

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*375.5.004.15

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ПОЕЗДА

Г. Ф. ГРЕХОВ, Э. О. САЛМИНЕН

Ленинградская лесотехническая академия

На вывозке древесины в лесозаготовительных предприятиях используют легкие автомобили грузоподъемностью до 5 т (ЗИЛ-131, «Урал-375»), средние грузоподъемностью от 5 до 8 т («Урал-377Н», «Урал-43204», МАЗ-509А, МАЗ-5434) и тяжелые грузоподъемностью 8 т и более (КрАЗ-255Л, КрАЗ-260Л, КрАЗ-6437, КрАЗ-258, КамАЗ-5320, КамАЗ-53212). Легкие автомобили имеют низкую производительность, а тяжелые, как правило, требуют более прочных дорог и больших затрат на их содержание и ремонт, поэтому выбор оптимального типа автопоезда является актуальной технической и экономической задачей.

Задача сводится к выбору из общего списка автопоездов J автопоезда j , $j \in J$, обеспечивающего минимальные затраты при максимальной производительности.

При сравнении и выборе транспортных средств для вывозки древесины в качестве критерия оптимальности чаще всего используют приведенные затраты, отнесенные в 1 м³ вывозимой древесины, т. е. задача заключается в определении экстремального значения целевой функции

$$R_j = c_j + k_j E \rightarrow \min, \tag{1}$$

где R_j — приведенные затраты на 1 м³ вывезенной древесины при j -м типе автопоезда, р.;

c_j — себестоимость вывозки 1 м³ древесины при том же автопоезде, р.;

k_j — удельные капиталовложения на дороги и подвижной состав, р./м³;

E — нормативный коэффициент эффективности, для транспорта принимают равным 0,15.

При выборе типа автопоезда следует учесть ограничения по:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{капитальным вложениям} & k \leq k_{\text{норм}}; \\ \text{расходу топлива} & G \leq G_{\text{норм}}; \\ \text{трудозатратам} & T \leq T_{\text{норм}}; \\ \text{металлоемкости} & M \leq M_{\text{норм}}; \end{array} \right\} \tag{2}$$

где $k_{\text{норм}}$, $G_{\text{норм}}$, $T_{\text{норм}}$, $M_{\text{норм}}$ — нормативные показатели на 1 м³ вывозимой древесины.

В общем случае могут быть и другие ограничения.

Формулы (1) и (2) представляют собой математическую модель задачи по выбору оптимального автопоезда. Для практического использования функцию (1) следует представить в развернутом виде.

Себестоимость вывозки 1 м³ древесины

$$c_j = (x_{дорj} + x_{трj}) K_{пр} K_p, \quad (3)$$

где $x_{дорj}$, $x_{трj}$ — дорожная и транспортная составляющие себестоимости вывозки древесины, р./м³;
 $K_{пр}$ — коэффициент, учитывающий накладные расходы;
 K_p — районный коэффициент.

Дорожная составляющая себестоимости

$$x_{дорj} = \frac{\{0,01p(c_{mj}L_m + c_{vj}L_v + c_{yj}L_y) + B_{mj}L_{мэ} + B_{vj}L_v + B_{yj}L_y\}}{Q_r}, \quad (4)$$

где p — средневзвешенный процент годовых амортизационных отчислений;
 c_{mj} , c_{vj} , c_{yj} — стоимость строительства 1 км магистрали, ветки и уса, р./км;
 L_m , L_v — протяженность магистралей и веток в ЛЗП, км;
 L_y — протяженность усов в расчетном году, км;
 B_{mj} , B_{vj} , B_{yj} — стоимость годовичного содержания и ремонтов 1 км магистрали, ветки и уса, р./км;
 $L_{мэ}$, $L_{вэ}$ — эксплуатационная длина магистрали и веток в расчетном году, км;
 Q_r — годовой грузооборот дороги, м³.

Транспортная составляющая

$$x_{трj} = D_j / P_j, \quad (5)$$

где D_j — стоимость машино-смены лесовозного автопоезда, р.;

P_j — производительность автопоезда в смену.

Значение P_j находят по формуле

$$P_j = \frac{[F_{kj} - (P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g i_{рj})](T - t_{пз}) K_v v_{срj}}{(33,3 l_{ср} + v_{срj} |\Sigma t|_j)(\omega_j + g i_{рj}) \gamma_0}, \quad (6)$$

где F_{kj} — расчетная касательная сила тяги, Н;
 P_{aj} , $P_{прj}$ — масса автомобиля и прицепного состава, т;
 ω_j — основное удельное сопротивление движению автопоезда, Н/т;
 $i_{рj}$ — руководящий уклон, ‰;
 T — продолжительность рабочей смены, мин;
 $t_{пз}$ — подготовительно-заключительное время, мин;
 K_v — коэффициент использования рабочего времени;
 $v_{срj}$ — средняя скорость движения автопоезда, м/с;
 $l_{ср}$ — среднее расстояние вывозки древесины, км;
 $|\Sigma t|_j$ — время простоев автопоезда в течение рейса, мин;
 γ_0 — объемная масса древесины, т/м³.

Удельные капиталовложения

$$k_j = \frac{c_{mj}L_m + c_{vj}L_v + c_{yj}L_y + S_{aj}N_{aj} + S_{прj}N_{прj}}{Q_r}, \quad (7)$$

где S_{aj} — стоимость лесовозного автомобиля, р.;

N_{aj} , $N_{прj}$ — списочное число автомобилей и прицепного состава, необходимое для выполнения годового грузооборота дороги;

$S_{прj}$ — стоимость единицы прицепного состава, р.

Списочное число автомобилей

$$N_{aj} = \frac{Q_r K_n}{A_j Z_j \mu_{тр}} \left(\frac{1}{\mu_{тр}} + \delta \right), \quad (8)$$

где K_n — коэффициент неравномерности вывозки;
 A_j — число рабочих дней в году;
 Z_j — число рабочих смен в сутках;
 $\mu_{тр}$ — коэффициент технической готовности автопарка;
 δ — коэффициент, учитывающий резервные автомобили.

Подставив в формулу (1) значения c и k , приравняв $N_{пр} = nN_a$ (где n — число единиц прицепного состава на один автомобиль), выполнив соответствующие преобразования и введя ограничения, получим математическую модель для выбора оптимального автопоезда в развернутом виде:

$$R_j = \frac{(E + 0,01 p K_{пр} K_p)(c_{mj} L_m + c_{vj} L_v + c_{yj} L_y) + K_{пр} K_p (B_{mj} L_{mэ} + B_{vj} L_v + B_{yj} L_y)}{Q_r} +$$

$$+ \frac{(33,3 l_{ср} + v_{ср j} | \Sigma t | j)(\omega_j + g i_{pj}) \gamma_0}{[F_{kj} - (P_{aj} + P_{пр j})(\omega_j + g i_{pj})](T - t_{пз}) K_v v_{ср j}} \left[D_j K_{пр} K_p + \right.$$

$$\left. + \frac{E K_n (1 + \mu_{тр} \delta)(S_{aj} + n S_{пр j})}{A_j Z_j \mu_{тр}} \right];$$

$$F_{kj} \leq 10^4 P_{сц \varphi};$$

$$\frac{F_{kj} - (P_{aj} + P_{пр j})(\omega_j + g i_{pj})}{\omega_j + g i_{pj}} \leq q_{aj} + q_{пр j};$$

$$k_j = \frac{c_{mj} L_m + c_{vj} L_v + c_{yj} L_y + S_{aj} N_{aj} + S_{пр j} N_{пр j}}{Q_r} \leq K_{норм};$$

$$G_j = 0,01 \left[\frac{2 H_j l_{ср} (1 + | \Sigma k | j)(\omega_j + g i_{pj})}{F_{kj} - (P_{aj} + P_{пр j})(\omega_j + g i_{pj})} + H_{wj} \right] \gamma \gamma_0 = G_{норм};$$

$$T_j = \frac{(33,3 l_{ср} + v_{ср j} | \Sigma t | j)(\omega_j + g i_{pj}) \gamma_0}{[F_{kj} - (P_{aj} + P_{пр j})(\omega_j + g i_{pj})](T - t_{пз}) K_v v_{ср j}} \leq T_{норм};$$

$$M_j = \frac{K_n \gamma_0 (33,3 l_{ср} + v_{ср j} | \Sigma t | j)(1 + \mu_{тр} \delta)(P_{aj} + P_{пр j})(\omega_j + g i_{pj})}{A_j Z_j K_v v_{ср j} [F_{kj} - (P_{aj} + P_{пр j})(\omega_j + g i_{pj})](T - t_{пз})} \leq M_{норм};$$

где $P_{сц j}$ — сцепная масса автомобиля, т;
 φ — коэффициент сцепления колес с дорогой;
 $q_{aj}, q_{пр j}$ — грузоподъемность автомобиля и прицепного состава, т;
 H_j — линейная норма расхода топлива на 100 км пробега лесовозного автопоезда, м;
 $| \Sigma k | j$ — алгебраическая сумма предусмотренных нормами надбавок и снижений на особые условия работы автомобилей;
 H_{wj} — норма расхода топлива на каждые 100 т · км грузовой работы, м;
 γ — удельная масса топлива, кг/л.

Под индексом j следует понимать переменные величины, относящиеся к определенным типам автопоездов на базе автомобилей ЗИЛ, МАЗ, КраЗ и др.

При выборе оптимального автопоезда могут быть использованы ЭВМ. Для решения задачи в этом случае необходимо по математиче-

ской модели составить алгоритм и программу и найти экстремальное значение целевой функции с учетом заданных ограничений.

Поступила 24 ноября 1989 г.

УДК 625.143.482

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЛЬСОВУЮ ПЛЕТЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЕЕ В КРИВЫХ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Сварной рельсовый путь имеет ряд существенных преимуществ по сравнению со звеньевым. К ним относятся повышение стабильности верхнего строения пути и скорости движения поездов, снижение расстройств пути и затрат на его содержание.

При сварке 8-метровых рельсов в длинную плетть в стационарных условиях (например на нижнем складе) ее надо доставить на место укладки. Для этого необходим специальный подвижной состав, оборудованный устройствами для фиксации плетей на платформах (сцепках). При движении такого состава в кривых и связанном с ним изгибе плетей возникают поперечные силы, действующие на платформы и рельсы. Они могут привести к опрокидыванию платформ или сходу колес с рельсов. Оценка уровня таких сил (в зависимости от радиуса кривой, длины плетей, жесткости рельсов на изгиб и других факторов) — важное условие безопасной транспортировки длинных рельсовых плетей в кривых.

При обосновании условий безопасной транспортировки сварных плетей в кривых надо решить две задачи:

определить значения поперечных сил, возникающих при изгибе плетей и воспринимаемых подвижным составом;

исследовать поперечную устойчивость платформ против опрокидывания или схода их с рельсов.

В данной статье рассмотрена первая задача. Методику ее решения изложим на примере плети, имеющей три точки закрепления (рис. 1,а), а затем распространим на общий случай.

Рельсовая плетть длиной $l = 2s_0$ представляет собой балку постоянного сечения, жесткость которой на изгиб в горизонтальной плоскости EI . При изгибе плети те ее сечения, которые закреплены на платформах, лежат на круговой кривой радиуса ρ , остальные могут смещаться от оси кривой внутрь или наружу колеи. В точках закрепления на плетть при ее изгибе действуют силы R , направленные по радиусу кривой.

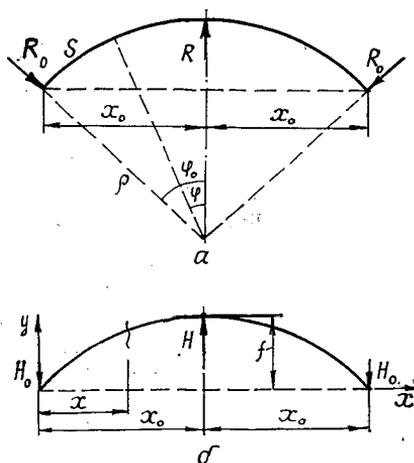


Рис. 1. Расчетные схемы для плети с тремя точками закрепления: а — точная; б — приближенная