

УДК 630.377

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ
НА ОСНОВЕ МИНИМИЗАЦИИ ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ

С. И. Сушков (ВГЛТА), О. Н. Бурмистрова (УГТУ)

Оптимизация транспортно-грузовых процессов ведёт к минимизации общих затрат труда, необходимых для реализации планируемого объема перевозок при существующей дорожной сети лесопромышленного предприятия. Если принятые на какой-то определенной период времени цены адекватно отражают общие затраты труда, необходимого для выполнения задания вывозки древесины, роль критерия оптимизации будут выполнять минимальные затраты на выполнение названной операции. Эти затраты в общем виде являются суммой четырех составляющих: эксплуатационные расходы на транспортировку (перевозку), включающие стоимость израсходованных в период выполнения конкретного задания ценностей (бензин, масла и т. д.); амортизация и приведенные капиталовложения в использованные транспортные средства; отчисления от стоимости оборотных средств, связанных с транспортировкой (перевозкой) древесины; амортизация и приведенные капиталовложения в погрузочно-разгрузочные устройства [1].

Стремление к снижению первой составляющей затрат влияет на выбор типа подвижного состава и сокращение так называемых порожних пробегов. Стремление к снижению второй составляющей ведет к уменьшению количества единиц подвижного состава, привлеченного к выполнению задания по вывозке, и к выбору наиболее экономичных единиц. Стремление к минимизации третьей составляющей влияет на уменьшение количества (объема) древесины, т. е. груза, находящегося в процессе транспортировки за счет увеличения скорости движения и сокращения маршрутов вывозки древесного сырья (хлыстов, деревьев и т. д.). И, наконец, стремление к минимизации четвертой составляющей ведет к уменьшению количества погрузочных средств на лесосеке, к увеличению коэффициента использования разгрузочно-погрузочных средств на лесном складе и к выбору наиболее экономичных погрузочно-разгрузочных машин и механизмов. Разумеется, влияние отдельных составляющих зависит от доли их в общих затратах и является функцией цен на горюче-смазочные материалы, подвижной состав, погрузочно-разгрузочные устройства и груз (древесину).

При определении методов решения оптимизации данных связей, необходимо решить следующие задачи:

- определение цели и анализ задачи оптимизации;
- разработка математических моделей системы транспортно-грузовых процессов;
- обоснование и выбор критериев оптимизации;
- выбор методов оптимизации.

Система транспортно-грузовых процессов состоит из производств m типов (леспромхозы, лесокомбинаты, производственные объединения и др.), каждое из которых состоит из N_{np} участков, характеризуемых производственными параметрами p и экономическими параметрами ε , может реализоваться по различным вариантам при соответствующей организации работ, характеризуемой параметрами w . По каждому направлению на расстояния l могут перевозиться $N_{г}$ видов лесных грузов (хлысты смешанные или рассортированные по размерно-качественным параметрам, объёмы низкокачественной древесины, различные лесоматериалы и другая продукция) объемами Q на N_a типах транспортных средств.

На систему транспортных связей предприятий, кроме главных транспортных параметров влияют и технологические параметры распределения объемов погрузки, транспортировки, выгрузки и обработки леса по различным предприятиям региона.

Каждый вариант системы транспортно-грузовых связей предприятий осуществляется при определенных величинах параметров транспортных схем l и потоков лесных грузов λ . Система транспортных связей, осуществляемая с помощью транспортных средств с параметрами a при эксплуатационных параметрах машин V и структурно-компоновочных параметров линий p , реализуется с определенной эффективностью, характеризуемой критериями оптимизации.

Задача заключается в том, чтобы среди допустимых значений транспортно-грузовых параметров с учетом влияния существенных технологических параметров и всех остальных групп параметров: e , λ , w , v , p найти такие их значения при определенных величинах параметров транспортных средств a , которые при заданных значениях независимых производственных параметров g и фиксированных величинах зависимых экономических параметров обусловят экстремальные значения критериев оптимизации.

Исходя из общей постановки оптимизации транспортных связей лесопромышленных предприятий, учитывая их развитие, сформулированы отдельные частные задачи:

- определение специализации транспортно-грузовых потоков лесопродукции;

– определение оптимальных объемов поставки лесоматериалов поставляемых на лесопромышленные и деревообрабатывающие предприятия с учётом полной переработки доступных ресурсов низкокачественной древесины.

При выборе экономических критериев оптимизации исходим из следующих положений. Главная цель оптимизации региональных транспортных связей предприятий – найти наиболее эффективное решение, предусматривающее рациональное распределение объемов вывозки и обработки лесоматериалов и максимальную эффективность использования производственных мощностей при условии повышения уровня комплексного переработки древесины во всех предприятиях региона. Согласно этого формулируется основной критерий оптимизации системы региональных транспортных связей лесопромышленных предприятий – их функционирование с наименьшими трудовыми и денежными затратами по всему транспортно-грузовому процессу. Поэтому основным критерием оптимизации считаем минимум приведенных затрат $\min Z_{np}$.

Для оценки отдельных сторон эффективности системы транспортно-грузовых процессов лесопромышленных предприятий вводятся дополнительные критерии, не входящие в противоречие с главным. Так, для оценки влияния изменения ассортимента выпускаемой продукции, степени использования древесного сырья, в систему связей предприятий вводится показатель – максимум расчетной прибыли $\max P_p$. Целью оценки общей эффективности системы связей предприятий введен критерий – максимум товарной продукции – $\max T$. Для оценки влияния дорожно-транспортных условий – минимум грузовой работы лесовозного транспорта – $\min R$, минимум задержек транспортных средств – $\min \Sigma \tau_z$ при взаимодействии на дорогах различных транспортно-грузовых потоков и др.

Для оценки влияния технологических факторов на систему транспортных связей лесопромышленных предприятий вводятся показатели: максимум производительности технологических потоков $\max P_{\text{л}}$, минимум цикла линии $\min t_{\text{л}}$, минимум простоев машин $\min \Sigma \tau_{np}$. Векторный критерий оптимизации будет иметь вид:

$$\mathcal{E} = (\min Z_{np}, \max P_p, \max T, \min R, \min \Sigma \tau_z, \max P_{\text{л}}, \min \Sigma \tau_{np}, \min t_{\text{л}}).$$

Суммарные приведенные затраты на систему региональных транспортных связей лесопромышленных предприятий и соответствующие технологические операции, существенно влияющие на транспортные связи, в общем виде равны

$$\begin{aligned}
 & Z_{np} \left(\sum_{u=1}^m \sum_{j=1}^{N_{np}} \sum_{i=1}^{N_2} \sum_{\kappa=1}^{N_q} Q_{ujik} L_j Z_{ujik}^{mp} + \sum_{u=1}^m \sum_{v=1}^{N_1} \sum_{w=1}^{N_2} \sum_{i=1}^{N_2} \sum_{k=1}^{N_q} Q_{uvwik} L_{vw} Z_{uvwik}^{mp} + \right. \\
 & \left. + \sum_{u=1}^m \sum_{j=1}^{N_{np}} \sum_{i=1}^{N_2} Q_{uji} Z_{uji}^{me} \right) \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

Основными составляющими транспортно-грузового процесса лесопромышленного производства, от которых зависит и в первую очередь эффективность его функционирования, являются транспортные средства и подъемно-транспортные устройства (ПТУ). В связи с этим, улучшение работы ПТУ путем перевода их на систему автоматизированного группового управления (САГУ), безусловно, будет отражаться на работе всей транспортно-грузовой системы предприятия, т. е. повышении производительности ПТУ значительно повысит интенсивность обслуживания ими транспортных средств. Предварительную оценку эффективности оптимизации транспортно-грузового процесса за счет внедрения ПТУ, можно произвести установлением оптимального значения коэффициента загрузки процесса или коэффициента использования ПТУ по времени. Известно, что из-за специфических особенностей предмета труда (дерево, хлыст и т. д.), продолжительность выполнения грузовых операций с каждой транспортной единицей в условиях лесопромышленного производства зависит от рода груза, способа и качества погрузки его на подвижный состав, типа самой транспортной машины и является величиной стохастической. Если обозначить, например, интенсивность прибытия лесовозного транспорта на нижний склад предприятия в единицу времени как λ , а интенсивность обслуживания его погрузочно-разгрузочным устройством μ , то коэффициент загрузки (использования) ПТУ α , представляет собой отношение:

$$\alpha = \lambda / \mu.$$

Надо отметить, что $\alpha < 1$, так как в противном случае в стохастическом транспортно-грузовом процессе стационарное состояние всей системы не существует. Параметр (показатель) α характеризует, прежде всего, степень использования ПТУ по времени, т. е. представляет собой долю времени, в течение которого ПТУ занято выполнением грузовых операций. Величина α оказывает большое влияние на экономическую сторону (эффективность) транспортно-грузовых процессов лесопромышленных производств. С увеличением α со-

крашаются издержки от простоя ПТУ, но резко увеличиваются издержки от простоя транспортных средств в ожидании начала грузовых операций и наоборот [2].

Основные результаты анализа циклов машин в зависимости от конкретных производственных условий предприятий сведены в таблицу 1.

Установлены корреляционные зависимости длительности циклов раскряжевки хлыстов t_p от их объемов q_x и числа сортиментов из одного хлыста n_c . Величины коэффициентов корреляции между t_p , q_x и n_c находятся в пределах 0,584-0,878. Частные коэффициенты корреляции между t_p и q_x наблюдаются при постоянном значении n_c 0,374-0,756. Сводные коэффициенты корреляции достаточно велики и свидетельствуют о наличии линейной связи между t_p , q_x и n_c .

Установлено, что с уменьшением средней величины циклов машин увеличивается вариация циклов и изменяется коэффициент технического использования машин. Возрастание коэффициента V с уменьшением среднего значения циклов подачи t_n объясняется увеличением доли поправочных операций в общем цикле подачи. Изменение коэффициента K_{mex} с уменьшением t_n вызывается увеличением интенсивности работы отдельных механических, электрических и гидравлических элементов машин. Число их срабатываний и включений в единицу времени при уменьшении t_n возрастает и увеличивается вероятность отказов. Для устранения этого явления необходимо принимать специальные меры по сохранению и увеличению надежности машин при их усложнении в связи с увеличением производительности.

Увеличение значения коэффициента V с уменьшением среднего значения цикла раскряжевки t_n объясняется снижением доли таких относительно постоянных элементов циклов, как прижим хлыста, оценка его качества и заказ длины сортимента, и увеличением доли таких случайных значений элементов, как распиловка, подача хлыста на длину сортимента. Зависимость $K_{mex} = f(t_n)$ объясняется тем, что вызываемое сокращением среднего рабочего цикла усложнение машин недостаточно обеспечивается специальными мерами по сохранению и увеличению их надежности. Трудность обеспечения нужного уровня надежности машин усугубляется режимами их эксплуатации на лесных складах.

Наиболее полно и достаточно глубоко уровень оптимизации транспортно-грузовых процессов лесопромышленных производств будет отражать коэффициент эффективности, представляющий собой отношение затрат, связанных с удовлетворением потребностей предприятия в перевозках лесных грузов к фактическим затратам.

Таблица 1 – Зависимости параметров технологических операций от параметров потока лесоматериалов

Операция	Характеристика операций	Описание операций	Операция и тип машины	Параметры		Объем наблюдений	Описание операций
				Длина, м	Диаметр, см		
Разгрузка автопоездов и подача леса на обработку	Большая вариация распределений операций набора, перемещения пачек леса Малая вариация распределений операций поддона, опускания пачек леса	Логнормальное распределение $f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\log t - \mu)^2\right]$ Гамма-распределение $f(t) = \frac{\mu^2}{\Gamma(\eta)} t^{\eta-1} \exp(-\mu t)$	Окорка лесоматериалов ЛО-23 ЛО-24 ОК-35 ОД-1 ОК-63 ОК-66	1...3	8...28	236	Гамма распределение $V = 0,442 + \frac{5,38}{\bar{t}}$ $K_{max} = 0,563(\bar{t})^{0,146}$
				4...6 1,5...3 1...3 4,5...6	14...30 8...32 10...26 12...48	238 367 183 459	
Очистка деревьев от сучьев	V = 0,30-0,40 Существенная зависимость $t_0(d)$	Гамма-распределение $f(t) = \frac{\mu^2}{\Gamma(\eta)} t^{\eta-1} \exp(-\mu t)$ Береза: $t_0 = 0,026d + 0,027d^2$ Ель: $t_0 = 0,96d^{0,42} + e^{0,05d}$	Разделка долготья АЦ-1; ЦБ-4	3-4,5	12-26	192	Гамма-распределение $V = 0,614 - 0,105\bar{t} + 0,73 \cdot 10^{-4}\bar{t}^2$ $K_{max} = 0,59 - 0,48 \times 10^{-3}\bar{t} - 0,29 \cdot 10^{-4}\bar{t}^2$
Подача хлыстов на раскряжевку	Наибольшая вариация циклов	Раскалывание лесоматериалов КЦ-5; КЦ-7 ГК-5 ЛО-46	1-1,2 0,5-1 1-1,2 0,5-1,5	28-60 42-80 36-64 32-48	367 312 276 183	Логнормальное распределение Логнормальное распределение $V = 0,442 + \frac{5,38}{\bar{t}}$ $K_{max} = 0,69(\bar{t})^{0,22}$	

Примечание. V_p , V_p – коэффициенты вариации циклов; $K_{max}^{(p)}$, $K_{max}^{(p)}$ – коэффициенты технического использования механизмов; t_0 , t_0 – средние значения циклов; ΣT_{np} – суммарные простои линии

Задача измерения эффективности оптимизации транспортно-грузового процесса сводится к определению необходимых ресурсов для достижения цели, поставленной на определенном иерархическом уровне управления, и измерению объема использованных ресурсов, выделяемых для этой цели. На основе сопоставления фактических затрат с оптимальными можно определить степень эффективности одного варианта организации транспортно-грузового процесса в сравнении с другими вариантами.

Комплексный подход к установлению коэффициента эффективности оптимизации транспортно-грузовых процессов является синтетическим показателем, обладающим большой емкостью. Он позволяет оценивать и анализировать влияние условий организации вывозки древесины на эффективность транспортно-грузового процесса, учитывать не только эффективность использования подвижного состава и ПТУ, но и количество перевезенного груза, своевременность его доставки, степень потерь и повреждения при его транспортировке, рациональность вывозки древесины и рациональность эксплуатируемого подвижного состава, и другие факторы. Таким образом, оценка эффективности оптимизации транспортно-грузового процесса связана с определением рациональных значений его параметров с учетом фактических затрат, связанных с выполнением данного транспортно-грузового процесса.

Библиографический список

1 Нахаев, З. Н. Выбор кратчайших сетевых расстояний перевозок лесоматериалов по лесовозным автодорогам [Текст] / З. Н. Нахаев, А. С. Сушков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2008 – № 4. – С. 69-70.

2 Т. Кормен, Ч. Лейзерсен, Р. Ривест. Алгоритмы: построение и анализ / Пер. с англ. под ред. А. Шеня. – М. : МЦНМО : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 2-е изд., стереотип. – 960 с.