

## РЕЗЕРВЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОСНОВНЫХ ПОТОКОВ НИЖНИХ СКЛАДОВ ЛЕСПРОМХОЗОВ

Кафедра механизации лесоразработок провела анализ эксплуатационной надежности оборудования основных потоков нижних складов Мостовского, Афанасьевского, Крестецкого, Красноуфимского, Чернореченского и Хандагатайского леспромхозов. Часть из них работает по схеме продольного перемещения хлыстов при разделке, а часть — Крестецкий и Чернореченский — с поперечным перемещением. Для сортировки в каждом из них используются продольные лесотранспортеры. Производственные показатели работы основных потоков за период наблюдений изложены в табл. 1.

Данные табл. 1 подтверждают наличие резервов в использовании основных потоков.

Важнейшими причинами простоев являются компоновочные недостатки, допущенные при проектировании. В основу проектирования заложен принцип жесткой связи между механизмами, который допустим только в системах, предназначенных для обработки предметов труда, обладающих постоянством размерных и качественных параметров, обеспечивающих затраты одинакового штучного времени при обработке на каждом механизме при условии высокой надежности механизмов. Деревья и хлысты не обладают таким постоянством. Кроме того, важное значение имеют стыковые операции в начале потока и в конце его. Так, отсутствие хлыстов в заделе перед раскряжевочным механизмом вызывает немедленную остановку потока. Задержка в освобождении лесонакопителей (при отсутствии свободного крана, например) влечет за собой остановку лесотранспортера и, как следствие, основного разделочного механизма. Продолжительность остановок по этим причинам всегда значительна. При жестких связях в потоке неполадки на лесотранспортере, например, вызванные случайным перекосом бревен, кострением в лесонакопителе, правкой сортиментов в лесонакопителе по торцам, техническими неполадками, составляющие с вероятностью 0,9 не более 3 мин в каждом случае, отнимают в течение смены от 8,6% в Крестецком ЛПХ до 52% рабочего времени в Чернореченском ЛПХ.

Таблица 1

Наименование показателя	Единица измерения	Показатели для леспромхозов					
		Мостовской ПЛХ-3	Афанасьевский ПЛХ-ЗАС	Красноуфимский ПЛХ-ЗАС	Хандгатайский ПЛХ-ЗАС	Крестовский триммер МР-8	Черно-реченский слешер СТИ-2
1	2	3	4	5	6	7	8
Период наблюдений, число смен	Даты смены	20.1.-	22.8.-	22.3.-	21.3.-	7.7.-	22.2.-
		2.2.70	2.9.70	10.1У.73	26.7.71		
		10	18	20	12.1У.73	6.Ш.73	
Состав насаждений		3Е4Б	4ЕП1Л	3Е2Б1С	7С3Л	3Е2С	5П1Е1К
		3Ос	+1Б	1Л	1Ос	3Б2Ос	+3Ос
				П	П		
Средний объем хлыста	м <sup>3</sup>	0,49	0,49	0,46	0,70	0,34	0,46
Действительная производительность	м <sup>3</sup> см	215,5	106,8	147,6	171,7	219,4	152,2
Расчетная производительность	м <sup>3</sup> см	223	182	275	237	345	528
Коэффициент использования потока	%	0,82	0,50	0,46	0,62	0,54	0,245
Коэффициент технической готовности	- " -	0,93	0,82	0,83	0,89	0,86	0,764
Затраты рабочего времени работа	- " -	82,0	50,0	46,0	62,0	54,0	24,51
простой по техническим причинам	- " -	4,26	10,78	9,16	7,58	10,26	23,63
простой по технологическим причинам	- " -	12,94	18,22	35,62	13,34	18,78	44,07
простой по организационным причинам	- " -	0,80	18,99	6,55	16,09	16,96	7,79
подготовительное время	- " -	-	2,01	2,67	0,99	-	-

Продолжение табл. 1

	1	2	3	4	5	6	7	8
Средняя и с вероятностью 0,9 продолжительность отказа основного механизма потока по причинам, зависящим от:		мин						
а) всех механизмов	- "	$\frac{4,16}{9,00}$	$\frac{2,04}{4,00}$	$\frac{3,33}{6,40}$	$\frac{5,32}{10,87}$	$\frac{4,18}{10,20}$	$\frac{3,72}{6,50}$	
б) сортировочного лесотранспортера	- "	$\frac{3,9}{4,7}$	$\frac{1,36}{2,80}$	$\frac{6,68}{22,2}$	$\frac{1,69}{2,77}$	$\frac{1,94}{2,9}$	$\frac{2,52}{5,30}$	
Средняя и с вероятностью 0,9 частота отказов основного механизма потока по причинам, зависящим от:		$\frac{1}{\text{мин}}$						
а) всех механизмов	- "	$\frac{0,24}{0,11}$	$\frac{0,49}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,16}$	$\frac{0,19}{0,09}$	$\frac{0,24}{0,10}$	$\frac{0,26}{0,15}$	
б) сортировочного лесотранспортера	- "	$\frac{0,26}{0,21}$	$\frac{0,74}{0,36}$	$\frac{0,018}{0,01}$	$\frac{0,59}{0,36}$	$\frac{0,52}{0,34}$	$\frac{0,48}{0,22}$	
Средняя и с вероятностью 0,9 наработка на отказ основного механизма потока по причинам, зависящим от:		мин.						
а) всех механизмов	- "	$\frac{10,67}{21,60}$	$\frac{3,02}{6,30}$	$\frac{2,97}{6,75}$	$\frac{8,31}{16,00}$	$\frac{5,62}{10,9}$	$\frac{1,22}{2,71}$	
б) сортировочного лесотранспортера	- "	$\frac{18,0}{26,6}$	$\frac{4,24}{8,20}$	$\frac{5,59}{12,85}$	$\frac{16,51}{32,0}$	$\frac{15,43}{37,50}$	$\frac{7,46}{15,15}$	

Для уменьшения остановок потоков, устранения жесткой зависимости основного агрегата от неполадок, создавшихся на любом другом механизме потока, на уже построенных складах следует врезать между механизмами буферные емкости и этим

перевести поток на компоновку его с гибкими связями. Во-первых, необходимо создание буферной емкости между раскряжевочной установкой и сортировочным лесотранспортером. Желательно, во-вторых, отделить штабелевку от погрузки за счет разделения функций кранов (один — для погрузки, второй — для штабелевки) или включение в поток автопогрузчика (погрузчика-штабелера) для выборки лесонакопителей и штабелевки. Кроме того, нужен межоперационный запас хлыстов или деревьев с кронами перед основными механизмами потока. Роль буферной емкости перед лесотранспортером должна сводиться к приемке бревен "на себя" при отказе лесотранспортера по причинам, зависящим от него или лесонакопителей, и к выдаче бревен из буферной емкости при возобновлении работы, чтобы подготовить емкость к приему бревен в случае очередной остановки лесотранспортера.

Какой должна быть емкость буферного устройства перед лесотранспортером? Ее размер должен быть равен по объему количеству древесины, разделяваемой раскряжевочной установкой за время остановки лесотранспортера, определенное с вероятностью 0,9. Буферная емкость должна обладать живучестью, то есть быть способной принять "на себя" бревна при очередной остановке лесотранспортера. Следовательно, производительность выносных цепей определяется как частное от деления емкости буферного устройства и объема разделки на время (установленное с вероятностью 0,2) непрерывной работы раскряжевочной установки между отказами по причинам, зависящим от сортировочного лесотранспортера. Кроме того, живучесть буферной емкости должна быть подкреплена способностью лесотранспортера за время до наступления следующего его отказа (установленное с вероятностью 0,2) успеть передать в лесонакопители бревна из буферной емкости плюс перенести бревна, поступающие в это же время от раскряжевочной установки, т.е.

$$P_{\text{тр}} = P_{\text{норм}} + P_{\text{доп}}$$

где  $P_{\text{норм}}$  — нормальная производительность раскряжевочной установки без учета коэффициента использования, м<sup>3</sup>/ч;  $P_{\text{доп}}$  — дополнительная производительность лесотранспортера для выборки буферной емкости.

$$\Pi_{\text{норм}} = \frac{(T - t_{\text{пз}})}{7 t_{\text{ц}}} g; \quad \Pi_{\text{доп}} = \frac{Q_{\text{бунк}}}{p \cdot T \cdot t_{0,2}}$$

где  $T$  — продолжительность рабочей смены, мин;  $t_{\text{пз}}$  — подготовительно-заключительное время, мин;  $t_{\text{ц}}$  — технически необходимое время разделки хлыста, мин;  $g$  — объем бревен из хлыста, поступающих на сортировку, м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{бунк}}$  — емкость буфера, м<sup>3</sup>;  $t_{0,2}$  — продолжительность непрерывной работы раскряжевочной установки (определенное с вероятностью 0,2 между отказами по причинам, зависящим от лесотранспортера и устройств за ним).

Тогда появляется возможность установить требуемую скорость лесотранспортера, так как

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{3600 g_{\text{бр}}}{l_{\text{бр}} + a} \quad \text{и} \quad v = \frac{\Pi_{\text{тр}} (l_{\text{бр}} + a)}{3600 \cdot g_{\text{бр}}} \text{ м/с,}$$

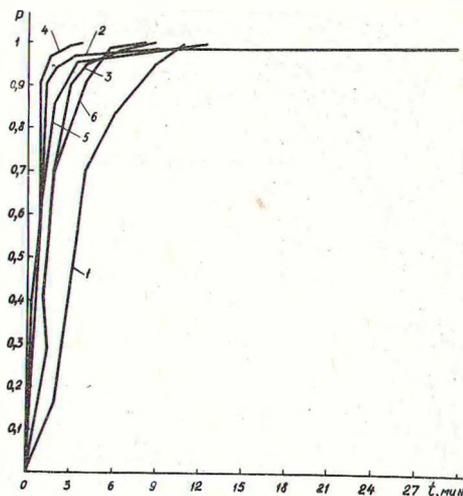
где  $a$  — нормальный допустимый межторцовый разрыв, м;  $l_{\text{бр}}$  — средняя длина бревна, м;  $g_{\text{бр}}$  — средний объем бревна, м<sup>3</sup>;  $v$  — скорость лесотранспортера, м/с.

На рис. 1 и 2 представлены интегральные кривые распределения элементов непрерывной работы раскряжевочной установки между отказами по причинам, зависящим от лесотранспортера, и интегральные кривые распределения отказов раскряжевочной установки по тем же причинам. Емкость буферных устройств может быть определена выработкой раскряжевочной установки за время простоя сортировочного лесотранспортера. Однако в таком случае не учитывается влияние ненадежности самой раскряжевочной установки и ответ будет несколько завышен. Использование методов теории массового обслуживания совместно с теорией эксплуатационной надежности для определения емкости буферного устройства приводит к следующему результату:

$$m = \left[ \frac{\lambda_1 + \mu_2 + \rho_1 (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)}{(1 + \rho_1)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)} \right] \lambda_2 T = (P_0 + P_1) \lambda_2 T,$$

Рис. 1. Продолжительность времени простоев ПЛХ-ЗАС, МР-8, СТИ-2 между остановками по причинам, вызванным неполадками на сортировочном лесотранспортере (опытные кривые вероятности):

1—ПЛХ-3. Мостовской ПЛХ. Наблюдение с 20.1 по 22.2



1970 г. Число наблюдений  $n = 160$ ,  $\sigma = 2,61$  мин,  $\bar{X} = 3,89$  м. Теоретическое распределение Крицкого-Менкеля при  $C_V = 0,6$ ;  $C_S = 1,5 C_V$ ; 2—ПЛХ-ЗАС. Афанасьевский ПЛХ. Наблюдение с 22.8 по 2.9 1970 г.  $n = 831$ ;  $\sigma = 229,7$  с,  $\bar{X} = 81,9$  с. Теоретическое распределение Крицкого-Менкеля при  $C_V = 2,0$ ,  $C_S = 4C_V$ ; 3—МР-8. Крестецкий ПЛХ. Наблюдение с 7.8 по 27.7 1971 г.  $n = 245$ ,  $\sigma = 2,2$  мин,  $\bar{X} = 1,9$  мин. Теоретическое распределение Крицкого-Менкеля при  $C_V = 0,8$ ,  $C_S = 3C_V$ ; 4—ПЛХ-ЗАС. Красноуфимский ПЛХ. Наблюдение с 22.3 по 10.4 1973 г.  $n = 635$ ,  $\sigma = 36,2$  с,  $\bar{X} = 54,1$  с. Теоретическое распределение Вейбулла при  $b = 1,1$ ; 5—ПЛХ-ЗАС. Хандагатайский ПЛХ. Наблюдение с 21.3 по 12.4 1973 г.  $n = 293$ ,  $\sigma = 2,66$  мин,  $\bar{X} = 1,69$  мин. Теоретическое распределение Крицкого-Менкеля при  $C_V = 0,9$ ,  $C_S = 2,5C_V$ ; 6—СТИ-2. Чернореченский ПЛХ. Наблюдение с 22.2 по 6.3 1973 г.  $n = 250$ ,  $\sigma = 1,96$  мин,  $\bar{X} = 2,07$  мин. Теоретическое распределение Вейбулла при  $b = 1,1$ .

где  $m$  — емкость буферного устройства в штуках бревен;  $\lambda_1$  — частота отказов лесотранспортера, 1/мин (интенсивность отказов);  $\lambda_2 = \frac{1}{t_2}$  — интенсивность поступления бревен на лесотранспортер в режиме полной загрузки,  $\frac{1}{\text{мин}}$ ;  $t_2$  — вре-



Рис. 2. Продолжительность времени непрерывной работы между перерывами, вызванными неполадками на сортировочном лесотранспортере (опытные кривые вероятности): 1—ПЛХ-3. Мостовской ЛПХ.  $n = 160$ ,  $\sigma = 22,98$  мин,  $\bar{X} = 18$  мин. Теоретическое распределение Крицкого-Менкеля при  $C_V = 0,9$ ,  $C_S = 1,5 C_V$ ; 2—ПЛХ-3АС. Афанасьевский ЛПХ.  $n = 831$ ,  $\sigma = 267,13$  с,  $\bar{X} = 254,2$  с. Экспоненциальный закон распределения; 3—МР-8. Крестецкий

ЛПХ.  $n = 245$ ,  $\sigma = 12,6$  мин,  $\bar{X} = 15,4$  мин. Распределение Вейбулла при  $b = 1$ ; 4—ПЛХ-3АС. Красноуфимский ЛПХ.  $n = 635$ ,  $\sigma = 5,59$  мин,  $\bar{X} = 6,74$  мин. Экспоненциальный закон распределения; 5—ПЛХ-3АС. Хандагатайский ЛПХ.  $n = 292$ ,  $\sigma = 23,59$  мин,  $\bar{X} = 16,51$  мин. Распределение Вейбулла при  $b = 1,1$ ; 6—СТИ-2. Чернореченский ЛПХ.  $n = 252$ ,  $\sigma = 1,99$  мин,  $\bar{X} = 7,46$  мин. Биномиальное распределение при  $C_V = 1,1$ ,  $C_S = 2C_V$ .

мя между поступлениями бревен на лесотранспортер, мин;  $\mu_2$  — интенсивность обработки бревен на лесотранспортере;  $\mu_2 = \frac{1}{t_2}$  — подставляется соответственно максимальной производительности лесотранспортера;  $t_2^0$  — длительность прохода одного бревна с межторцовым разрывом через сечение лесотранспортера;  $\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}$  — интенсивность загрузки лесотранспортера;  $\mu_1$  — интенсивность ремонтов лесотранспортера;  $\mu_1 = \frac{1}{t_1}$ , где  $t_1$  — длительность отказа;  $T$  — максимальная продолжительность времени простоя лесотранспортера (вероятность 0,9);  $P$  — предельная вероятность нахождения лесотранспортера в свободном состоянии;

$$P_0 = \frac{\lambda_1 + \frac{\lambda_2}{\mu_2}}{(1 + \rho_1)(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_2/\rho_2)}$$

$P_1$  — вероятность нахождения лесотранспортера в ремонте;  $P_1 = \frac{\rho_1}{1 + \rho_1}$ ;  $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}$  — интенсивность загрузки по отказам.

Применение расчетной формулы определения емкости буферных устройств перед лесотранспортером для конкретных условий работы леспромхозов приводит к следующим результатам (табл. 2):

Таблица 2

Наименование ЛПХ	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\rho_1$	$\rho_2$	$T_{\text{мин}}$	Емкость, шт
Мостовской	0,019	4,48	0,26	9,47	0,07	0,47	4,7	15
Хандагатайский	0,073	2,80	0,59	8,6	0,12	0,33	2,77	7
Афанасьевский	0,160	4,24	0,73	9,47	0,29	0,45	2,8	9
Красноуфимский	0,004	4,85	0,15	10,99	0,03	0,44	22,2	76
Крестецкий	0,084	5,20	0,51	10,33	0,16	0,5	2,9	11
Чернореченский	0,058	6,60	0,40	7,80	0,15	0,85	5,3	22

При применении плоских буферных емкостей следует учесть необходимость их двухсекционного исполнения с реверсированием каждой секции, без чего могут создаться ситуации, при которых емкость нельзя использовать даже при наличии в ней только одного бревна. Меньшими габаритами обладают емкости бункерного типа, подобные МСГ. При проектировании новых потоков нижних складов целесообразно все бревна, полученные из раскряжевочной установки, сбрасывать в бункерную буферную емкость, а из нее выносными цепями направлять на лесотранспортер.

Выполнение изложенных рекомендаций дает возможность резкого подъема пропускной способности основных потоков (например, для Чернореченского ЛПХ с  $152 \text{ м}^3/\text{см}$  до 550) с экономическим эффектом в год, исчисляемым в десятках тысяч рублей (для Афанасьевского ЛПХ — 6,5 тыс. руб. на один поток, Красноуфимского — 23 тыс., Хандагатайского — 19 тыс., Чернореченского — 154 тыс. и Крестецкого ЛПХ — до 30 тыс. руб. на один поток).