

УДК 625.8:630\*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)**ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ВЫВОЗКЕ ЗАГОТОВЛЕННОГО ЛЕСА**

В статье изложены основные факторы, влияющие на эффективность работы лесовозного транспорта на вывозке древесины. Установлена закономерность изменения технико-экономических показателей в зависимости от состояния дорожного покрытия. Обоснован коэффициент уменьшения скорости движения автомобиля в зависимости от состояния дорожного покрытия, позволяющий оценить качество дорожной одежды.

In the article the basic factors affecting the efficiency of transport on wood export. A pattern of changes in the technical and economic indicators depending on the condition of the road surface. Justified reduction coefficient of the vehicle speed depending on the condition of the road surface, allowing to estimate quality of road service.

**Введение.** Работа лесовозного автотранспорта на вывозке (перевозке) заготовленного леса (древесины) характеризуется рядом технико-экономических показателей, такими как скорость движения, производительность, себестоимость перевозок, которые, в свою очередь, зависят от состояния дороги (ровность покрытия, наличие деформаций), т. е. ее качества.

Важным показателем вывозки древесины является себестоимость вывозки.

Чем выше качество дороги, тем выше скорость движения, производительность автомобилей (автопоездов), а себестоимость вывозки уменьшается (табл. 1).

движения и производительности транспорта, увеличение расхода топлива и себестоимости вывозки.

По данным Р. В. Ротонберга [1] при эксплуатации автомобилей на дорогах с неровной поверхностью средняя скорость движения снижается на 40–50%, межремонтный пробег – на 34–40%, расход топлива увеличивается на 50–70%, производительность работы транспорта снижается на 32–36%, себестоимость перевозок возрастает на 50–60%. На неровной дороге динамическое воздействие на нее увеличивается в 1,5–3,0 раза.

В результате проведенных исследований выделены основные факторы, влияющие на ровность покрытия, и факторы, на которые влияет ровность покрытия (табл. 2).

Анализ данных факторов показывает, что наибольшее влияние на образование неровностей оказывают прочность земляного полотна и дорожной одежды, тип покрытия, погодноклиматические и грунтово-геологические факторы, динамическое воздействие автотранспортных средств.

Для исследования ровности покрытия (гравийного) применялась специальная тележка, состоящая из фермы, которая опирается на 14 колес, расположенных в одной плоскости. Устойчивость движения тележки обеспечивается поддерживающим колесом. В середине фермы крепится измерительное колесо с отметчиком проходимого пути. Конструкция фермы гарантирует высокую жесткость тележки. Измерительное колесо посредством вилки, на которой закреплен ползун, шарнирно соединяется с вертикальной стойкой, жестко прикрепленной к швеллеру фермы. К вертикальной стойке крепится проволочное сопротивление, по которому перемещается ползун, связанный со звеном измерительного колеса.

Таблица 1

**Изменение себестоимости вывозки от скорости движения автопоезда**

Скорость движения автопоезда, км/ч	5	10	15	20	25	30	35	40
Себестоимость вывозки, руб/м <sup>3</sup> км	2,42	1,67	1,42	1,30	1,22	1,18	1,14	1,11

Между себестоимостью автомобильных перевозок и удельным весом дорог с твердым покрытием существует следующая зависимость:

$$C = 0,23p^{-0,33}, \quad (1)$$

где  $p$  – удельный вес дорог с твердым покрытием, %.

С учетом того, что основным типом покрытия лесных дорог является гравийное, исследования проводились на дорогах с гравийным покрытием.

**Основная часть.** Влияние ровности на показатели работы автотранспорта выражается в дополнительном увеличении затрат мощности на преодоление неровности, снижение скорости

Таблица 2

**Основные факторы, влияющие на ровность покрытия, и факторы,  
на которые влияет ровность покрытия**

Факторы	
влияющие на ровность покрытия	на которые влияет ровность покрытия
Прочность дорожной одежды	Скорость, утомляемость водителя
Прочность земляного полотна	Производительность
Тип покрытия	Себестоимость перевозок, экономический эффект
Качество проекта и материала	Износ шин, покрытия
Качество строительства и ремонта	Расход топлива
Климатические условия	Амортизация подвижного состава
Грунтово-гидрологические условия	Безопасность движения, комфорт движения
Интенсивность движения	Срок службы дороги, динамическое воздействие транспорта
Состав движения	Коэффициент прочности
Своевременность ремонта	Модуль упругости (деформации)

Статистический анализ профиля неровностей заключается в следующем. Условную горизонтальную плоскость проводили через дно самой глубокой впадины. Отклонение профиля неровностей по высоте от горизонтальной плоскости принимали за случайную величину и фиксировали эти отклонения через определенные отрезки горизонтального положения [2]. Таким образом, для каждого опытного участка были получены статистические данные. Дальнейшую обработку результатов выполняли на ЭВМ.

Для каждого опытного участка определяли математическое ожидание, дисперсию и среднеквадратическую высоту неровностей, а также вычисляли корреляционную функцию и спектральную плотность. Численные характеристики микропрофиля опытных участков приведены в табл. 3.

Нами сделана попытка расчетно-теоретическим путем получить закономерность изменения допустимой скорости движения в зависимости от ровности гравийного дорожного покрытия.

Известно, что во время движения автопоездов непрерывно меняются направление уклонов, сила ветра, интенсивность движения, метеорологические условия, степень ровности, которые в совокупности влияют на скорость движения. Однако одновременно учесть влияние этих факторов на скорость движения очень сложно.

При постоянных геометрических элементах плана и профиля дороги скорость движения главным образом зависит от степени ровности дорожного покрытия. С изменением степени ровности в широких пределах меняются ускорения колебаний лесовозных автопоездов. При определенных условиях ускорения колебания интенсивно нарастают и, следовательно, увеличивают динамическую нагруженность несущих элементов машины.

Таблица 3

**Статистические характеристики неровностей  
опытных участков дорог с гравийным покрытием**

№ участка	Ширина проезжей части, м	Длина участка, м	Числовые характеристики ровности	
			$D(H)$ , см	$G_H$ , см
1	8,0	450	0,26	0,51
2	8,0	500	0,86	0,93
3	8,0	400	2,16	1,47
4	7,5	500	4,09	2,02
5	7,5	500	5,95	2,44
6	8,0	510	8,89	2,98
7	7,5	500	9,54	3,09
8	8,0	340	16,00	4,00
9	8,0	450	20,52	4,53
10	7,5	500	25,50	5,05
11	7,5	500	30,47	5,52

По данным проведенных исследований построены кривые изменения среднеквадратичного ускорения от степени ровности гравийного дорожного покрытия и скорости движения, которые с достаточной степенью точности аппроксимируются выражением

$$v = 50,35 - 4,66G_H, \quad (2)$$

где  $G_H$  – среднеквадратическая высота неровности, см.

Если положить в основу расчета формулу (2), можно оценить изменение коэффициента уменьшения движения лесовозных автопоездов семейства МАЗ

$$\left( \beta = \frac{v_{\phi}}{v_p} \right)$$

для вышеприведенной системы ровности, где  $v_{\phi}$  – фактическая скорость движения автопоезда;  $v_p$  – расчетная скорость движения (табл. 4).

Таблица 4

## Изменение коэффициента уменьшения скорости

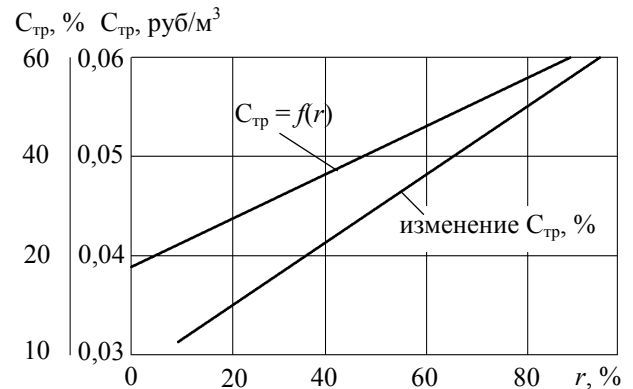
Показатель	Степень ровности покрытия, см										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
$v_{\text{ф}}$	47,98	45,65	43,32	40,99	38,66	36,33	34,0	31,47	29,34	27,0	24,0
$\beta$	0,95	0,91	0,87	0,81	0,77	0,72	0,68	0,63	0,58	0,54	0,40

Из табл. 4 видно, что коэффициент снижения скорости движения лесовозных автопоездов из-за неудовлетворительной ровности покрытия гравийных дорог снижается до 0,49 (для принятой в расчетах степени ровности  $G_H$ ). Коэффициент  $\beta$  – это один из показателей, влияющих на работу лесотранспорта. Не менее важны показатели потери мощности и дополнительный расход топлива.

Проведенные расчеты мощности, затрачиваемой на преодоление неровностей дорожного покрытия в зависимости от степени ровности и скорости движения, показывают, что с увеличением длины неровностей дополнительные затраты мощности резко возрастают. Так, при среднеквадратичной высоте неровностей  $G_H = 5,05$  см и скорости движения автопоезда 15 км/ч дополнительные затраты мощности при длине неровностей  $Z = 0,7$  и 1,5 м составляют соответственно 4,41 и 7,35 кВт.

Рост затрат мощности связан с увеличением среднеквадратичной высоты неровностей. Так, при  $G_H = 3,25$  см и  $v = 20$  км/ч дополнительные затраты мощности 4,4 кВт, а при  $G_H = 5,05$  см и  $v = 20$  км/ч  $N = 11,32$  кВт ( $Z = 1,5$ ) [2] (см. рисунок).

Коэффициент  $\beta$  позволяет оценить общее состояние лесовозных дорог, а также определить соответствие фактической степени ровности дорожных покрытий требуемой, при которой достигается наивысшая производительность лесных автопоездов на вывозке древесины. При хорошей ровности покрытий коэффициент  $\beta$  должен быть равен единице.



Изменение транспортной составляющей  $C_{\text{тр}}$  и себестоимости на вывозке леса в зависимости от состояния транспортных путей

**Заключение.** Полученная формула (2) рекомендуется для приближенных эксплуатационных расчетов допустимой скорости движения. Это позволяет определить влияние ровности на производительность автопоезда на вывозке леса и изменение себестоимости вывозки.

## Литература

1. Леонович И. И., Мытько Л. Р. Повышение эксплуатационных показателей автомобильных дорог и безопасности движения: учеб. метод. пособие. Минск: Белорус. гос. политехн. акад., 1997. – 74 с.
2. Вырко Н. П. Обеспечение круглогодичной работы лесовозного автотранспорта на вывозке заготовленного леса: дис. ... д-ра техн. наук. Минск, 1999. 255 с.

Поступила 27.02.2014