

## ОЦЕНКА НИВЕЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ШИН ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Возмущение, действующее на колеса транспортной машины, отличается от микропрофиля дороги, так как пневматическое колесо обладает сглаживающей способностью, которая зависит от длины неровностей скорости движения, длины отпечатка шины, радиуса колеса.

Предельная скорость  $v_{\Pi}$ , ниже которой следует учитывать сглаживающую способность шин автомобилей, по данным А.А. Хачатурова и др. [1], определяется соотношением  $v_{\Pi} = 0,9 \omega_n a_0$ , где  $\omega_n$  — максимальная частота в спектре возмущения, на которую реагирует система;  $a_0$  — длина площадки контакта шины с дорогой.

По данным А.А.Хачатурова, В.Л.Афанасьева [1] и др., при исследовании плавности хода транспортных машин основное влияние имеет сглаживание возмущений вследствие конечной длины площадки контакта.

Вследствие вертикальных колебаний системы длина отпечатка изменяется около среднего значения, соответствующего статической нагрузке на колесо. Средняя длина отпечатка приближенно может определяться по формуле

$$2 a_{\text{оср}} \approx \sqrt{2 R_k \delta_{\text{шт}}}$$

где  $R_k$  — радиус колеса;  $\delta_{\text{шт}}$  — статическая деформация шины.

В работах [2 - 5] рассматриваются различные предпосылки расчетного учета эффекта нивелирования шиной неровностей дороги. В работе [3] даются выражения для учета в функции воздействия угла наклона площадки контактирования и ее кривизны.

Ю.В.Степановым [3] предложена методика учета нивелирующей способности эластичных колес с учетом изменения во времени длины линии контакта колеса с дорогой.

Определяя вертикальные перемещения оси колеса как "функцию неровного основания", авторы для произвольного микропрофиля рассматривают только пологие неровности, когда в пределах линии контакта допустима аппроксимация профиля тре-

мя членами ряда Тейлора. Формула вертикальных перемещений оси колеса, обусловленных неровностями дороги:

$$q_c(s) = q(s) + \frac{q''(s)}{2 \left[ \frac{1}{R_k} - q''(s) \right]} + \sqrt{\frac{9}{32} \cdot \frac{S_k^2}{R_k}} \times (1 - \sqrt{q''(s) R_k}). \quad (1)$$

Здесь  $q'(s)$  и  $q''(s)$  - второй и третий члены ряда Тейлора, аппроксимирующего исходный микропрофиль;  $S_k = P / C$  ( $C$  - удельная жесткость упругих элементов шины;  $P$  - нагрузка;  $C = C_0 / a_0$ , где  $a_0$  - длина линии контакта колеса с ровной дорогой).

Исследования, проведенные по методике, изложенной в работе [5], показали, что при пологих неровностях ( $L \gg 2$  м) уменьшения амплитуды перемещений колеса за счет его нивелирующей способности практически не происходит. При уменьшении длины неровностей имеет место снижение амплитуды функции воздействия  $q_c(s)$  по сравнению с микропрофилем  $q(s)$ .

Более простым и достаточно точным является метод нивелирования неровностей дороги, основная предпосылка которого состоит в неизменности длины участка контактирования шины с дорогой, а вертикальное смещение микропрофиля на длине отпечатка выражается средним значением функции  $q(s)$ , описывающей изменение ординат поверхности [2]. Выражение для вычисления спектральной плотности микропрофиля, сглаженного шиной в этом случае имеет вид:

$$\Phi_{q_c}(\omega) = \frac{2v^2}{a_0^2 \omega^2} \Phi(\omega) \left( 1 - \cos \frac{\omega a_0}{v} \right). \quad (2)$$

Проведенные нами исследования показали, что учет нивелирующего эффекта шин лесотранспортных машин при движении их по гравийным, грунтовым дорогам и волокам со скоростью  $v < 25 - 30$  км/ч уточняет расчетные динамические показатели. Спектральные плотности реакций динамических систем, построенные с учетом нивелирующей способности шин, проходят ниже, чем спектральные плотности, полученные без учета сглаживающего эффекта.

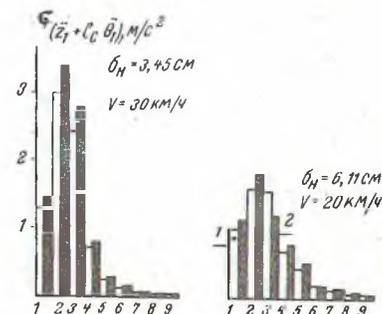
Учет сглаживающего эффекта производится по методу скользящего среднего [2] с использованием зависимости:

$$q_c(s) = \frac{1}{a} \int_{s-a/2}^{s+a/2} q(s) ds, \quad (3)$$

где  $s$  - величина (расстояние) продвижения колеса вдоль оси дороги.

При исследованиях на ЭВМ "ЕС-1020" с использованием расчетной модели, описанной в работе [6], моделировалось движение автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803 по различным дорогам с разными скоростями движения. Определялись перемещения и ускорения масс автопоезда, спектральные плотности ускорений, вертикальные реакции на колесах. Анализ расчетных данных показал, что наибольшее влияние, учет сглаживающего эффекта на реакции автопоезда имеет место в диапазоне частот 2,8 - 11,2 Гц (вторая и третья октавные полосы). Из рис. 1 видно, что для среднеквадратичных вертикальных уско-

Рис. 1. Полосовые спектральные плотности ускорений рамы тягача в месте сидения водителя при движении автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 по участкам грунтовых дорог (участок 5 -  $v = 30$  км/ч, участок 7 -  $v = 20$  км/ч):  
 □ - с учетом сглаживающего эффекта шин;  
 ■ - без учета сглаживающего эффекта.



рений рамы тягача в месте сидения водителя  $\sigma(\ddot{z}_{1+1}, \theta_1)$  указанное различие во второй октавной полосе при движении по участку 1 грунтовой дороги ( $\sigma_H = 3,46$  см) составляет 11,8% ( $v = 30$  км/ч), а по участку 2<sup>н</sup> грунтовой дороги ( $\sigma_H = 6,11$  см) 8,8% ( $v = 20$  км/ч). Различие суммарных среднеквадратичных ускорений масс автопоезда, а также вертикальных реакций на колесах представлено данными табл.1. Из таблицы видно, что рассматриваемое различие, например, среднеквадратичных (суммарных) вертикальных ускорений центра тяжести тягача составляет 9,67%, а максимальных 23,2%. (В табл. 1:  $\sigma_{\ddot{z}_1}$  - среднеквадратичные продольно-угловые ускорения поддрессоренной массы тягача;  $\sigma_{\ddot{z}_1}$ ,  $\sigma_{\ddot{z}_4}$ ,  $\sigma_{\ddot{z}_3}$  - среднеквадратичные вертикальные ускорения поддрессоренной массы тягача, рамы прицепа-ропуса и центра тяжести пачки хлыстов;  $\sigma_{\ddot{z}_1}$ ,  $\sigma_{\ddot{z}_2}$ ,  $\sigma_{\ddot{z}_3}$  - среднеквадратичные вертикальные ускорения неподдрессоренных масс передней, задней осей тягача и соответственной

Таблица 1. Среднеквадратичные в суммарной полосе частот значения ускорений и динамических давлений на дороге (грунтовое покрытие)

$\sigma_{\ddot{\theta}1}$	$\sigma_{\ddot{z}1}$	$\sigma_{\ddot{z}4}$	$\sigma_{\ddot{z}3}$	$\sigma_{\ddot{\xi}1}$	$\sigma_{\ddot{\xi}2}$	$\sigma_{\ddot{\xi}3}$
1/c						
0,87	2,13	1,94	1,92	2,96	2,11	1,94
1,75	2,70	2,39	2,33	3,15	3,30	2,39
1,96	3,02	2,58	2,60	3,52	3,48	2,58
1,07	2,02	2,47	2,20	3,07	2,26	2,47
1,89	2,84	2,86	2,44	3,29	3,47	2,86
5,20	6,09	4,96	5,96	17,02	8,95	4,96
4,68	5,61	8,23	8,13	9,60	10,88	8,23
5,19	6,22	8,89	8,93	10,59	11,98	8,89

КрА3=255Л,

МА3-509

МА3-509

ЗИЛ-131

МА3-5434

МА3-509

МА3-509

МА3-509

С\* Продолжение табл.1.

$\sigma_{\dot{z}_1 + 1_c \ddot{\theta}_1}$	$\sigma_{(\dot{z}_1 + 1_c \ddot{\theta}_1)}$	$\sigma_{(\dot{z}_1 + 1_c \ddot{\theta}_1)}$	$\sigma_{(\ddot{z}_1 - 1_c \ddot{\theta}_1)}$	$\sigma_{R1}$	$\sigma_{R2}$	$\sigma_{R3}$
M/c <sup>2</sup>			КН			
$\sigma_H = 6,11 \text{ см,}$		$V = 20 \text{ км/ч}$				
3,79	2,52	2,40	14,94	13,89	13,89	12,05
$\sigma_H = 6,11 \text{ см,}$		$V = 20 \text{ км/ч}$				
3,98	4,22	4,80	13,89	24,86	24,86	10,69
$\sigma_H = 6,11 \text{ см,}$		$V = 20 \text{ км/ч (без учета сглаживания)}$				
4,48	4,77	5,35	15,53	27,59	27,59	11,48
$\sigma_H = 6,11 \text{ см,}$		$V = 20 \text{ км/ч}$				
3,25	2,12	2,74	7,79	9,76	9,76	12,30
$\sigma_H = 6,11 \text{ см}$		$V = 20 \text{ км/ч}$				
4,08	4,35	5,33	16,50	25,86	25,86	10,74
$\sigma_H = 6,11 \text{ см}$		$V = 30 \text{ км/ч}$				
12,48	13,37	11,06	37,58	52,23	52,23	22,40
$\sigma_H = 3,46 \text{ см}$		$V = 40 \text{ км/ч}$				
7,13	7,81	14,05	22,35	48,76	48,76	36,02
$\sigma_H = 3,46 \text{ см,}$		$V = 40 \text{ км/ч (без учета сглаживания)}$				
7,98	8,73	15,55	24,68	54,49	54,49	38,78

оси прицепа-ропуска;  $\sigma_{R1}, \sigma_{R2}, \sigma_{R3}$  - среднеквадратичные значения вертикальных давлений соответствующих осей автопоезда на дорогу  $\sigma(\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\theta}_1)$ ,  $\sigma(\ddot{z}_2 + l_2 \ddot{\theta}_1)$  - среднеквадратичные вертикальные ускорения рамы тягача над передней и соответственно задней осями.)

У гусеничных машин трансформирование воздействия на ходовую систему существенно зависит от особенностей ее конструкции. При кареточной подвеске в сочетании с упругими элементами перемещение оси каретки может рассматриваться как воздействие  $q(s)$  на остов. Координаты  $q(s)$  через перемещения катков  $q_{11}(s)$  и  $q_{12}(s)$  легко выражаются из геометрических соображений с учетом коэффициентов  $\chi_{11}$  и  $\chi_{12}$ , т.е.  $q(s) = q_{11}(s)\chi_{11} + q_{12}(s)\chi_{12}$ , где коэффициенты  $\chi_{11}$  и  $\chi_{12}$  определяются длиной каретки и длиной ее плеч. В.Я.Анилович предлагает для учета одной элементарной каретки спектральную плотность воздействия умножать на коэффициент каретки  $\lambda$  [7].

Для системы, имеющей  $n$  кареток, установленных на подressоренной раме имеем:

$$\left. \begin{aligned} q_1(s) &= q_{11}(s)\chi_{11} + q_{12}(s)\chi_{12}; \\ q_2(s) &= q_{12}(s)\chi_{21} + q_{22}(s)\chi_{22}; \\ \dots \\ q_n(s) &= q_{n1}(s)\chi_{n1} + q_{n2}(s)\chi_{n2}, \end{aligned} \right\} (4)$$

где  $\chi_{11} = \frac{l_{i2}}{l_{ki}}$ ;  $\chi_{12} = \frac{l_{i1}}{l_{ki}}$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$  ( $l_{ki}$  - база  $i$ -й каретки, а  $l_{i1}$  и  $l_{i2}$  - ее переднее и заднее плечи).

Переменные  $q_1(s), q_2(s), \dots, q_n(s)$  отличаются лишь запаздыванием.

Приведенные выражения не учитывают сглаживание мелких неровностей, происходящее ввиду преобразования микропрофиля волока, определяемого натяжением гусеничной ленты, ее многозвенностью и шагом звеньев, радиусом катков. При определении точек пересечения образующей профиля неровностей волока с линией гусеничного обвода можно учесть сглаживание мелких неровностей, используя метод скользящего среднего.

Пренебрегая натяжением гусеничной ленты и считая шаг звеньев малым по сравнению с диаметром опорных катков, что

для трелевочных тракторов обоснованно, для учета радиуса опорных колес можно воспользоваться формулой (1) при условии  $S = 0$ , т.е. для случая жесткого колеса. Тогда  $q_c(s) = q(s)^k + q(s) / \{ 2 [1/R - q''(s)] \}$ , а сглаженное полное воздействие для  $i$ -й каретки составит:

$$q_{ic}(s) = \left\{ q_{i1}(s) + \frac{q_i^2(s)}{2 [1/R - q_{i1}''(s)]} \right\} \chi_{i1} + \frac{q_{i2}^2(s)}{2 [1/R - q_{i2}''(s)]} \chi_{i2}. \quad (5)$$

Формулы (1) - (3) и (5) рассматриваем как расчетные при определении воздействия от неровностей на лесные машины с колесной или гусеничной ходовой частью.

#### Л и т е р а т у р а

1. Афанасьев В.Л., Хачатуров А. А. Статистические характеристики микропрофиля автомобильных дорог и колебания автомобиля. - Автомобильная промышленность, 1966, №10. 2. Дмитриев А.А., Шупляков В.С., Яценко Н.Н. Особенности взаимодействия пневматической шины с микропрофилем дороги. - Автомобильная промышленность, 1973, №5. 3. Степанов Ю.В., Соловьев В.С., Фролов К.В. Оценка нивелирующей способности эластичных колес. - Автомобильная промышленность, 1975, №9. 4. Митянин П.И. Исследование поглощающей и сглаживающей способностей шины при колебаниях грузового автомобиля. Автореф. канд. дис.-М., 1975. 5. Степанов Ю.В., Волошин Ю.Л., Синев А.В. К вопросу расчета случайных колебаний тракторов с учетом нивелирующей способности шин. - Тракторы и сельхозмашины, 1976, №8. 6. Исследование вертикальной динамики лесовозного автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803/А.В.Жуков, Ю.Ю.Беленький, К.Б.Абрамович, А.И.Петрович. - Лесной журнал, 1975, №2. 7. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. - М., 1973.

УДК 634.0.383+625.711.1

П.А.Лышик, Н.П.Вырко

#### ВЛИЯНИЕ ГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ ПРОСЛОЕК НА ВЛАГОНАКОПЛЕНИЕ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ

Современные требования к прочности и устойчивости земляного полотна автомобильных лесовозных дорог значительно возросли. Это изменение требований в первую очередь связано