

раскряжечных линий (L_1), длину фронта штабелей ($L_{шт}$) и вместимость склада запаса ($Q_{зап}$) хлыстов:

для крана ККЛ-32

$$L_1 = 0,25t_p - 333; \quad (13)$$

$$L_{шт} = 2L_1 + 2l + l_1; \quad (14)$$

$$Q_{зап} = 86,4L_{шт}; \quad (15)$$

для кранов КСК-30-42В

$$L_1 = 0,155t_p - 327; \quad (16)$$

$$L_{шт} = 2L_1 + 2l + l_1; \quad (17)$$

$$Q_{зап} = 110,4L_{шт}. \quad (18)$$

Кран ККЛ-32 может обеспечить бесперебойную работу двух раскряжечных линий ЛО-15С при $t_p = 26,3$ мин и длине фронта штабелей до 200 м, что соответствует запасу хлыстов около 18 тыс. м³. Кран же КСК-30-42В может работать по данной схеме при $t_p \geq 30$ мин. Таким образом, при расположении запаса хлыстов на нижнем складе и обслуживании его консольно-козловыми кранами наиболее эффективен кран ККЛ-32, который и можно рекомендовать для практического использования.

Поступила 6 февраля 1985 г.

УДК 630*323.4.001.2

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ

Ю. В. ЛЕБЕДЕВ

Уральский лесотехнический институт

Одним из перспективных направлений совершенствования лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств в лесопромышленных регионах страны является расширение области и увеличение объемов поставки хлыстов на деревообрабатывающие предприятия. Задача оптимального распределения объемов раскряжевки хлыстов в лесозаготовительных (ЛПХ) и деревообрабатывающих (ДОК) предприятиях формируется следующим образом. В регионе имеется n ЛПХ (нижних складов), заготавливающих Q_r м³ древесины, и l ДОКов, из которых n_c ЛПХ обрабатывают хлысты в объеме Q_1 м³ и поставляют сортименты l_c потребителям (на склады сырья). Остальные $n_x = n - n_c$ ЛПХ поставляют подсортированные по определенным размерно-качественным параметрам хлысты (хвойные) $l_x = l - l_c$ ДОКам в объеме Q_2 м³. Отсортированные хлысты (лиственные) в объеме $Q_3 = Q_r - (Q_1 + Q_2)$ м³ обрабатывают в своих ЛПХ или также поставляют в ДОКи. На каждом из n_c нижних складов выпускают сортименты m видов, l_c ДОКов относятся к m группам в соответствии с видами перерабатываемых сортиментов. В каждой группе ДОКов имеется P_i потребителей i -того сорта. Выработка основной продукции — круглых сортиментов сопровождается образованием низкокачественной древесины и отходов, которые направляют на дальнейшую переработку.

Требуется определить число поставщиков n_c и n_x , число потребителей $l_c = \sum_{i=1}^m P_i$, l_x , объемы поставки сортиментов $Q_c \text{ м}^3$ и хлыстов $Q_x^{(n)} \text{ м}^3$.

Теоретической основой оптимального распределения объемов раскряжевки хлыстов в предприятиях региона является минимизация суммарных народнохозяйственных затрат на заготовку, транспортировку и обработку древесины за счет оптимизации функционирования машин в технологических потоках [2], рационализации структурных схем линий [3] и совершенствования организации работы систем машин в транспортно-технологических потоках [1].

Выбор оптимального варианта распределения объемов раскряжевки хлыстов

$$U = \{n_c, n_x, l_c, l_x, Q_c, Q_x^{(n)}\} \quad (1)$$

производится по критериям: минимума суммарных приведенных затрат на транспортировку (вывозку, перевозку, поставку) и переработку древесины $\min Z_{np}$, максимума среднесменной производительности всех технологических потоков в регионе $\max \Pi$ (или минимума среднего цикла линий $\min t_d$), максимума стоимости товарной продукции $\max T$, максимума расчетной прибыли $\max Pr$.

Первый критерий оценивает технологическую сторону системы связей предприятий, второй — транспортную, остальные — общую эффективность.

В общем случае задача распределения объемов раскряжевки хлыстов в регионе является многокритериальной с векторным критерием

$$\mathcal{E} = (\min Z_{np}, \max \Pi, \max T, \max Pr). \quad (2)$$

Решали ее методами лексикографическим и последовательных уступок, когда каждому частному критерию в выражении (2) назначают соответствующие уступки $\delta_z, \delta_\Pi, \delta_T, \delta_{Pr}$. При первом методе расчеты частные критерии строго упорядочивали по важности, и оптимальное решение U достигалось при приближении к экстремуму критериев $\min Z_{np}$ или $\max T$ за счет любого удаления остальных критериев от экстремумов.

При втором методе последовательность решения следующая: находят

$$\begin{aligned} & \max \Pi(U); \\ & \min Z_{np}(U); \Pi(U) \geq \max \Pi - \delta_\Pi; \\ & \max T(U); \Pi(U) \geq \max \Pi - \delta_\Pi; Z_{np}(U) \leq \min Z_{np} + \delta_z; \\ & \max Pr(U); \Pi(U) \geq \max \Pi - \delta_\Pi; Z_{np}(U) \leq \min Z_{np} + \delta_z; \\ & T(U) \geq \max T - \delta_T. \end{aligned} \quad (3)$$

Величины уступок $\delta_z, \delta_\Pi, \delta_T, \delta_{Pr}$ назначают на основании результатов взаимосвязи частных критериев.

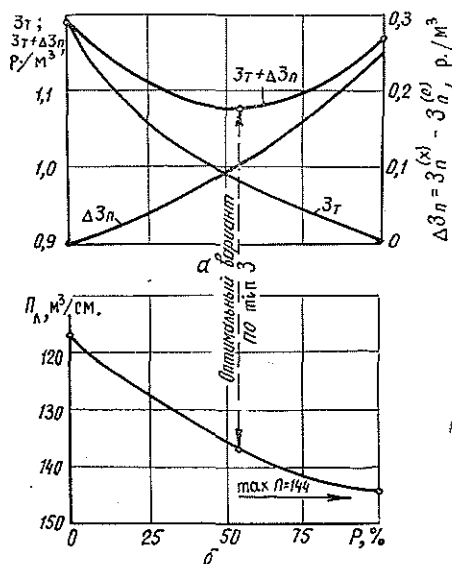
Задача распределения объемов раскряжевки хлыстов в предприятиях региона по критерию $\min Z_{np}$ является многопродуктовой производственно-транспортного типа [6], целевая функция которой имеет вид:

$$\begin{aligned} Z_{np} = & \sum_{i=1}^n Z_{в}^{(x)} + \sum_{j=1}^{n_x} \sum_{k=1}^{l_x} Z_{п}^{(x)} Q_2 L_{ж} + \sum_{i=1}^{n_c} Z_{т}^{(n)} Q_1 + \\ & + \sum_{r=1}^{l_x} Z_{т}^{(c)} (Q_1 + Q_2) + \sum_{п=1}^{n+l} Z_{п}^{(c)} \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (4)$$

- где $Z_B^{(x)}$ — общие транспортные затраты на вывозку хлыстов;
 $Z_H^{(x)}$ — удельные транспортные затраты на поставку хлыстов
 ДОКам, р./м³;
 $L_{ж}$ — расстояние поставки хлыстов, км;
 $Z_T^{(n)}$, $Z_T^{(c)}$ — удельные производственные затраты на раскряжевку хлы-
 стов и выпуск круглых лесоматериалов соответственно на
 нижних складах ЛПХ и складах сырья ДОКов;
 $Z_H^{(c)}$ — общие транспортные расходы на поставку круглых сор-
 тиментов деревообрабатывающим предприятиям и дру-
 гим потребителям в данном регионе, р./м³.

Изменение критерия $Z_{пр}$ по вариантам организации раскряжевki хлыстов в регионе вызывается увеличением транспортных затрат при поставке в ДОКИ хлыстов вместо сортиментов и снижением суммарных

Рис. 1. Графики зависимости экономических показателей и производительности линий в регионе от объема грузовой работы транспорта на поставке хлыстов в ДОКи.



производственных затрат на лесных складах региона. Транспортные затраты на перевозку хлыстов по железным дорогам на расстояние 200—400 км больше затрат на перевозку круглых сортиментов на 11—24 к./м³. Эксплуатационные затраты на раскряжевку хлыстов на складах сырья ДОКов сокращаются по сравнению с затратами на нижних складах на 3—4 к./м³, снижаются объемы сортировочных, штабелевочных и погрузочных работ, а эксплуатационные затраты на них уменьшаются на 18—20 к./м³ [5]. Поэтому по критерию $\min Z_{пр}$ с ростом объема отгружаемых неиспользуемых в ДОКах сортиментов сокращается допустимое расстояние поставки хлыстов. При прочих равных показателях (производительность линий, стоимость товарной продукции) с уменьшением доли отгружаемых из ДОКов сортиментов с 25 до 5% допустимое расстояние поставки хлыстов увеличивается с 400 до 600—700 км [5].

На рис. 1, а даны графики зависимости удельных эксплуатационных затрат на раскряжевку хлыстов Z_T , увеличения транспортных затрат ΔZ_H и изменяющейся по вариантам части суммарных затрат ($Z_T + \Delta Z_H$) от величины обеспечения ДОКов пиловочным сырьем за счет собственной раскряжевki хлыстов по отношению к общей потребности в пиловочнике P . Расчет выполнен для условий Урала; оптимальный по критерию $\min Z$ вариант соответствует $P = 50\%$.

Целевая функция оптимизации распределения объемов раскряжевki хлыстов в предприятиях лесопромышленного региона по критерию $\min t_1$ имеет вид

$$t_{\pi} = \frac{\sum^{n_x} t_1 \left(\frac{Q_1}{q_1} \right) + \sum^{l_x} t_2 \left(\frac{Q_2}{q_2} \right) + \sum^{n_x + l_x} t_3 \left(\frac{Q_3}{q_3} \right)}{\sum^{n_x} \left(\frac{Q_1}{q_1} \right) + \sum^{l_x} \left(\frac{Q_2}{q_2} \right) + \sum^{n_x + l_x} \left(\frac{Q_3}{q_3} \right)} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Здесь t_1, t_2, t_3 — средние циклы линий соответственно на нижних складах ЛПХ (на раскряжевке смешанных хлыстов), складах сырья ДОКов (на раскряжевке хвойных хлыстов) и на остальных линиях (на раскряжевке лиственных хлыстов);

q_1, q_2, q_3 — средние объемы хлыстов в соответствующих группах предприятий.

Изменение критерия t_{π} (и Π) по вариантам организации раскряжевки хлыстов в регионе происходит из-за повышения производительности линий на раскряжевке хвойных хлыстов на складах сырья ДОКов, снижения производительности линий на раскряжевке лиственных хлыстов и уменьшения числа линий (нижних складов), обрабатывающих неподсортированный лес.

Таблица 1

Основные зависимости между технологическими параметрами линий раскряжевки хлыстов (для условий Среднего Урала)

Зависимости	Номер формулы
Число бревен из хлыста: хвойного	
$n_6 = 5,46q^{0,26};$	(7)
лиственного	
$n_6 = 8,92q^{0,43}.$	
Циклы раскряжевочных установок: для ПЛХ-ЗАС $t_p = 10,6 + 21,1q + 6,31n_6;$ для ЛО-15С $t_p = 16,6 + 28q + 2,23n_6;$ для ЛО-68 $t_p = 18,4 + 30,3q + 1,11n_6.$	(8)
Изменение коэффициентов v и K : для машин поштучной подачи хлыстов на раскряжевку $v_n = 0,527 + 4,11/t_n; K = 0,648t_n^{0,105};$	(9)
для раскряжевочных установок $v_p = 0,738 - 0,012t_p + 0,81 \cdot 10^{-4} t_p^2;$ $K = 0,556 + 0,48 \cdot 10^{-2} t_p - 0,33 \cdot 10^{-4} t_p^2.$	(10)
Наложенные простои: $\tau_{\sigma}^{(n)} = t_r \left(-0,238 - \frac{0,146}{t_r/t_n} + \frac{0,391}{t_r/t_n} + 0,172v_n + 0,256v_p \right);$	(11)
$\tau_{\sigma}^{(rc)} = t_r \left(-0,388 + \frac{0,212}{V} + \frac{0,0404}{V^2} - 83,8 \cdot 10^{-4} l + \frac{2,17}{t_r} \right)$	(12)
(здесь l — средняя длина бревен, V — скорость тягового органа транспортного средства); $\tau_{\phi}^{(rc)} = 0,943 + \frac{712}{t_r}, \%$	(13)

Таблица 2

Расчет циклов t_n и производительности линий \bar{P}_n в лесопромышленном регионе (Средний Урал, $q = 0,35 \text{ м}^3$)

Часть хлыстов поставляется в ДОК		Рациональный вариант распределения объемов раскряжевки леса			Все ДОК снабжаются только хлыстами (хвойные хлысты на 53 линиях и лиственные на 25)
		Хлысты в ДОКах			
Все хлысты раскряжевываются в ЛПХ на 137 линиях	Хлысты в ЛПХ на 89 линиях	хвойные на 32 линиях	лиственные (и в ЛПХ) на 16 линиях		
1	2	3	4	5	
$n_6 = 4,6$ $t_n = \frac{137 \left(t_l \frac{Q_l}{q_l} \right)}{\sum \left(\frac{Q_l}{q_l} \right)} = 59c$ $\bar{P}_n = 118 \text{ м}^3$	$n_6 = 4,5$ $t_1 = \frac{89 \left(t_l \frac{Q_{2l}}{q_{2l}} \right)}{\sum \left(\frac{Q_{2l}}{q_{2l}} \right)} = 60c$ $\bar{P}_n = 116 \text{ м}^3$	$n_6 = 4,2$ $t_2 = \frac{32 \left(t_l \frac{Q_{2l}}{q_{2l}} \right)}{\sum \left(\frac{Q_{2l}}{q_{2l}} \right)} = 40c$ $\bar{P}_n = 176 \text{ м}^3$	$n_6 = 5,6$ $t_3 = \frac{16 \left(t_l \frac{Q_{3l}}{q_{3l}} \right)}{\sum \left(\frac{Q_{3l}}{q_{3l}} \right)} = 56c$ $\bar{P}_n = 122 \text{ м}^3$	$t = \frac{53 \left(t_l \frac{Q_{2l}}{q_{2l}} \right) + 25 \left(t_l \frac{Q_{3l}}{q_{3l}} \right)}{\sum \left(\frac{Q_{2l}}{q_{2l}} \right) + \sum \left(\frac{Q_{3l}}{q_{3l}} \right)} = 48c$ $\bar{P}_n = 144 \text{ м}^3$	
	$\bar{P}_n = \frac{116 \cdot 89 + 176 \cdot 32 + 122 \cdot 16}{137} = 130 \text{ м}^3$				

Циклы линий определяют по циклу головной машины — раскряжевочной установки t_p с наложенными простоями от всех других машин из-за отказов $\tau_{от}$, из-за вариации значений циклов τ_v и функциональных простоев τ_{ϕ} [4]:

$$t_n = t_p(q, n_6) + \Sigma(\tau_{от_i}(t_i, K_i)) + \Sigma(\tau_v(t_i, v_i)) + \Sigma\tau_{\phi}. \quad (6)$$

Основные установленные для условий Среднего Урала [2, 4] корреляционные зависимости: числа бревен из одного хлыста от среднего объема q , циклов раскряжевочных установок от q и n_6 , коэффициентов вариации циклов v и технического использования K от средних величин циклов t , наложенных простоев раскряжевочных установок τ_v и τ_{ϕ} даны в табл. 1.

Установлено, что вероятностный характер циклов машин определяется технологической сущностью операций. С уменьшением средней величины циклов увеличивается коэффициент вариации v и изменяется коэффициент технического использования K .

Расчет циклов t_n и производительности линий Π_n для производственных условий Среднего Урала приведен в табл. 2, график зависимости Π_n от относительной величины P дан на рис. 1, б. Максимальная производительность линий в регионе может быть достигнута, когда все ДОКи обеспечиваются пиловочным сырьем за счет собственной раскряжевки хлыстов (графа 5 в табл. 2). На Среднем Урале критерий $\max \Pi = 144 \text{ м}^3/\text{см.}$, удельные приведенные затраты при этом варианте отличаются от критерия $\min Z_{пр}$ на 8—10 %.

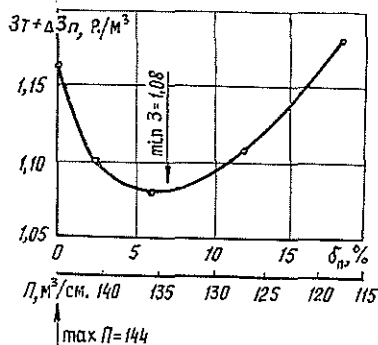


Рис. 2. График зависимости суммарных приведенных затрат от величины уступок критерию максимума производительности линий.

На рис. 2 дан график зависимости изменяющейся части суммарных затрат от величины уступок по критерию $\max \Pi$. Участком графика, где уступки $\delta_{п}$ уже не оказывают существенного влияния на критерий $\min Z_{пр}$, является интервал $\delta_{п} = 3 \dots 5 \%$; величины уступок $\delta_{з} =$

в этом случае равны 2—3 %. При увеличении мощности ДОКов и возрастании грузовой работы железнодорожного транспорта по поставке хлыстов величины уступок увеличиваются до $\delta_{п} = 7 \dots 10 \%$, $\delta_{з} = 5 \dots 7 \%$.

Критерий $\max T$ в (2) позволяет измерять глубину использования древесного сырья, учитывать качество хлыстов и сортиментов. Критерий $\max \Pi_{р}$ наиболее полно отражает эффективность использования древесины. При увеличении стоимости товарной продукции от раскряжевки леса в ДОКах на 20 % допустимые расстояния поставки хлыстов достигают 900—1000 км.

На основе анализа векторного критерия (2) установлены следующие главные определяющие факторы рационального распределения объемов раскряжевки хлыстов в предприятиях региона:

отношение суммарного объема переработки пиловочника в регионе к общему объему его производства (например, на Среднем Урале 3,4 и 5,5 млн м^3 соответственно) a_1 (%);

относительная мощность ДОКов к общему объему переработки пиловочника в регионе (на Среднем Урале 2,3 и 3,4 млн. м³ соответственно) a_2 (%);

отношение средних мощностей лесопильных цехов на нижних складах ЛПХ и складах сырья ДОКов (на Среднем Урале 130 и 290 тыс. м³ соответственно) a_3 (%);

ряд параметров схем размещения предприятий в регионе.

Корреляционная зависимость оптимального объема поставки хлыстов в ДОКи $Q_x^{(a)}$ (%) от общего объема заготовки леса в регионе) имеет вид

$$Q_x^{(a)} = 17,4 + 0,31a_1 + 0,003a_2 - 10,9 \lg a_3. \quad (14)$$

Рациональные объемы поставки хлыстов в ДОКи в долях от их потребности в пиловочном сырье составляют для производственных условий основных лесопромышленных регионов страны от 35 (Тюменьлеспром) до 65 % (Кировлеспром).

Установлено, что система транспортно-технологических связей лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий Среднего Урала должна предусматривать обработку хлыстов в объеме 70—75 % на нижних складах лесозаготовительных предприятий и 20—25 % хлыстов должны поставляться по железным дорогам на склады сырья деревообрабатывающих предприятий.

Таким образом, транспортно-технологическое обоснование рационального распределения объемов раскряжевки хлыстов в предприятиях лесопромышленного региона заключается в:

оптимизации системы связей предприятий по минимуму суммарных приведенных затрат (выражение (4));

определении варианта системы связей предприятий, соответствующего максимальной средней производительности линий в регионе (выражение (5));

определении величины уступок частным критериям оптимизации;

нахождении варианта распределения объемов раскряжевки хлыстов в регионе, соответствующего этим уступкам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лебедев Ю. В. Анализ работы кранов на нижних складах. — Лесн. пром-сть, 1976, № 8, с. 29—31. [2]. Лебедев Ю. В. Оптимизация взаимодействия оборудования в лесоскладских технологических линиях. — Механизация и автоматизация производства, 1978, № 10, с. 36—39. [3]. Лебедев Ю. В. Выбор оптимального варианта при проектировании лесообрабатывающих линий. — Межвуз. сб. науч. тр./ ЛТА, 1979, вып. 8, с. 72—76. [4]. Лебедев Ю. В. Расчет производительности оборудования на стадии проектирования. — Лесн. пром-сть, 1979, № 4, с. 21—22. [5]. Лебедев Ю. В., Жуков Г. Д. Обоснование технологии пунктов первичной обработки леса. — В кн.: Механизация лесоразработок и транспорт леса, Минск, 1979, вып. 9, с. 13—17. [6]. Оптимальный план отрасли/ Под ред. И. Я. Бирмана. — М.: Экономика, 1970. — 431 с.

Поступила 2 января 1985 г.

УДК 630*378.33

ЦЕНТР МАСС И ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ ПУЧКОВ ИЗ ХЛЫСТОВ И ПОЛУХЛЫСТОВ

С. В. ПУНАНОВ, В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

За последние годы значительное развитие получил перспективный вид транспорта древесины в плотках из хлыстовых пучков. Для рациональной эксплуатации существующих и конструирования новых меха-