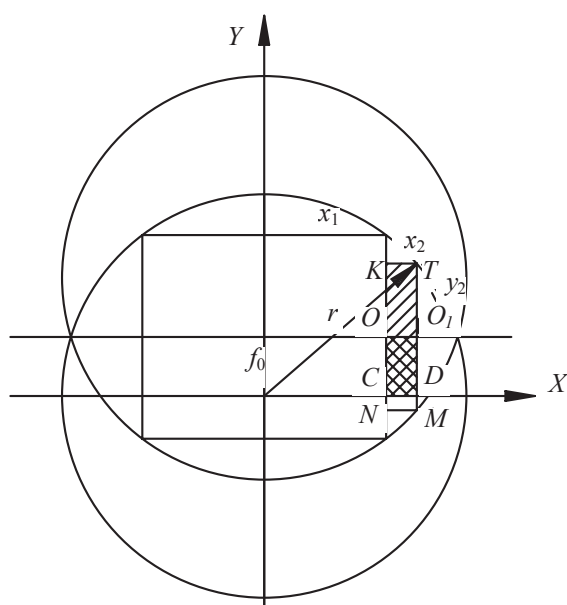


Рис. 5. Расчетная схема для нахождения боковых досок

Из схемы, приведенной на рис. 5, видно, что площадь сечения боковой доски (площадь прямоугольника $KTMN$) может быть выражена как сумма площадей двух равных между собой прямоугольников KTO_1O и O_1OMN .

$$F_{KTO_1O} = F_{O_1OMN} = F_{KTDC} - F_{OO_1DC}$$

Или

$$F_{KTO_1O} = x_2 \cdot y_2 - f_0 \cdot x_2 = x_2 \cdot \sqrt{r^2 - x_2^2} - 2 \cdot x_1 \cdot x_2 - x_1^2 - f_0 x_2 \quad (3)$$

Для определения максимальной площади вписанного прямоугольника находим производную от (3) и приравниваем к нулю. В результате математических преобразований получим уравнение для определения толщин боковых досок:

$$x_2 = \frac{3 \cdot r^2 - 3 \cdot x_1^2 - f_0^2 - f_0 \cdot \sqrt{3 \cdot r^2 - 3 \cdot x_1^2 + f_0^2}}{9 \cdot x_1}$$

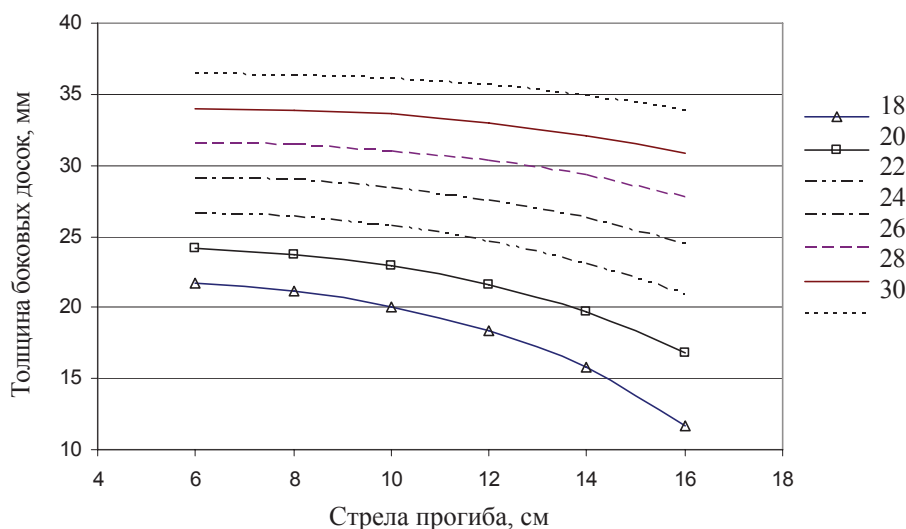


Рис. 6. График для определения толщины боковых досок

На основании выполненных математических расчетов построен график для нахождения толщины боковых досок для бревен с определенной кривизной и диаметром (рис. 6).

Пользуясь графиками, приведенными на рис. 4 и 6, можно составлять оптимальные поставки на распиловку бревен определенного диаметра, которые имеют кривизну.

Заключение. В результате теоретических исследований раскроя бревен, имеющих кривизну, установлены зависимости степени использования поперечного сечения бревна и построены графики, по которым можно определить оптимальные размеры выпиливаемых пиломатериалов в зависимости от размеров бревен, их сбега и стрелы прогиба.

При выработке длинномерных пиломатериалов для распиловки кривых бревен можно применять «гибкие поставки». В таком технологическом процессе каждое бревно сканируется и по полученной информации о его параметрах выбирается оптимальная схема распиловки,

в соответствии с которой позиционируется режущий инструмент. Для минимизации влияния кривизны на выход пиломатериалов бревна необходимо ориентировать относительно пил специальными базирующими устройствами.

Вовлечение в переработку бревен лиственных пород позволит расширить сырьевую базу лесопильного производства.

Литература

1. Сведения о лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2009 г. / Белгослес. — Минск, 2009. — 27 с.
2. Калитеевский, Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р. Е. Калитеевский. — СПб.: Профинформ, 2005. — 480 с.
3. Ступнев, Г. К. Новые принципы базирования круглых лесоматериалов при механической обработке / Г. К. Ступнев. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1978. — 56 с.

Поступила 01.04.2010