



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093.002.1

Р.Е. Калитеевский, А.М. Артеменков, А.А. Тамби, А.В. Гаврюков

Калитеевский Ростислав Евгеньевич родился в 1924 г., окончил Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, академик РАЕН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 150 печатных работ в области технологий, оборудования и систем управления в лесопилении.



Артеменков Алексей Михайлович родился в 1977 г., окончил в 2000 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры технологии деревообрабатывающих производств СПбГЛТА. Имеет 5 печатных работ в области изучения процессов тепловой обработки и сушки древесины, планирования и организации технологических процессов в лесопилении, производства столярно-строительных изделий и их сертификации.



Тамби Александр Алексеевич окончил С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию в 2006 г., в течение нескольких лет занимается научно-исследовательской работой в области производительности лесопильных цехов и предприятий, а также анализа инструкций и методик расчета производственной мощности лесопильных предприятий.



МЕТОДИКА И ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ ОКОРКИ, СОРТИРОВКИ И НАКОПЛЕНИЯ ПИЛОВОЧНЫХ БРЕВЕН

Предложена методика расчета времени накопления и объема оперативного запаса бревен от производительности лесопильного цеха для использования на проектируемых и уже работающих лесопильных предприятиях.

Ключевые слова: методика расчета, окорка, сортировка, оперативный запас, емкость склада.

В последние несколько лет произошли коренные изменения в области технологии, оборудования и систем управления лесопильной промышленности. Вместо лесопильных рам используют фрезерное, фрезерно-

профилирующее, фрезерно-ленточнопильное и фрезерно-круглопильное бревнопильное оборудование, имеющее в несколько раз большую производительность, чем лесопильные рамы. Скорость подачи такого оборудования достигает 200 м/мин. Вместо полумеханизированных сортплощадок для сортировки сырых пиломатериалов устанавливают автоматизированные линии выборочной торцовки и автоматической сортировки досок по сечениям [1–4].

Оперативный (предварительный) запас рассортированных бревен (период работы лесопильного потока на одном поставе) предназначен для создания условий синхронной работы системы «сортировка бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех» и обеспечивает равномерность поступления в запас бревен различных сортировочных групп; дискретность обращения бревнопильных линий к запасу и выборку из него бревен только тех групп, которые распиливают в определенный период работы лесопильного цеха; различия режимов при распиловке бревен различных сортировочных групп и другие причины, которые могут привести к асинхронности рассматриваемой системы.

Моделирование процессов интенсивности поступления и распиловки бревен показывает, что вместимость (необходимая емкость) склада рассортированного сырья может в несколько раз превышать начальный (оперативный) запас бревен.

Поэтому перед расчетом оперативных запасов и вместимости склада рассортированного сырья необходимо провести расчет производственной мощности многопоточных лесопильных цехов с определением граничных диаметров бревен, перерабатываемых на специализированных бревнопильных линиях, так как только в этом случае можно избежать разбалансировки интенсивности поступления и обработки пиловочника.

Правильно выбрать сортировочную линию можно при расчете ее необходимой производительности именно не в кубометрах, а в штуках сортируемых бревен. Это объясняется тем, что при фактической производительности в смену 4600 бр. со средним диаметром 18 см производительность сортировочной линии в кубометрах будет в 2 раза меньше, чем при сортировке бревен со средним диаметром 26 см (при равенстве прочих условий). Поэтому при выборе типа и параметров линии для сортировки бревен одним из первоочередных вопросов является определение ее необходимой цикловой производительности $Q_{ц}$, включающей в себя не только машинное, но и неперекрываемое вспомогательное время работы оборудования:

$$Q_{ц} = \frac{Q_{\phi}^{л.ц} K_c}{q_{ср} K_{ис}^{ок-бс} T_{г}}$$

где $Q_{\phi}^{л.ц}$ – фактическая производительность лесопильного цеха;

K_c – коэффициент превышения производительности комплексной линии по сравнению со средней производительностью лесопильного цеха;

$q_{\text{ср}}$ – объем бревна средних диаметра и длины, м³;

$K_{\text{ис}}^{\text{ок-бс}}$ – коэффициент использования комплексной линии,

$$K_{\text{ис}}^{\text{ок-бс}} = K_{\text{т.и}}^{\text{ок-бс}} K_3^{\text{ок-бс}} = \left(1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{ок-бс}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}} + \Delta_{\text{н}} \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}}}{T_{\text{с}} - \sum t_3} \right) \left(1 - \frac{\sum t_3}{T_{\text{с}}} \right);$$

$K_{\text{т.и}}^{\text{ок-бс}}$ – коэффициент технического использования окорочно-сортирующей линии;

$K_3^{\text{ок-бс}}$ – коэффициент загрузки оборудования, зависящей от его надежности (в зависимости от уровня надежности оборудования может быть принят от 0,80 до 0,95);

$\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{ок-бс}}$ – планируемые простои комплексной линии, мин;

$\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}}$ и $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}}$ – случайные простои участков окорки и сортировки бревен, мин;

$\Delta_{\text{н}}$ – коэффициент межучасткового наложения случайных потерь оборудования окорки и сортировки бревен,

$$\Delta_{\text{н}} = \frac{\Theta_{\text{ср}}}{\Theta_{\text{ср}} + \frac{T_{\text{ц}} E_{\text{max}}}{2}};$$

$\Theta_{\text{ср}}$ – среднее время простоя для устранения неполадок, с;

$T_{\text{ц}}$ – длительность рабочего цикла, с;

E_{max} – максимальное количество предметов труда, вмещаемых накопителем;

$T_{\text{с}}$ – продолжительность смены, $T_{\text{с}} = 480$ мин;

$\sum t_3$ – время простоев комплексной линии по организационным причинам, мин.

$T_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы комплексной линии, см.

Моделирование рассматриваемых процессов на ЭВМ показало, что оперативный запас A при регламентированных и равных периодах работы лесопильных потоков в основном равен сумме минимальных партий запуска пиловочника. Наиболее точный расчет может быть получен только при моделировании процесса подготовки сырья к обработке на конкретном лесопильном предприятии с присущими ему условиями.

Оперативный запас бревен определяли по следующей формуле:

$$A \approx T_{\text{н}} Q_{\text{ср}}^{\text{б.л}} n_{\text{гр}},$$

где $T_{\text{н}}$ – количество смен работы лесопильного цеха;

$Q_{\text{ср}}^{\text{б.л}}$ – средняя производительность бревнопильной линии, м³/см.,

$$Q_{\text{ср}}^{\text{б.л}} = \frac{Q_{\text{ф}}^{\text{л.ц}}}{T_{\text{г}} N};$$

$Q_{\text{ф}}^{\text{л.ц}}$ – фактическая производительность лесопильного цеха, м³ бр./год;

N – количество линий в лесопильном цехе, шт.;

$n_{\text{гр}}$ – число сортировочных групп бревен для их рационального использования (на каждую линию приходится не более 3-4 групп).

Время накопления оперативного запаса, см.:

$$T_{\text{н}} = \frac{A}{P_{\text{с}} K_{\text{ис}}^{\text{ок-бс}} q_{\text{ср}} T_{\text{с}}}.$$

Здесь $P_{\text{с}}$ – пропускная способность принятой линии, бр./мин.

Вместимость склада рассортированных бревен, м³:

$$E \approx (1,40 \dots 1,85) A.$$

Меньшая вместимость склада требуется при сортировке сырья перед однопоточными лесопильными цехами, большая – перед многопоточными и при большом числе сортировочных групп бревен. Кроме того, вместимость склада зависит от возможности иметь информацию как о фактических объемах бревен тех или иных размерных групп, находящихся на складе к началу очередного периода работы лесопильного цеха, так и об их поступлении от линии сортировки в течение этого периода времени. При наличии автоматизированных систем учета и управления можно обойтись меньшей вместимостью склада рассортированного сырья.

Для расчета страхового запаса бревен перед лесопильным цехом необходимо знать тип линии, производящей распиловку. Например, к фрезерно-профилирующей линии на базе HewSaw SL250 в смену поступает максимально около 740 м³ бревен, а в течение получаса – $740 / 16 = 46,25$ м³ пиловочника. Таким образом, страховой запас составляет 46,25 м³ бревен. Исходя из этого рассчитывают цикл работы и число автопогрузчиков, обеспечивающих синхронную работу системы «окорка и сортировка бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех» (см. рисунок). Естественно, что число приемных транспортеров перед лесопильным цехом для рассортированных бревен равно числу бревнопильных линий (в данном случае 1 шт.).

Цикловую производительность комплексной линии ОК-БС (бр./мин) определяют по следующей формуле:

$$Q_{\text{ц}}^{\text{ок-бс}} = \frac{Q_{\text{ц}}}{T_{\text{с}}},$$

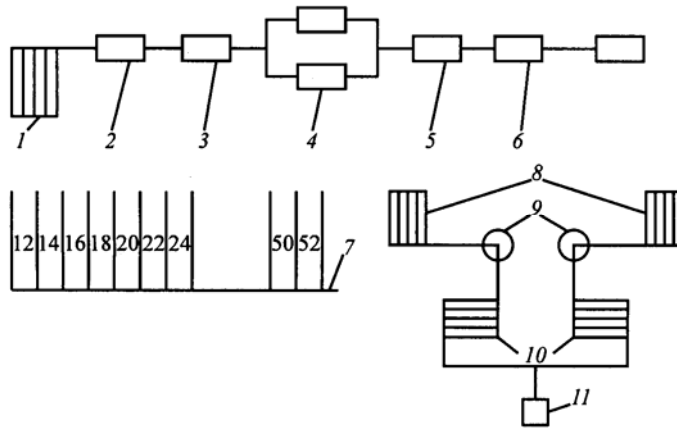


Схема системы «окорка и сортировка бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех»: 1 – поперечный транспортер для приемки нерассортированных бревен; 2 – металлоискатель; 3 – карманы-накопители для некондиционных бревен с металлическими включениями; 4 – окорочные станки; 5 – система сбора и обработки информации о каждом бревне; 6 – карманы-накопители для рассортированных бревен; 7 – склад рассортированного сырья; 8 – приемный транспортер перед лесопильным цехом для рассортированных бревен; 9 – устройство для ориентации бревен перед их распиловкой по вершинному торцу; 10 – накопитель бревен перед бревнопильным оборудованием; 11 – лесопильная рама первого ряда или фрезерно-брусующий станок на первом проходе

пропускную способность окорочного участка из двух окорочных станков, например 2ОК40 и 2ОК63-1 (бр./мин) – по формуле

$$P_c = \frac{U_1}{(l + \Delta l)} + \frac{U_2}{(l + \Delta l)},$$

где U_1 и U_2 – скорость подачи окорочных станков, м/мин;

l – средняя длина бревен, м;

Δl – средний межторцовый разрыв, м.

Разница между максимальной пропускной способностью окорочного участка и цикловой производительностью комплексной линии должна составлять примерно 1,2 – 1,5 раз, что позволит обеспечить нормальную работу комплексной линии окорки и сортировки бревен даже в зимнее время.

При необходимости в линии окорки и сортировки бревен устанавливают больше окорочных станков. В линии также могут быть включены устройства для оцилиндровки комлей бревен, применение которых может повысить объемный выход пиломатериалов на 1 ... 2 %, а производительность бревнопильного оборудования на 10 % и более. Число карманов-накопителей в данных условиях на комплексной линии ОК-БС:

$$N_{\text{карм}} = n_{\text{гр}} + n_{\text{рез}} + n_{\text{отб}} + n_{\text{кон}} = 3 + 1 + 2 + 1 = 7 \text{ шт.},$$

где $n_{\text{гр}}$ – число сортировочных групп бревен;

$n_{\text{рез}}$ – число резервных карманов, принимают как 15 ... 20 % от числа сортировочных групп бревен в зависимости от организации и режимов работы оборудования, осуществляющего уборку бревен из накопителей и их транспортировку на склад рассортированного сырья;

$n_{\text{отб}}$ – число накопителей, в которые направляется низкокачественное сырье, например, для выработки технологической щепы;

$n_{\text{кон}}$ – конечный карман, куда попадают бревна, в процессе сортировки которых по тем или иным причинам произошли сбои в системах их замера и адресации.

Например, при сортировке бревен двух пород число карманов накопителей практически удваивается.

Пример расчета процесса подготовки пиловочного сырья к обработке

Фактическая годовая производительность лесопильного цеха $Q_{\text{ф}}^{\text{л.ц}} = 370$ тыс. м³ бр. Окорка и сортировка пиловочника осуществляется на комплексной линии ОК-БС. $K_{\text{с}} = 1,1$. Средний диаметр бревен – 18 см, средняя длина бревен – 5,1 м. Планируемые простои комплексной линии $\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{ок-бс}} = 30$ мин. Случайные простои участков окорки и сортировки бревен: $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}} = 24$ мин и $\sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}} = 24$ мин. Время простоев комплексной линии по организационным причинам $\sum t_3 = 48$ мин. $T_{\text{г}} = 500$ см.

Предварительные расчеты показывают, что для обеспечения окорки и сортировки пиловочника при производственной мощности предприятия 370 тыс. м³ бревен в год необходима комплексная линия БС60-2Ф с пропускной способностью 17 бр./мин (т.е. $T_{\text{ц}} = 3,5$ с) и максимальным количеством бревен в накопителе между участком окорки и сортировки $E = 10$ бр.

При этих условиях коэффициент использования комплексной линии

$$K_{\text{ис}}^{\text{ок-бс}} = K_{\text{т.и}}^{\text{ок-бс}} K_3^{\text{ок-бс}} = \left(1 - \frac{\sum t_{\text{пл.пр}}^{\text{ок-бс}} + \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{ок}} + \Delta_{\text{н}} \sum t_{\text{сл.пр}}^{\text{бс}}}{T_{\text{с}} - \sum t_3} \right) \left(1 - \frac{\sum t_3}{T_{\text{с}}} \right) =$$

$$= \left(1 - \frac{30 + 24 + 0,91 \cdot 24}{480 - 48} \right) \left(1 - \frac{48}{480} \right) = 0,742;$$

коэффициент межучасткового наложения случайных потерь оборудования:

$$\Delta_{\text{н}} = \frac{\Theta_{\text{ср}}}{\Theta_{\text{ср}} + \frac{T_{\text{ц}} E_{\text{max}}}{2}} = \frac{180}{180 + \frac{3,5 \cdot 10}{2}} = 0,91,$$

так как среднее время простоя для устранения неполадок

$$\Theta_{\text{ср}} \approx 3600(1 - Y_{\text{бр}}) = 3600(1 - 0,95) = 180 \text{ с,}$$

где $Y_{\text{бр}}$ – уровень безотказной работы оборудования, принимают 0,90...0,99.

Требуемая цикловая производительность комплексной линии

$$Q_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{ф}}^{\text{л.ц}} K_{\text{с}}}{q_{\text{ср}} K_{\text{ис}}^{\text{ок-бс}} T_{\text{г}}} = \frac{370000 \cdot 1,1}{0,15 \cdot 0,742 \cdot 500} = 7314 \text{ шт. бр./см.}$$

Оперативный запас бревен при работе лесопильного цеха в 2 смены ($T_n = 2$ см.) при трех сортировочных группах бревен ($n_{\text{гр}} = 3$):

$$A \approx T_n Q_{\text{ср}}^{\text{б.л}} n_{\text{гр}} = 2 \cdot 740 \cdot 3 = 4440 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{ср}}^{\text{б.л}} = \frac{Q_{\text{ф}}^{\text{л.ц}}}{T_{\text{г}} N} = \frac{370000}{500 \cdot 1} = 740 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Емкость склада рассортированных бревен

$$E \approx 1,85 \cdot A = 1,85 \cdot 4440 = 8214 \text{ м}^3.$$

Время накопления оперативного запаса

$$T_{\text{н}} = \frac{A}{\Pi_{\text{с}} K_{\text{ис}}^{\text{ок-бс}} q_{\text{ср}} T_{\text{с}}} = \frac{4440}{17 \cdot 0,742 \cdot 0,15 \cdot 480} = 4,88 \text{ см.}$$

Для расчета страхового запаса бревен перед лесопильным цехом допустим, что в нем установлена одна фрезерно-профилирующая линия на базе R250. Из расчета видно, что к станку в смену поступает максимально около 740 м^3 бревен, а в течение 0,5 ч получается $740/16 = 46,25 \text{ м}^3$ пиловочника. Таким образом, страховой запас составляет порядка $46,25 \text{ м}^3$ бревен. Исходя из этого рассчитывают цикл работы и число автопогрузчиков, обеспечивающих синхронную работу системы «окорка и сортировка бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех». Естественно, что число приемных транспортеров перед лесопильным цехом для рассортированных бревен равно числу бревнопильных линий. В нашем случае 1 шт.

При цикловой производительности комплексной линии ОК-БС 7906 бр./см. ее цикловая производительность в минуту составляет $7314 / 480 = 15,23$ бр.

На окорочном участке из двух окорочных станков 2ОК40 и 2ОК63-1 может быть максимально пропущено

$$\frac{U_1}{(l + \Delta l)} + \frac{U_2}{(l + \Delta l)} = \frac{70,2}{5,4} + \frac{60,0}{5,4} = 24,11 \text{ бр./мин.}$$

В этих условиях максимальная пропускная способность окорочного участка и цикловая производительность комплексной линии отличаются примерно в 1,6 раза ($24,11 / 15,23 = 1,58$), что позволяет обеспечить нор-

мальную работу комплексной линии окорки и сортировки бревен даже в зимнее время.

Число карманов-накопителей в данных условиях на комплексной линии ОК-БС:

$$N_{\text{карм}} = n_{\text{гр}} + n_{\text{рез}} + n_{\text{отб}} + n_{\text{кон}} = 15 + 3 + 2 + 1 = 21 \text{ шт.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калитеевский, Р.Е.* Лесопиление в 21 веке [Текст] / Р.Е. Калитеевский. – СПб.: Профи Информ, 2005. – 480 с.
2. *Калитеевский, Р.Е.* Метод расчета производственной мощности лесопильных предприятий, основные процессы лесопиления и методика их расчета [Текст]: текст лекций / Р.Е. Калитеевский. – СПб.: СПбЛТА, 2002. – 124 с.
3. *Калитеевский, Р.Е.* Оборудование, процессы и организация производства пиломатериалов [Текст]: учеб. пособие / Р.Е. Калитеевский. – СПб.: СПбЛТА, 2003. – 154 с.
4. *Калитеевский, Р.Е.* Теория и организация лесопиления [Текст] / Р.Е. Калитеевский. – М.: Экология, 1995. – 325 с.

Санкт-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 14.11.05

R.E. Kaliteevsky, A.M. Artemenkov, A.A. Tambi, A.V. Gavryukov
**Technique and Calculation Example of Debarking,
Sorting and Sawlogs' Storing Processes**

The calculation technique for storage time and volume of online log stock based on the productivity of sawmill is offered to be used at projected sawmills and the ones in operation.
