

УДК 625.7/8:630\*37

**И. И. Леонович**, доктор технических наук, профессор (БНТУ);  
**Н. П. Вырко**, доктор технических наук, профессор (БГТУ);  
**М. Н. Демидко**, кандидат педагогических наук, доцент (БГТУ)

### СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ И СЕБЕСТОИМОСТЬ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ

В статье изложены основные факторы, влияющие на себестоимость – один из важнейших показателей работы транспорта на вывозке древесины. Рассмотрены способы снижения себестоимости вывозки древесины. Установлено влияние величины (размера) деформируемого участка дороги на скорость движения и производительность работы автотранспорта.

The article describes the main factors influencing the cost, one of the most important indicators of transport on wood export. Look at ways to reduce the cost of wood removal. Is set, the effect of the size of a deformable section of the road to the speed and performance of vehicles.

**Введение.** Одним из показателей, характеризующих эффективность работы транспорта на вывозке древесины, является себестоимость. Себестоимость – это показатель, учитывающий дорожную составляющую (качество состояния дороги и т. д.) и транспортную составляющую (грузоподъемность, скорость движения, производительность и др.). Себестоимость вывозки древесины во многом зависит от типа покрытия. С учетом того, что на лесных дорогах наиболее распространенным покрытием является гравийное, расчет себестоимости вывозки древесины произведен для гравийного покрытия [1–3].

**Основная часть.** Себестоимость вывозки заготовленного леса (древесины) есть функция дорожной ( $C_d$ ) и транспортной ( $C_{тр}$ ) составляющих, т. е.  $C = f(C_d, C_{тр}) \rightarrow \min$ .

*Дорожная составляющая* может быть определена по следующему выражению:

$$C_d = \sum_{j=1}^k \cdot \sum_{i=1}^n \frac{k_j (v_{срj})}{(1 + \mathcal{E}'_{н.п})^{t_{ij}}} + LB \left[ \frac{a_{ср}}{(1 + \mathcal{E}'_{н.п})^{t_1-1}} + \frac{a_{ср}}{(1 + \mathcal{E}'_{н.п})^{t_2-1}} + \sum \frac{a_{тр}}{(1 + \mathcal{E}'_{н.п})^{t-1}} \right], \quad (1)$$

где  $k$  – число стадий строительства;  $n$  – число лет, в течение которых осуществляются капитальные вложения в строительство;  $k_j (v_{срj})$  – капитальные вложения;  $\mathcal{E}'_{н.п}$  – норматив приведения разновременных затрат к базисному году;  $L, B$  – длина и ширина проезжей части участка дороги, м;  $a_{ср}$  – стоимость среднего ремонта 1 м<sup>2</sup> покрытия;  $a_{тр}$  – стоимость содержания и текущего ремонта 1 м<sup>2</sup>;  $\mathcal{E}'_{н.п}$  – нормативный коэффициент;  $t_1, t_2$  – сроки первого и второго средних ремонтов;  $t$  – общий срок службы покрытия дороги.

*Транспортную составляющую* можно определить по следующей формуле:

$$C_{тр} = \frac{1}{Q_p} \left\{ \frac{3,26C_{тс}}{Tv_{ср}} + 29 \cdot 10^{-3} S_t Q_t + \left[ R + (C_p + C'_p) + 149 \cdot 10^{-5} \frac{k}{Tv_{ср}} \right] \right\}, \quad (2)$$

где  $Q_p$  – нагрузка на рейс;  $C_{тс}$  – дневная тарифная ставка;  $T$  – продолжительность смены;  $S_t, Q_t$  – стоимость и расход топлива;  $R$  – затраты на ремонт и износ резины;  $(C_p + C'_p)$  – затраты на ремонт автомобиля и прицепа.

Сумма дорожной и транспортной составляющих ( $C_d + C_{тр}$ ) есть математическая модель, описывающая взаимосвязь основных эксплуатационных показателей.

В настоящее время имеется ряд программ (МАДИ) по расчету на ЭВМ скоростей движения автомобилей [4]. К сожалению, для лесных автомобильных дорог такие программы отсутствуют. Поэтому необходимо разработать математическую модель, которая, опираясь на исходную статистику, позволяла бы в каждой реализации получить

$$v_{ср} = F(C_{ср}, C_{рем}, C_{тр}, \Pi)$$

и определить в результате обработки полученных статистических данных среднюю скорость движения, при которой имеет место минимум приведенных затрат ( $\min C_{тр}$ ) [4].

Для этих целей может быть использовано вышеприведенное решение количественной оценки общей надежности автомобильной дороги, т. е. выхода  $v_{ср}$  за допустимые пределы:

$$v_{ср} < \bar{v}_{ср} - k \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от вероятности;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;  $N$  – количество реализаций.

Для определения доверительного интервала авторами [4] рекомендуется использовать распределение Стьюдента:

при доверительной вероятности  $\zeta = 0,95$

$$v_{cp} \cong \bar{v}_{cp} \pm 2 \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{N}}; \quad (4)$$

при доверительной вероятности  $\zeta = 0,99$

$$v_{cp} \cong \bar{v}_{cp} \pm 2,7 \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{N}}, \quad (5)$$

где

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (v_{cpi} - \bar{v}_{cp})^2}{N-1}}; \quad (6)$$

$$\bar{v}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N v_{cpi}}{\sqrt{N}}. \quad (7)$$

Исследования [4] показывают, что зависимость скорости движения для автомобилей от состояния транспортных путей связано с их прочностью:

$$v_r = \frac{1}{A + B \cdot r}, \quad (8)$$

где  $A, B$  – параметры, устанавливаемые опытным путем, ч/км;  $r$  – отношение площади деформированных участков дорожной одежды к общей площади на рассматриваемом отрезке (в долях единицы).

Параметр  $A$  представляет собой средние затраты времени на прохождение автопоездом участка дороги длиной 1 км при отсутствии деформированных участков дорожных одежд, т. е. при  $r = 0$ , параметр  $B$  – дополнительные затраты времени на прохождение того же участка, но полностью деформированного, т. е. при  $r = 1$ .

Значения  $A$  и  $B$  и отношение  $r$  находят в результате исследований и обследования дорог.

Для автомобильных лесовозных дорог нами определены параметры  $A$  и  $B$  (табл. 1).

Таблица 1

Значения параметров  $A$  и  $B$

Категория автомобильной лесовозной дороги	Параметры	
	$A$	$B$
I	0,0167	0,059
II	0,020	0,066
III	0,025	0,083
IV	0,033	0,90
Ветки	0,050	0,100

Производительность автопоезда на вывозке древесины ( $m^3$ /смена) можно определить по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{(T - t_{пз}) k_b \cdot Q_{рейс}}{120 \left[ \frac{l_m (A_m + B_m \cdot r) + l_b (A_b + B_b \cdot r)}{+ T_1 + T_2} \right]}, \quad (9)$$

где  $T$  – продолжительность смены, мин;  $t_{пз}$  – затраты времени на подготовительно-заключительные работы, мин;  $k_b$  – коэффициент использования рабочего времени;  $Q_{рейс}$  – рейсовая нагрузка на автопоезд,  $m^3$ ;  $l_m, l_b$  – длина магистрального пути и веток, км, по которым производится вывозка;  $T_1 = t_0 + t_1 Q_{рейс}$  – время на погрузку автопоезда, мин;  $t_0$  – время на установку автопоезда под погрузку, мин;  $t_1$  – время на погрузку  $1 m^3$ , мин;  $T_2 = t'_0 + t'_1$  – время на разгрузку автопоезда, мин;  $t'_0$  – время на установку автопоезда под разгрузку, мин;  $t'_1$  – время на разгрузку  $1 m^3$ , мин.

Изменение скорости движения, производительности автопоезда на вывозке леса и себестоимости работ в зависимости от состояния транспортных путей показано в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость  $v = f(r)$ ;  $\Pi = f(r)$ ;  $C = f(r)$

Состояние транспортных путей, % повреждения дорожной одежды	Изменение скорости ( $v$ ), производительности ( $\Pi$ ), себестоимости ( $C$ ), %		
	снижение		увеличение
	$v$	$\Pi$	
10	20–26	15–16	10–12
20	35–40	27–29	20–22
30	44–51	35–36	30–33
40	52–58	42–44	37–40
50	57–64	48–50	43–46

**Заключение.** 1. Выявлены основные факторы, влияющие на ровность покрытия, и факторы, на которые влияет ровность дорожного покрытия.

2. Получена закономерность изменения допустимой скорости движения в зависимости от ровности гравийного дорожного покрытия.

3. Установлено, что с увеличением длины неровности возрастают затраты мощности на их преодоление. 4. Установлено, что наибольшее влияние на образование неровностей оказывает прочность земляного полотна и дорожной одежды.

## Литература

1. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости: ГОСТ 12248-96. Введ. 01.01.1997. Минск, 1997. 108 с.

2. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытий: ГОСТ 30412-96. Введ. 01.01.1997. Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 1997. 5 с.

3. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Машиностроение, 1976. 320 с.

4. Повышение надежности автомобильных дорог / И. А. Золотарь [и др.]; под ред. И. А. Золотаря. М.: Транспорт, 1977. 183 с.

Поступила 27.02.2014