

Однако в процессе эксплуатации, а также на кривых участках пути колеса лесовозного автопоезда могут смещаться к краям покрытия и вызывать появление в поперечных брусках изгибающие моменты. Поэтому необходимо определить размеры поперечного сечения брусков при наиболее неблагоприятной схеме загрузки покрытия (рис. 2, в). Согласно данной схеме опорные реакции будут равными $R_a = 71,0$ кН; $R_B = 29,0$ кН.

Соответственно величины изгибающих моментов определяются по эпюре, а максимальная величина его составит $M_{из}^{max} = 20$ кН·м.

Тогда необходимая величина момента сопротивления будет равна

$$W = \frac{M_{из}^{max}}{[\sigma_{из}]} = 1333 \text{ см}^3,$$

где $[\sigma_{из}] = 14,7$ МПа.

С учетом того, что нагрузка распределена на два бруса, требуемая его толщина ($h_{тр}$) равна $h_{тр} = 14,9$ см.

Учитывая, что в процессе эксплуатации покрытия последнее будет изнашиваться, а также возникнут дополнительные динамические нагрузки, окончательные величины параметров основных элементов покрытия определяются после выполнения экспериментальных исследований в производственных условиях.

УДК 625.711.83

К.Б.АБРАМОВИЧ, канд.техн.наук,
Л.Ф.ДОРЕНИН, С.П.МОХОВ, инженер (БТИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

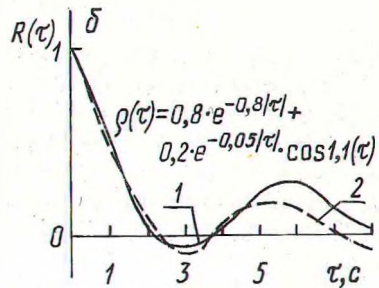
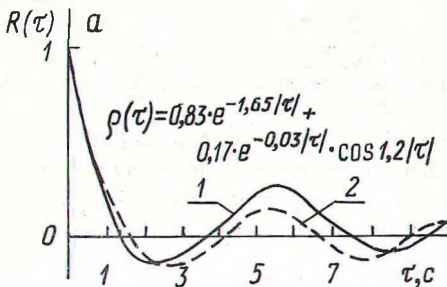
Для оценки степени ровности и исследования динамики деформации дорожных покрытий под воздействием автомобильного транспорта и природных факторов, а также исследования колебательных процессов транспортных систем необходимо знать количественные характеристики микропрофиля, получение которых базируется на экспериментальных замерах. Измерение микропрофиля дорог производилось измерительной тележкой на дорогах с грунтовым и гравийным покрытием. Длина опытных участков составляла 550 м.

Статистический анализ профиля неровностей заключался в следующем. Проводили условную горизонтальную плоскость через дно самой глубокой впадины. Отклонения профиля неровностей по высоте от горизонтальной плоскости принимали за случайную величину и фиксировали эти отклонения через определенные отрезки горизонтального проложения [1].

Таким образом, по каждому опытному участку получали первичный статистический материал. Дальнейшая обработка выполнялась с помощью ЭЦВМ "Мир-2". Определялись математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичная высота неровностей и после центрирования микропрофиля дороги — корреляционная функция и спектральная плотность для каждого опытного участка. Корреляционная функция исследуемых участков дорог вычислялась по формуле

Основные статистические характеристики неровностей
опытных участков дорог

Номера участков и тип покрытия	Ширина про- езжей части, м	Длина участка, м	Числовые характеристики	
			$D_H, \text{см}^2$	$\sigma_H, \text{см}$
1 – гравийное	10	550	3,27	1,81
2 – грунтовое	8	550	0,53	0,73



Р и с. 1. Нормированная корреляционная функция опытного участка дороги с гравийным (а) и грунтовым (б) покрытием: 1 – экспериментальная кривая; 2 – расчетная.

$$R(\tau) = \frac{1}{N+1} \frac{1}{1-m} \sum_{\tau=1}^{N+1-m} H_n H_{n+m}$$

где $N = \frac{L}{\Delta}$ – число интервалов Δ , на которые разбивается опытный участок (L – длина опытного участка); H_n, H_{n+m} – текущие значения ординат микропрофиля при $n = 0, 1, 2, 3 \dots$; $m = 0, 1, 2, 3 \dots$. Нормированная корреляционная функция определялась делением каждого значения корреляционной функции на ее значение при $\tau = 0$:

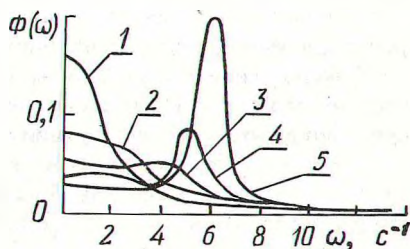
$$\rho(\tau) = \frac{R(\tau)}{R(0)}$$

где $R(\tau)$ – корреляционная функция; $R(0)$ – дисперсия. Таким методом были определены нормированные корреляционные функции опытных участков дорог. Числовые характеристики микропрофиля двух опытных участков дорог приведены в табл. 1.

Нормированные корреляционные функции опытных участков дорог № 1 и 2 приведены на рис. 1, а, б. Из рисунков видно, что коэффициенты корреляционных связей α и β , характеризующие быстроту убывания корреляционных связей между ординатами случайных неровностей, для каждого опытного участка различны. Анализ графиков нормированных корреляционных функций показывает, что корреляционные кривые характеризуются резким спадом.

Это указывает на сильную корреляционную связь при малых значениях τ ; с увеличением τ корреляционная связь между ординатами неровностей слабеет. Время корреляционной связи τ зависит от скорости движения и длины неровностей. Так, по данным исследований, время корреляционных связей при единичной скорости движения изменяется от 1,5 до 2,2 с (верхний предел). Это свидетельствует о том, что опытные участки, у которых больше время корреляционной связи, содержат большей длины неровности по сравнению с участками, у которых меньше время корреляционной связи. Из графиков следует, что при некоторых значениях τ наблюдаются отрицательные и положительные величины $\rho(\tau)$. Это свидетельствует о том, что в структуре реализации случайной функции имеет место элемент периодичности.

Корреляционная функция воздействия является временной статистической характеристикой. В качестве частотной характеристики корреляционной функции применяется спектральная плотность. На рис. 2 приведены графики спектральной плотности опытного участка № 2. Исследования показывают, что спектральная плотность воздействия, как и нормированная корреляционная функция, является убывающей. При малых значениях скоростей движения характерным является рост начальных значений спектральной плотности. С увеличением скорости движения максимумы смещаются в сторону больших частот. Различие в частотах для единичной скорости движения весьма существенно, что объясняется различным состоянием покрытия исследованных дорог. Анализ графиков (рис. 2) показывает, что кривая 4 для $v = 4$ м/с имеет хорошо проявляющийся максимум при частоте $\omega = 5$ с⁻¹, а кривая 5, соответствующая $v = 5$ м/с, — при $\omega = 6$ с⁻¹.



Р и с. 2. Спектральная плотность опытного участка дороги с грунтовым покрытием для различных скоростей движения: 1 — $v = 1$ м/с; 2 — $v = 2$ м/с; 3 — $v = 3$ м/с; 4 — $v = 4$ м/с; 5 — $v = 5$ м/с.

Спектральная плотность воздействия неровностей зависит от микропрофиля дорог (длины и высоты неровностей) и от скорости движения и не зависит от параметров подвески, а также от конструкции автомобиля. Однако при проектировании транспортных систем необходимо подбирать параметры подрессоривания таким образом, чтобы было наиболее благоприятное сочетание частотной характеристики со спектром воздействия неровностей. При этом спектр воздействия не является какой-то конкретно заданной величиной.

Исследованиями установлено, что коэффициенты корреляционной связи в зависимости от характера микропрофиля дорог изменяются в пределах: $\alpha = 0,031-1,65$; $\beta = 1,1-1,2$.

На основании полученных аппроксимаций выражений нормированных корреляционных функций выведены формулы спектральных плотностей опытных участков дорог, по которым с помощью ЭЦВМ вычислены энергетические спектры воздействия для различных скоростей движения. Анализ гра-

фиков спектральных плотностей показывает, что на некоторых опытных участках кривые для каждой скорости движения имеют несколько максимумов, что свидетельствует о широком диапазоне опасных частот воздействия. Величина этих максимумов с возрастанием частоты снижается и при $\omega = 6 \text{ с}^{-1}$ проявление максимумов заметно уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. С и л а е в А.А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1972. — 192 с.

УДК 625+539.319/376

И.И.ЛЕОНИЧ, д-р техн.наук (БПИ),
А.П.ЛАЩЕНКО (БТИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛОИСТЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Исследования в области расчета нежестких дорожных одежд, проведенные в нашей стране в последние годы, развиваются в направлении дальнейшего углубления теоретической базы. Основная задача, которую ставят перед собой дорожные исследователи, — наиболее полно изучить закономерности работы дорожных одежд в реальных условиях, и на основе этих закономерностей разработать методику расчета, позволяющую существенно повысить надежность проектируемых одежд в сочетании с их экономичностью.

К числу основных направлений в этой области следует отнести учет реологических свойств материалов при определении напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций.

В качестве закона деформирования, учитывающего время, можно применять интегральное уравнение Больцмана-Вольтерра, уравнение Слонимского. Для удобства математического описания совокупности основных свойств рассматриваемого материала и для большей наглядности при составлении дифференциальных уравнений основные свойства материала изображают в виде физически обоснованных механических моделей, законы деформирования которых известны.

Исходя из анализа всех рассмотренных нами дифференциальных зависимостей реологических моделей, мы остановились на известном уравнении Максвелла—Томсона, или так называемом законе деформирования "типичного тела":

$$E_n \frac{\partial \epsilon}{\partial t} + H \epsilon = n \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \sigma, \quad (1)$$

где E — мгновенный модуль упругости; H — длительный модуль упругости; n — коэффициент времени релаксации.

Современные нежесткие дорожные одежды являются сложными системами, состоящими обычно из нескольких слоев различных по свойствам материалов, подстилаемых грунтом. В связи с этим представляет большой практиче-