

чаемой продукции из 1 м³ распиленного сырья. Если принять стоимость 1 м³ обрезных пиломатериалов 35 р. 90 к., а стоимость 1 м³ технологической щепы 11 руб. и ее выход из горбылей и реек 92%, то при увеличении выхода пиломатериалов на 1,37% стоимость получаемой продукции из 1 м³ бревен увеличится на 36 коп. В нашей стране ежегодно распиливается бревен $d = 14-24$ см около 100 млн. м³. При данном объеме переработки пиловочного сырья данной группы бревен увеличение стоимости получаемой продукции в лесопилении составит 36 млн. руб. Кроме того, увеличение выхода пилопродукции имеет большое значение в сохранении лесных богатств, в решении вопросов охраны природы. Для принятых нами данных прирост пилопродукции составит 1,37 млн. м³. Для производства такого количества пиломатериалов потребовалось бы вырубить лес на площади около 16 тыс. га.

Однако более детальная сортировка бревен потребует создания и внедрения в производство автоматизированных сортировочных линий типа БС-60 и дополнительных затрат труда. Но при этом следует учесть, что более детальная сортировка бревен окажет положительное влияние на снижение трудозатрат по сортировке получаемых пиломатериалов и на повышение производительности технологического оборудования лесопильного цеха.

Следовательно, вытекает необходимость дополнительных исследований по влиянию градации толщины бревен на изменение трудозатрат по сортировке пиловочного сырья и пиломатериалов, а также на производительность технологического оборудования.

УДК 674.093.6-412.85

С.П.Трофимов, инженер (БТИ им. С.М.Кирова)

О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОРЦОВОЧНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ЛИНИЙ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОМПОНОВКОЙ УЗЛОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Организация поэтапной обработки досок является одним из путей повышения производительности линий торцовки и сортировки пиломатериалов (ТСЛ). Положительный эффект дифференцирования операции обеспечивается сокращением цикловых затрат времени на контроль качества и поперечный раскрой досок. Однако увеличение числа последовательных узлов обработки q вызывает конструктивное усложнение оборудования, сопровожда-

лющееся ухудшением его использования [1, 2]. Двойственный характер влияния q на производительность ТСЛ требует анализа и определения условий оптимизации.

Рассмотрим влияние числа последовательных узлов обработки q на производительность ТСЛ проходного типа с поперечным движением досок и жесткой системой транспортного обеспечения. Фактическая производительность такой линии в отсутствие межузловых накопителей может быть определена по формуле

$$P_{q\phi} = \frac{60 u_q T}{a} \eta_q = P_{qц} T \eta_q, \quad (1)$$

где $P_{q\phi}$, $P_{qц}$ - производительность ТСЛ, соответственно фактическая и цикловая, шт. досок за период времени T ; T - продолжительность планируемого периода времени, мин; a - шаг упоров конвейера ТСЛ, м; u_q - скорость конвейера ТСЛ, м/с; η_q - коэффициент использования рабочего времени ТСЛ.

Коэффициент использования рабочего времени ТСЛ η_q зависит от продолжительности внецикловых простоев линии по инструменту $\theta_{qви}$ и оборудованию $\theta_{qво}$, которые могут быть выражены в процентах от планируемого периода времени T по данным опытных работ или теоретического расчета с учетом показателей надежности механизмов.

При равномерной дифференциации операции количество инструментов на каждом отдельном узле обработки может быть уменьшено в q раз, что позволяет сократить простои каждого из них в отдельности. Однако взаимозависимость узлов обработки по ритму работы увеличивает простои системы q последовательных и ТСЛ в q раз [1], поэтому $\theta_{qви} = \theta_{1ви}$, где $\theta_{1ви}$ - простои линии по инструменту при $q=1$.

Простои ТСЛ по оборудованию в условиях жесткой системы транспортного обслуживания возрастают с увеличением числа последовательных узлов обработки [1], поэтому $\theta_{qво} = q\theta_{1во}$, где $\theta_{1во}$ - простои по оборудованию в процентах от периода времени T .

С учетом предыдущих замечаний коэффициент использования рабочего времени ТСЛ можно выразить формулой

$$\eta_q = \frac{100 - (\theta_{1ви} + q\theta_{1во})}{100}, \quad (2)$$

где $\theta_{1ви}$, $\theta_{1во}$ - внецикловые простои ТСЛ при $q=1$, соответственно по инструменту и по оборудованию, %; q - число последовательных узлов обработки.

Скорость конвейера должна приниматься с учетом обеспечения наибольшей производительности ТСЛ, потребной $P_{ц}$, технически допустимой u_q и нормальной работы режущего инструмента торцовочного узла. При проведении контроля качества пиломатериалов скорость подачи определяется соотношением пути и времени оценки доски, т. е. по выражению

$$u_q = \frac{L_0 + L_{по}}{t_{q0} + t_{по}} = \frac{aq}{t_{10} + t_{по}}, \quad (3)$$

где L_0 , $L_{по}$ - путь, проходимый конвейером ТСЛ, соответственно за время оценки и паузы в оценке качества доски, м; t_{10} , t_{q0} - время оценки качества доски, соответственно при одном и q последовательных узлах обработки, с; $t_{по}$ - время паузы в оценке доски, с.

Современные ТСЛ предусматривают проведение визуального осмотра досок оператором с целью оценки качества их и назначения схемы торцовки. Однако уже создаются опытные образцы устройств для автоматизации обмера, дефектоскопии и оптимизации раскроя пиломатериалов. Новейшие технические решения позволяют полностью механизировать и автоматизировать собственно процесс торцовки досок по командам, вводимым в систему управления ТСЛ.

Следует отметить, что время оценки качества пиломатериалов зависит от объема информации, характеризующей индивидуальные особенности досок, и является величиной непостоянной при любом способе контроля качества. Время оценки досок зависит также от степени дифференциации операции и в условиях равномерного распределения суммарного объема работ может быть принято равным, в рамках цикла ТСЛ, $t_{q0} = t_{10}/q$. Время паузы в оценке досок $t_{по}$ не зависит от числа узлов обработки.

В зону контроля качества и принятия решений о схеме раскроя пиломатериалов $L_0 + L_{по}$ одновременно может подаваться только одна доска. В противном случае появилась бы необходимость обеспечения возможности перераспределения времени при оценке следующих друг за другом досок, что значительно усложнило бы управление работой исполнительных механизмов ТСЛ. Поэтому для линий с любым q путь $L_0 + L_{по} = a$.

При визуальном осмотре досок величину $L_0 + L_{по}$ следует устанавливать с учетом требований эргономики в отношении оптимальных и максимальных значений угла зрения и зоны ручного действия оператора [3]. При автоматизации контроля качества пиломатериалов путь, проходимый конвейером за время ци-

кла обработки доски $t_{10} + t_{10}^q$, зависит от технических возможностей, конструктивного исполнения устройств обмера и дефектоскопии предметов труда. Во всех случаях величина a зависит, разумеется, и от условий размещения досок на конвейере.

С учетом принятых допущений при подстановке выражения (3) в (1) получим

$$P_{q\phi} = \frac{0,6qT[100 - (\theta_{1\text{вн}} + q\theta_{1\text{во}})]}{t_{10} + qt_{10}^q} \quad (4)$$

Для определения оптимального числа последовательных узлов обработки q_0 , которое обеспечивает максимальную производительность ТСЛ, возьмем производную $P_{q\phi}$ и приравняем ее к нулю:

$$\frac{dP_{q\phi}}{dq} = \frac{0,6T(100 - \theta_{1\text{вн}} - 2\theta_{1\text{во}}q)(t_{10} + t_{10}^q) - t_{10}^q(100 - \theta_{1\text{вн}} - \theta_{1\text{во}}q)}{(t_{10} + t_{10}^q)^2} = 0,$$

откуда получим

$$q = q_0 = q_{\text{max}} = \frac{t_{10}}{t_{10}^q} \pm \sqrt{\left(\frac{t_{10}}{t_{10}^q}\right)^2 + \frac{t_{10}}{t_{10}^q} \left(\frac{100 - \theta_{1\text{вн}}}{\theta_{1\text{во}}}\right)}. \quad (5)$$

Оптимальное число последовательных узлов обработки одновременно является и максимальным q_{max} , так как превышение q_0 безусловно нецелесообразно.

По формулам (3)–(5) были построены графики, иллюстрирующие характер зависимости u_q , η_q и $P_{q\phi}$ от числа последовательных узлов обработки q . Расчет скорости конвейера u_q проведен при $a = 0,6$ м, $t_{10} = 2 \dots 6$ с и $t_{10}^q = 1$ с. Графики изменения коэффициента использования η_q и фактической производительности ТСЛ $P_{q\phi}$ построены при $t_{10}^q = 3$ с, $t_{10}^q = 1$ с $\theta_{1\text{вн}} = 1\%$ и $\theta_{1\text{во}} = 0 \dots 40\%$.

Анализ графиков на рис. 1, а показывает, что с увеличением q изменение u_q характеризуется кривыми, постепенно замедляющими свой рост, приближаясь к пределу $\lim_{q \rightarrow \infty} u_q = a/t_{10}^q$. В пределах реально возможного изменения q и других параметров величина u_q остается приемлемой с точки зрения эксплуатации конвейера ($u_q < 1$ м/с).

Графики на рис. 1, в отражают характер изменения фактической производительности ТСЛ. Анализ их и формулы (5) позволяет определить оптимальное значение числа последовательных

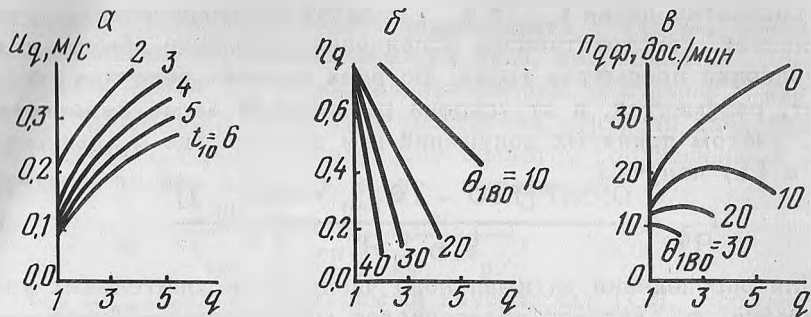


Рис. 1. Зависимость скорости конвейера (а), коэффициента использования (б) и фактической производительности ТСЛ (в) от числа последовательных узлов контроля качества пиломатериалов.

узлов обработки q_0 . Например, при $t_{10} = 3$ с, $t_{по} = 1$ с, $\theta_{1ви} = 1\%$ и $\theta_{1во} = 11\%$ получим $q_0 = q_{max} = 3$.

Характер изменения коэффициента использования ТСЛ η_q с увеличением q позволяет сделать вывод о том, что создание более сложного по компоновке оборудования должно сопровождаться повышением надежности комплектующих его элементов и показателей загрузки работой. В противном случае дифференцирование операции может оказаться неэффективным. Так, из формулы (5) видно, что при $t_{10} = 3$ с, $t_{по} = 1$ с, $\theta_{1ви} = 0...1\%$ и $\theta_{1во} \approx 43\%$ оптимальное число узлов обработки не превышает $q = 1$.

Результаты проведенного исследования позволяют анализировать влияние степени дифференцирования операции, времени контроля качества досок, внутрицикловой паузы в его проведении, простоев по инструменту и оборудованию на производительность линии и могут быть использованы при проектировании ТСЛ с последовательной компоновкой узлов обработки на участке контроля качества пиломатериалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчкович Л.И., Кузнецов М.М., Усов Б.А. Автоматы и автоматические линии. - М.: Машиностроение, 1976, т. 1. - 226 с.
2. Калитеевский Р.Е. Автоматизация производственных процессов в лесопилении. - М.: Лесная промышленность, 1979. - 334 с.
3. Инженерная психология в применении к проектированию оборудования / Пер. с англ. под ред. Б.Ф.Ломова. - М.: Машиностроение, 1971. - 487 с.