

Васильев Г.Л., Чамеев В.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
Lesoingener@yandex.ru

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ ПО РАСКРОЮ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ПИЛОПРОДУКЦИЮ

В статье описываются состояние производства пилопродукции при условии малого объема лесозаготовок, а также методы улучшения технологического процесса по производству пилопродукции. В работе показаны схемы для малого лесопиления на базе головного оборудования рамы Р63-4Б, обоснование технологического процесса с учетом типа распиловки круглых лесоматериалов и экономические эффективности технологических потоков. Рассмотрена комплекс-программа «ЦЕХ», созданная в Уральском государственном лесотехническом университете. Программа позволяет имитировать на ЭВМ протекание технологических процессов переработки круглых лесоматериалов. Результаты исследования пригодны для использования технологами на действующих лесопромышленных предприятиях.

Для условий малообъемных лесозаготовок рассматривается четыре варианта технологического потока 1Б, 2Б, 3Б и 4Б однопоточного цеха на базе наиболее распространенной в «малом» лесопилении рамы Р63-4Б для раскроя брёвен Бд с брусочкой на брусья Бш и необрезные доски Дт на станках второго ряда – перспективной рамы РМ-50 и многопильного станка, для раскроя досок Дт на обрезные пиломатериалы взят станок Ц2ДТУ. Для работы лесопильной рамы Р63-4Б в развал принята схема 1В. Структурные схемы упомянутых технологических потоков приведены в таблице 1.

До определения показателей работы технологических потоков проведена:

- синхронизация работы головного станка (ГС) лесобработывающего цеха (ЛОЦ) с предшествующими операциями;
- синхронизация работы ГС ЛОЦ со станками второго ряда (ВС).

Степень синхронизации оценивалась коэффициентом загрузки головного станка $K_{ГЗ}^{ГС}$. Все расчёты проведены с помощью комплекс-программы ЦЕХ.

Следующим логическим этапом исследований является определение пропускных способностей по сырью (сменных производительностей) $P_{СМ}$ и соответствующим им коэффициентов загрузки $K_{ГЗ}^{ГС}$ технологических потоков для размерных групп сырья $d_{СГ}$. Расчёты проведены по компонент-программе «ПОТОК» комплекс-программы «ЦЕХ» и приведены в таблице 1. На основании статистической обработки полученных данных определены средневзвешенные значения $P_{СМ С.В.}$ и $K_{ГЗ С.В.}^{ГС}$ с учётом долей сырья $P(d_{СГ})$ в их размерных группах $d_{СГ}$.

Таблица 1. Пропускная способность по сырью (в числителе) и коэффициенты загрузки технологических потоков (в знаменателе) лесобработывающих цехов

Схема	$d_{СР}, \text{ см}$	$d_{СГ}, \text{ см} / P(d_{СГ})$						$P_{СМ С.В.}, \text{ м}^3 / K_{ГЗ С.В.}^{ГС}$
		15 / 0,1096	19 / 0,2732	23 / 0,3151	27 / 0,2079	31 / 0,0792	35 / 0,0150	
1В	20	53,4* / 0,992						-
1Б		16,8 / 0,466	20,6 / 0,432	25,1 / 0,381	30,9 / 0,357	34,0 / 0,320	34,4 / 0,256	25,01 / 0,392
2Б		34,8 / 0,974	46,7 / 0,976	63,3 / 0,957	82,3 / 0,978	103,7 / 0,971	128,0 / 0,951	63,76 / 0,975
3Б		32,1 /	40,2 /	48,5 /	59,5 /	66,3 /	66,8 /	48,41 /

		0,902	0,838	0,750	0,685	0,626	0,502	0,764
4Б		35,0 / 0,982	46,9 / 0,979	64,0 / 0,983	82,8 / 0,982	104,1 / 0,975	129,0 / 0,959	64,21 / 0,981

* – раскрой вразвал несортированного на размерные группы сырья

Анализ данных таблицы 1 позволил выявить зависимости $K^{ГC}_3=f(d_{СГ})$ и $П_{СМ}=f(d_{СГ})$ для всех принятых к исследованию технологических потоков (рис. 1 и 2). В технологических потоках с увеличением $d_{СГ}$ значения $K^{ГC}_3$ уменьшаются. Наименьшее изменение $K^{ГC}_3$ наблюдается в технологическом потоке при отсутствии станков второго ряда или что тоже самое при $E^{BC1}_{П}=E^{BC2}_{П}=\infty$. Это объяснимо тем, что на работу головного станка условно не влияют станки последующих уровней деления лесоматериалов, а влияют только параметры «внешней среды». Этот поток можно назвать «идеальным». Наиболее близко к «идеальному» потоку относятся потоки 4Б и 2Б рис. 1. По сравнению с «идеальным» у них снижение по $K^{ГC}_3$ с увеличением $d_{СГ}$ также минимальны. Это «хорошо» синхронизированные технологические потоки. Потоки 3Б и 1Б можно отнести к «неудовлетворительно» синхронизированным.

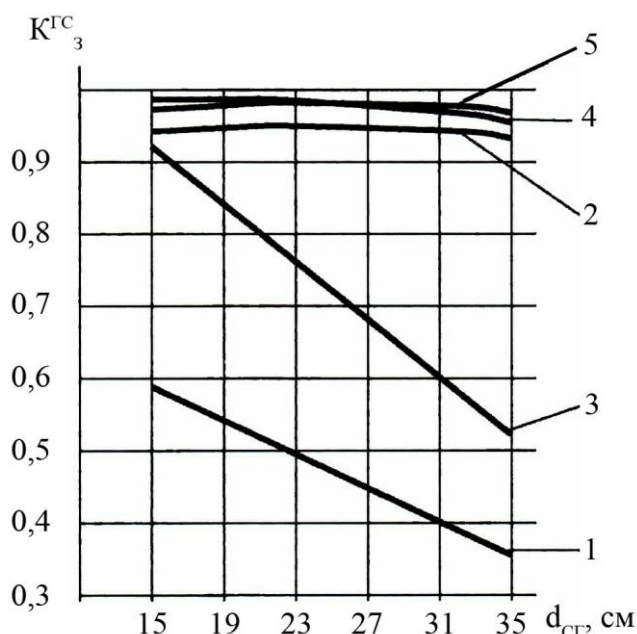


Рисунок 1. Коэффициенты загрузки головного станка Р63-4Б для размерных групп сырья $d_{СГ}$ и технологических потоков 1В, 1Б, 2Б, 3Б и 4Б:

$$1-K^{ГC}_3(1Б)=0,6204-0,0101d_{СГ}; 2-K^{ГC}_3(2Б)=-0,0001379(d_{СГ})^2+0,005990d_{СГ}+0,9136;$$

$$3-K^{ГC}_3(3Б)=1,1995-0,01993d_{СГ}; 4-K^{ГC}_3(4Б)=-0,0001216(d_{СГ})^2+0,005165d_{СГ}+0,929;$$

$$5-K^{ГC}_3(E^{BC}_{П}=\infty)=-0,00005114(d_{СГ})^2+0,001453d_{СГ}+0,9857.$$

Резкое снижение $K^{ГC}_3$ с увеличением $d_{СГ}$ в технологических потоках 3Б и 1Б объясняется недостаточной пропускной способностью станков второго уровня деления лесоматериалов (снижение скоростей подачи у станков ВС происходит быстрее, чем снижение посылки у головного станка, связанное с увеличением максимальной высоты пропилов). Значения $K^{ГC}_3$ в технологических потоках влияют на их пропускную способность. Изменения $П_{СМ}=f(d_{СГ})$ в технологических потоках приведены на рис. 2 (по результатам статистической обработки значений табл. 1). Наибольшую пропускную способность имеют «хорошо» синхронизированные технологические потоки 4Б и 2Б, наименьшую – «неудовлетворительно» синхронизированные потоки 3Б и 1Б.

На рис. 3, по результатам статистической обработки данных табл. 1, приведены обобщённые зависимости для технологических потоков пропускной способности $\Pi_{\text{СМ}}$ от $K^{\Gamma\text{С}}_3$ для размерных групп сырья $d_{\text{СГ}}$. Наибольшую производительность имеют потоки на «толстомерных» группах сырья, наименьшую – в группах сырья средних толщин.

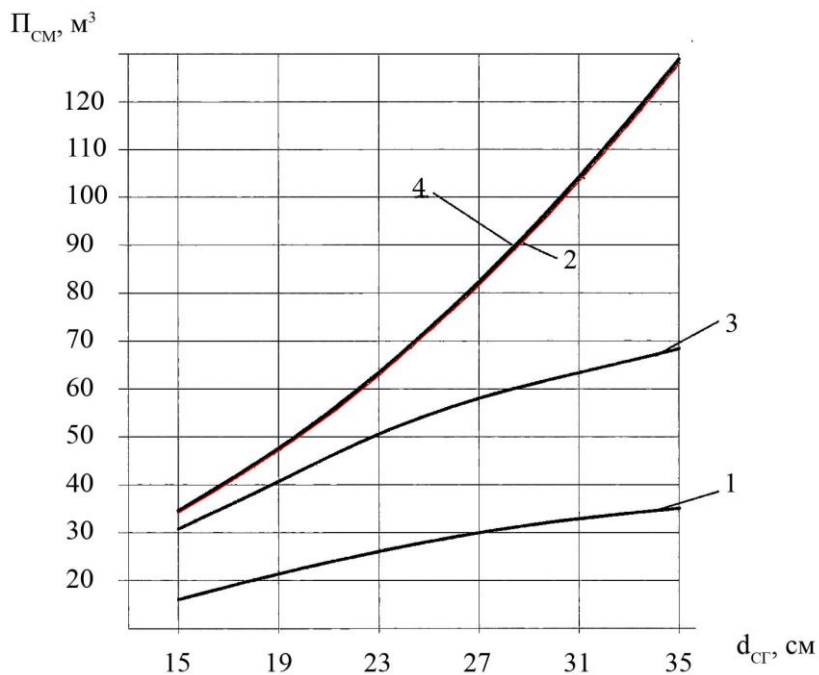


Рисунок 2. Пропускная способность технологических потоков в размерных группах сырья:

$$1-\Pi_{\text{СМ}}(1Б)=-0,02578(d_{\text{СГ}})^2+2,2426d_{\text{СГ}}-11,7995;$$

$$2-\Pi_{\text{СМ}}(2Б)=0,0906(d_{\text{СГ}})^2+0,1544d_{\text{СГ}}+11,7356;$$

$$3-\Pi_{\text{СМ}}(3Б)=-0,0491(d_{\text{СГ}})^2+4,3326d_{\text{СГ}}-13,0964;$$

$$4-\Pi_{\text{СМ}}(4Б)=0,0913(d_{\text{СГ}})^2+0,1525d_{\text{СГ}}-11,8362.$$

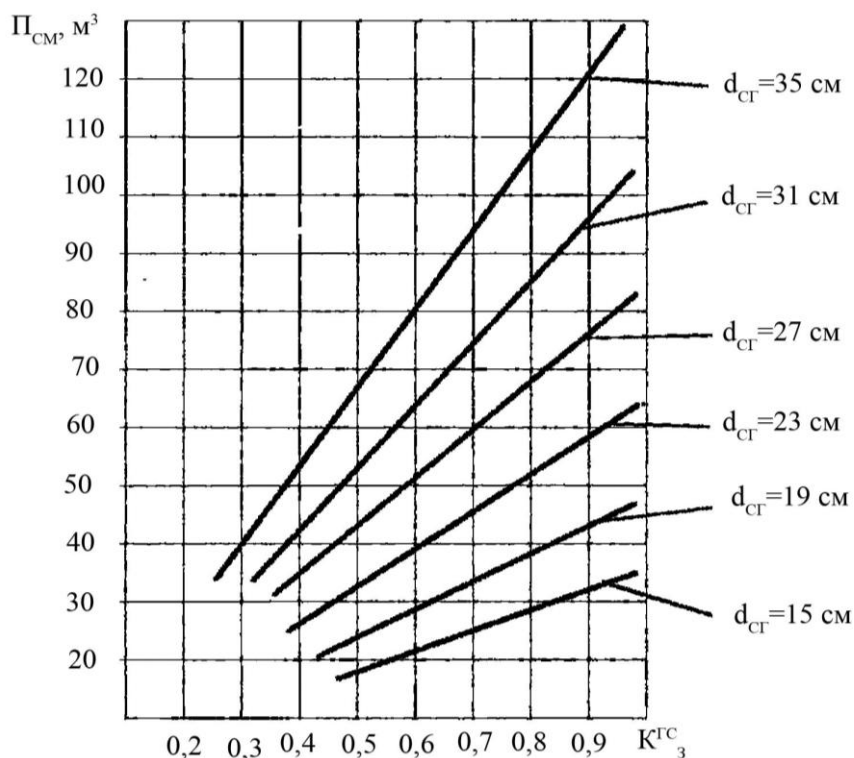


Рисунок 3. Пропускная способность по сырью технологических потоков в размерных группах сырья в зависимости от коэффициента загрузки головного станка:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{СМ}}(d_{\text{СГ}}=15) &= 0,3362 + 35,3054K^{\text{ГС}}_3; \quad \Pi_{\text{СМ}}(d_{\text{СГ}}=19) = -0,1368 + 48,0457K^{\text{ГС}}_3; \\ \Pi_{\text{СМ}}(d_{\text{СГ}}=23) &= 0,4118 + 64,5040K^{\text{ГС}}_3; \quad \Pi_{\text{СМ}}(d_{\text{СГ}}=27) = 1,8744 + 82,6457K^{\text{ГС}}_3; \\ \Pi_{\text{СМ}}(d_{\text{СГ}}=31) &= -0,4756 + 107,1931K^{\text{ГС}}_3; \quad \Pi_{\text{СМ}}(d_{\text{СГ}}=35) = -0,5601 + 135,0601K^{\text{ГС}}_3. \end{aligned}$$

«Исключить» из уравнений $\Pi_{\text{СМ}}=f(K^{\text{ГС}}_3)$ конкретные технологические потоки возможно введением средневзвешенных значений $\Pi_{\text{СМ С.В.}}$ и $K^{\text{ГС}}_{3 \text{ С.В.}}$. На рисунке 4 приведена функция $\Pi_{\text{СМ С.В.}}=f(K^{\text{ГС}}_{3 \text{ С.В.}})$. Анализ функции и графическое её изображение показывают, что пропускная способность однопоточного цеха с головным станком Р63-4Б находится в линейной зависимости от средневзвешенного коэффициента загрузки головного станка. Увеличение коэффициента загрузки $K^{\text{ГС}}_{3 \text{ С.В.}}$ на каждые 10% даёт прирост средневзвешенной пропускной способности потока на 6,66 м³. Другими словами, плохо синхронизированных технологических потоках средневзвешенная производительность составляет всего около 38% от потоков, где станки полностью синхронизированы.

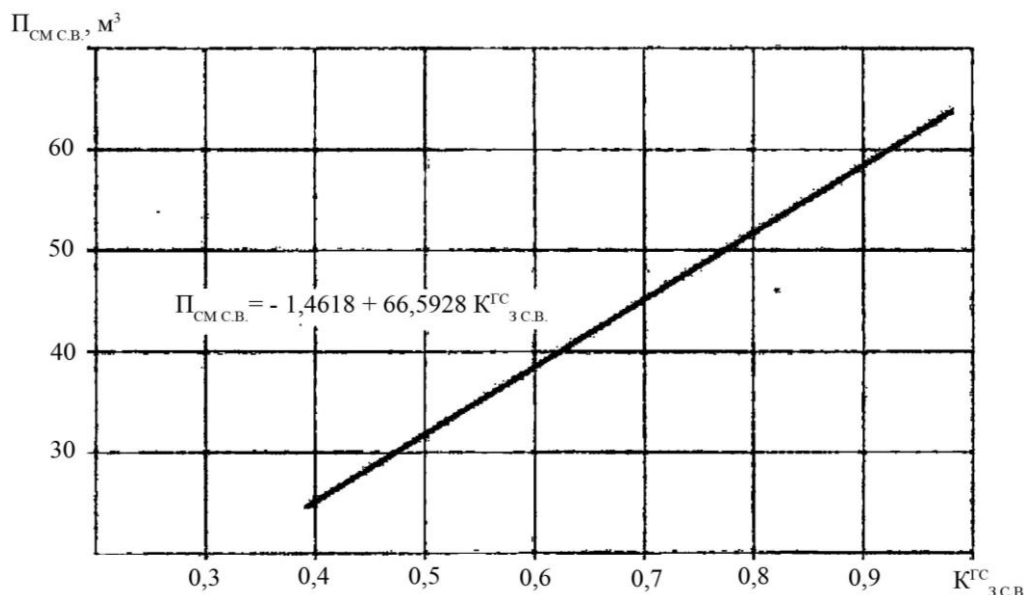


Рисунок 4. Средневзвешенная пропускная способность технологического потока $\Pi_{\text{СМ С.В.}}$ в зависимости от средневзвешенного коэффициента загрузки головного станка.

Экономическая оценка синхронизации технологических потоков приведена с учётом предшествующих исследований, проведённых на кафедре ТОЛП УГЛТУ и изложенных в научных статьях [1, 2]. Результаты этих исследований показывают, что только за счёт синхронизации технологических потоков можно достигнуть снижение себестоимости готовой продукции от 3,4 до 7,6%, рентабельность производства находится в зависимости от $K^{\text{ГС}}_3$. Для однопоточного цеха по выработке короткомерной пилопродукции она имеет вид:

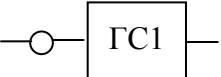
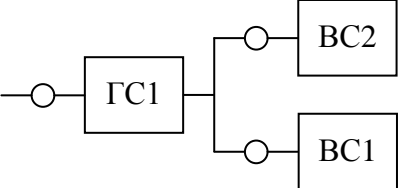
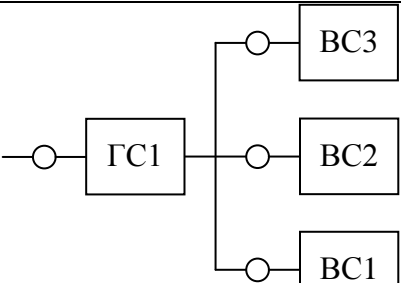
$$R = -91,3071(K^{\text{ГС}}_3)^2 + 164,6293 K^{\text{ГС}}_3 - 47,7202, \text{ \%}.$$

Уравнение действительно при $0,46 \leq K^{\text{ГС}}_3 \leq 0,86$. Можно предположить с большой степенью уверенности, что характер зависимости не изменится и для наших условий. Принимая во внимание изложенное и минимальные и максимальные уровни рентабельности для лесобрабатывающих цехов лесопромышленных предприятий, имеющиеся в литературных источниках последних лет, зависимость $R=f(K^{\text{ГС}}_3)$ примет вид:

$$R = -64,8633(K^{\text{ГС}}_{3 \text{ С.В.}})^2 + 123,2707 K^{\text{ГС}}_{3 \text{ С.В.}} - 33,2120, \text{ \%}; \quad \text{при } 0,39 \leq K^{\text{ГС}}_{3 \text{ С.В.}} \leq 0,98.$$

Анализ приведённого уравнения показывает, что рентабельность производства изменяется от 5 до 25% или другими словами с увеличением загрузки головного станка на каждые 10% увеличивается рентабельность производства в среднем на 1,2%.

Таблица 2. Основные технологические и экономические показатели однопоточных лесообрабатывающих цехов

Технологический поток		Назначение станка	П _{СМ С.В.} , м ³	П _Г [*] , тыс. м ³	Сортовой состав сырья, %	Выход готовой продукции, %	K _{3 С.В.} ^{ГС} / R, %	V _{ЛЗ} ^Г , тыс. м ³		
№	Структура									
1В		ГС1 (Р63-4Б) для Б _д	53,4	11,48 / 22,96	1с-13,9 2с-58,8 3с-27,8	1с-12,3 2с-9,4 3с-31,8 4с-17,5 КО-4,3 ОВ-75,3	0,992 / 25,2	24,27 / 48,54		
1Б		ГС1 (Р63-4Б) для Б _д ВС1 (РМ-50) для Б _ш ВС2 (Ц2Д7У) для Д _т	25,0	5,38 / 10,75		1с-10,0 2с-8,0 3с-25,1 4с-12,1 КО-4,2 ОВ-59,4	0,392 / 5,1	11,37 / 22,75		
2Б		ГС1 (Р63-4Б) для Б _д ВС1 (МНС) для Б _ш ВС2 (Ц2Д7У) для Д _т	63,8	13,72 / 27,43						
3Б		ГС1 (Р63-4Б) для Б _д ВС1 (РМ-50) для Б _ш ВС2 (РМ-50) для Б _ш ВС3 (Ц2Д7У) для Д _т	48,4	10,41 / 20,82					0,764 / 23,1	22,01 / 44,02
4Б		ГС1 (Р63-4Б) для Б _д ВС1 (РМ-50) для Б _ш ВС2 (МНС) для Б _ш ВС3 (Ц2Д7У) для Д _т	64,2	13,80 / 27,61					0,981 / 25,3	29,18 / 58,36

* – в числителе для односменной работы, в знаменателе для двухсменной работы

Итоговые значения технологических и экономических параметров для выбранных структурных схем однопоточных цехов с головным станком Р63-4Б приведены в таблице 2. Состав сырья и выход готовой продукции определены по программам «СЫРЬЁ» и «ПРОДУКЦИЯ».

Годовой объём лесозаготовок по хвойному хозяйству (сосна) $V_{лз}^Г$, необходимый для обеспечения работы технологических потоков, определялся по формуле:

$$V_{лз}^Г = (P_{см}^C * n_{дн} * n_{см} * K_Г) / (K_{дел} * K_C),$$

где $P_{см}^C$ – пропускная способность лесобрабатывающего цеха по сырью в смену, м³;

$n_{дн}$ – количество дней работы в году;

$n_{см}$ – сменность работы;

$K_Г$ – коэффициент на среднегодовые условия, учитывающий снижение производительности оборудования. Для пятой температурной зоны $K_Г=0,86$;

$K_{дел}$ – выход деловой древесины от общего запаса, %. Для Уральского региона из сосны – 0,86;

K_C – выход пиловочника из деловой древесины, %. Для Уральского региона из сосны – 55.

Анализируя показатели таблицы 2 можно сказать, что технологические потоки 1В, 2Б, 3Б, 4Б для лесобрабатывающих цехов высокорентабельные, поток 1Б можно отнести к низкорентабельным (по существующей классификации при $R < 5\%$ предприятия относятся к низкорентабельным, при $R > 15\%$ – к высокорентабельным).

Область применения технологических потоков зависит от наличия сырья в лесном фонде (объём годичной лесосеки), требуемого рынком объёма и вида пиломатериалов. При объёме лесозаготовок лесопромышленного предприятия 10 – 20 тыс. м³ в год приемлемы технологические потоки 1Б, 3Б. При объёме лесозаготовок 30 тыс. м³ – 2Б, 4Б. Если рынок потребляет необрезные пиломатериалы, то 1В.

При изменившейся ситуации (изменение объёма лесозаготовок лесопромышленного предприятия) технологические схемы потоков могут быть иными.

Библиографический список

1. Азарёнок В.А., Гаева Е.В., Чамеев В.В. Синхронизация работы головного станка лесобрабатывающего цеха с предшествующими операциями при распиловке сырья вразвал // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды II международного евразийского симпозиума. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007.- С. 23-30.

2. Чамеев В.В., Гаева Е.В., Азарёнок В.А. Обоснование размеров межоперационных запасов сырья перед головным станком лесобрабатывающего цеха // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды 11 международного евразийского симпозиума. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007.- С. 30-36.