

G в кг	Параметры в м					$\frac{da_p}{dG_2}$ в м/т при значениях $\varphi$						
	$a_p^c$	$b_p^c$	a	b	h	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
МАЗ-500												
6 680	1,665	2,185	1,84	2,01	0,938	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
8 000	1,90	1,95	2,11	1,74	1,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
10 000	2,175	1,675	2,385	1,465	1,1	0,13	0,13	0,13	0,14	0,145	0,15	0,15
12 000	2,39	1,46	2,575	1,275	1,2	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125	0,125	0,125
14 180	2,545	1,305	2,72	1,13	1,32	0,06	0,065	0,07	0,08	0,09	0,09	0,1
КрАЗ-219												
11 300	3,375	2,375	3,56	2,19	0,995	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
15 080	3,82	1,93	4,06	1,69	1,07	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,12
18 000	4,095	1,655	4,315	1,435	1,135	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095
21 000	4,32	1,43	4,5	1,25	1,2	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,8	0,8
23 530	4,425	1,325	4,61	1,14	1,25	0,035	0,035	0,04	0,04	0,045	0,05	0,055
Урал-375*												
8 400	2,3	1,9	2,45	1,75	1,0	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
9 500	2,455	1,745	2,61	1,59	1,02	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,155	0,155
11 000	2,63	1,57	2,78	1,42	1,05	0,12	0,12	0,125	0,125	0,125	0,13	0,13
12 000	2,72	1,48	2,87	1,33	1,07	0,095	0,095	0,105	0,11	0,111	0,115	0,115
13 200	2,81	1,39	2,56	1,24	1,1	0,08	0,08	0,085	0,085	0,09	0,095	0,1

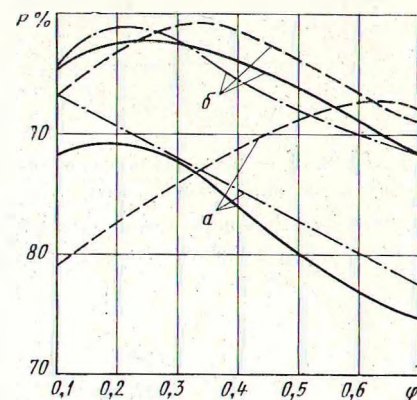


Рис. 4. Осредненная эффективность торможения в % с применением регулятора (а) и без него (б)

где  $\alpha_{2p}$  — угол синусоиды, соответствующей грузенному состоянию автомобиля;

$\beta_0$  — угол наклона касательной к кривой центра тяжести в точке, соответствующей негруженому состоянию автомобиля;

$\beta_{2p}$  — угол наклона касательной к кривой центра тяжести в точке, соответствующей грузенному состоянию автомобиля.

При этом необходимо отметить, что изменение угла синусоиды прямо пропорционально изменению нагрузки на заднюю ось  $G_2$ .

Коэффициент пропорциональности синусоиды определяется из граничных условий

$$a_{2p} - a_0 = A (\sin \alpha_{2p} - \sin \alpha_0).$$

Зная коэффициент пропорциональности  $A$ , можем определить параметры передаточного механизма регулятора (рис. 2), обеспечивающего выбранную характеристику

$$l_1 = Ak.$$

Угол между вертикалью и положением звена  $l_1$  в негруженом состоянии равен углу синусоиды регулирования  $\alpha_0$  и все остальные углы поворота качалки равны соответствующим углам синусоиды:

$$\gamma = 90 + \frac{\alpha_0}{2} + \frac{\alpha_{2p}}{2}; \quad \alpha_{2p} - \alpha_0 = \frac{\delta_{2p} - \delta_0}{l_0},$$

где  $\delta_{2p} - \delta_0$  — прогиб рессоры при загрузке автомобиля.

С целью определения эффективности применения регулирования тормозных сил на отечественных автомобилях были проведены расчеты применительно к автомобилям МАЗ-500, КрАЗ-219, «Урал-375». Характеристики регулирования подбирались в описанном порядке. Максимально возможные замедления при условии неблокирования колес рассчитывались для пяти состояний загрузки автомобиля в диапазоне сцеплений  $\varphi = 0,1 \div 0,7$ . Все данные, необходимые для подсчета замедлений, сведены в таблицу.

Результаты расчета осредненной эффективности торможения в процентах, как без регулирования (а), так и с регулированием (б) приведены на рис. 4. Полученные результаты являются теоретическими. В действительности из-за нечувствительности пневматических аппаратов и гистерезиса подвески они будут несколько отличаться.

Как видно из рис. 4, в случае применения регуляторов на длиннобазных автомобилях типа КрАЗ-219 (штриховые линии) замедление может увеличиться максимум на 15% в диапазоне изменения  $\varphi = 0 \div 0,35$ , что составит увеличение замедления при  $\varphi = 0,3$  всего лишь на 0,4 м/сек<sup>2</sup>. При более высоких коэффициентах сцепления эффективность применения регулирования на автомобиле КрАЗ-219 уменьшается.

На автомобилях с более короткой базой МАЗ-500 (сплошные линии), «Урал-375» (штрих-пунктирные линии) эффективность регулирования остается на всем диапазоне  $\varphi$  почти постоянной и составляет 8—12%.

С уменьшением базы автомобиля эффективность применения регуляторов возрастает.

УДК 629.114.3.001.5

## Влияние запаздывания воздействия неровностей дороги на поперечные колебания полуприцепа

Канд. техн. наук А. В. ЖУКОВ

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

В РАНЕЕ опубликованных работах [1 и 2] рассматривается поперечная динамика одноосного полуприцепа, где запаздывание воздействия отсутствует. В статье [3] в расчетные формулы также входит число осей полуприцепа, и, следовательно, наблюдается запаздывание воздействия, однако влияние его на угол поперечного крена  $\beta$  не учтено. Запаздывание по времени воздействия на ось значительно и довольно сложно влияет на поперечную устойчивость любого автопоезда, в том числе и с седельным тягачом.

Рассмотрим полуприцеп, имеющий  $m$  осей. Опорно-сцепное устройство его обеспечивает свободные угловые поперечные перемещения массы полуприцепа относительно тягача. Неподрессоренные массы из-за малой величины по сравнению с поддрессоренными не учитываем [2].

На рис. 1 приведена расчетная колебательная схема двухосного полуприцепа. Включенные в схему обозначения упругости рессор и шин  $C_p, C_{ш}$  и коэффициенты сопротивления  $k_p$  и  $k_{ш}$  имеют индексы, соответствующие номеру оси полуприцепа.

При линейных характеристиках подвески дифференциальное уравнение, описывающее поперечно-угловые колебания  $m$ -осного полуприцепа, будет

$$\ddot{\beta} = 2n \dot{\beta} + \omega_{\varphi} \beta = \frac{1}{d} \sum_{j=1}^m (2n_j \dot{q}_{jn p} + \omega_j^2 q_{jn p}), \quad (1)$$

где  $n$  — парциальный коэффициент затухания поперечно-угловых колебаний;

$\omega_{\varphi}^2$  — парциальная частота поперечно-угловых колебаний;

$q_{jn p}$  — вертикальное перемещение  $j$ -той оси, вызванное неровностями дороги (считаем, что воздействие оказывается только на колеса правого борта полуприцепа;

$d$  — половина колесной колеи полуприцепа.

Параметры  $n$  и  $\omega_{\varphi}^2$  определяются из выражения

$$n = \sum_{j=1}^m n_j = \frac{1}{2J_x} \sum_{j=1}^m k_{\varphi j}; \quad \omega_{\varphi}^2 = \omega_j^2 - \frac{M \rho_{кр}^2 g}{J_x} = \frac{1}{J_x} \sum_{j=1}^m C_{\varphi j} - \frac{M \rho_{кр}^2 g}{J_x}$$

где  $J_x$  — момент инерции полуприцепа относительно оси крена;

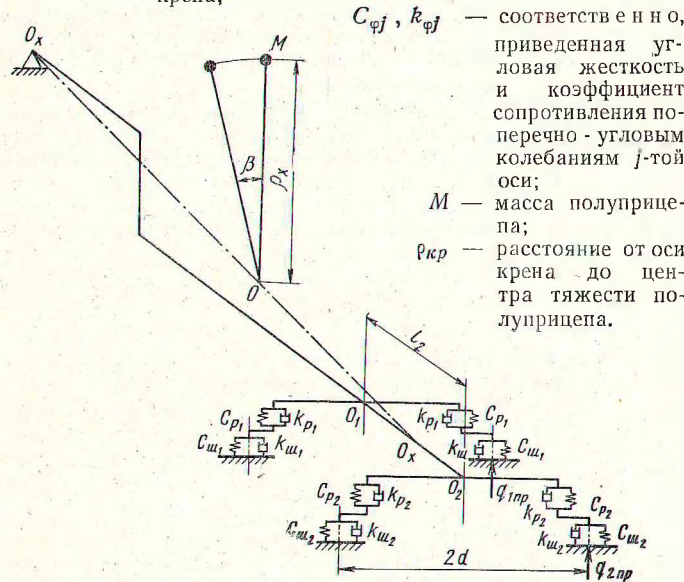


Рис. 1. Схема поперечно-угловых колебаний двухосного полуприцепа

В правой части уравнения (1) возмущение выражается в функции времени  $t$ , т. е.  $q_{jn p} = f(t - \tau_j)$ . Запаздывание  $\tau_j$  воздействия на  $j$ -ую ось полуприцепа равно времени проезда автопоездом пути  $l_j$ , равного расстоянию от передней до  $j$ -той оси со скоростью  $v$ :

$$\tau_j = \frac{l_j}{v}. \quad (2)$$

Выражение амплитудно-фазовой частотной характеристики поперечно-угловых колебаний системы, полученное с помощью преобразования Лапласа и Фурье, уравнения (1), имеет вид

$$W_{\beta}(i\omega) = \frac{\sum_{j=1}^m (2n_j i\omega + \omega_j^2) e^{-i\omega\tau_j}}{d(2ni\omega - \omega^2 + \omega_{\varphi}^2)} \quad (3)$$

При одинаковых параметрах подвески каждой из осей полуприцепа

$$(n_j = n_1 = n_2 = \dots = n_m = n_0; \omega_j^2 = \omega_1^2 = \omega_2^2 = \dots = \omega_m^2 = \omega_0^2)$$

выражение (3) упрощается

$$W_{\beta}(i\omega) = \frac{(2n_0 i\omega + \omega_0^2)}{d(2ni\omega - \omega^2 + \omega_{\varphi}^2)} \sum_{j=1}^m e^{-i\omega\tau_j}. \quad (4)$$

Модуль амплитудно-фазовой частотной характеристики поперечно-угловых колебаний полуприцепа, полученный из уравнения (4), равен

$$|W_{\beta}(i\omega)| = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{\omega_0^4 + 4n_0^2 \omega^2}{(\omega_{\varphi}^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}} C_{\beta} = A_{\beta}(i\omega) C_{\beta}. \quad (5)$$

Коэффициент неодновременности воздействия

$$C_{\beta} = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^m \cos \omega\tau_j\right)^2 + \left(\sum_{j=1}^m \sin \omega\tau_j\right)^2}. \quad (6)$$

Как видно из выражения (6), коэффициент  $C_{\beta}$  зависит от величины запаздывания воздействия  $\tau$ , числа осей  $m$  и изменяется с изменением частоты воздействия  $\omega$ . Влияние запаздывания воздействия  $\tau$  на поперечные колебания полуприцепа определяется только изменением коэффициента  $C_{\beta}$ , его влиянием на первую часть выражения (5).

Для двухосного полуприцепа  $m=2$ ;  $\tau_1=0$ ,  $\tau_2 = \frac{l_2}{v}$  коэффициент неодновременности воздействия выражается

$$C_{\beta} = \sqrt{(1 + \cos \omega\tau_2)^2 + (\sin \omega\tau_2)^2}. \quad (7)$$

На рис. 2 показана зависимость коэффициента  $C_{\beta}$  от частоты  $\omega$  для различных значений  $\tau_2$ . Из рисунка видно, что кривые  $C_{\beta}$  имеют периодический характер. Максимальные значения их равны 2, минимальные — нулю. При увеличении  $\tau_2$  период изменения коэффициента  $C_{\beta}$  уменьшается.

Для одноосного полуприцепа  $\tau_2=0$  и  $C_{\beta}=2$ . В этом случае формула (5) не теряет смысла и пригодна для расчета систем без запаздывания.

Как видно из формулы (2), запаздывание  $\tau$ , а следовательно, и коэффициент  $C_{\beta}$  зависит от скорости движения и расстояния между осями. Поэтому амплитудно-фазовая частотная характеристика  $|W_{\beta}(i\omega)|$  для системы, имеющей больше одной оси, также зависит от скорости движения и расстояния между осями.

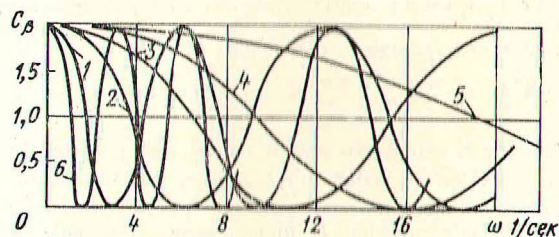


Рис. 2. Зависимость коэффициента неодновременности воздействия от частоты при различном запаздывании:

1 —  $\tau_2 = 1,00$  сек; 2 —  $\tau_2 = 0,81$  сек; 3 —  $\tau_2 = 0,60$  сек; 4 —  $\tau_2 = 0,40$  сек; 5 —  $\tau_2 = 0,20$  сек; 6 —  $\tau_2 = 0,10$  сек; 6 —  $\tau_2 = 2,00$  сек

Рассмотрим на конкретном примере, как влияет запаздывание воздействия  $\tau$  на поперечную устойчивость двухосного полуприцепа, имеющего в качестве упругих элементов только шины [1]. Основные параметры полуприцепа следующие:  $M = 17,5$  кг·сек<sup>2</sup>/см;  $\rho_{кр} = 150$  см;  $d = 76,5$  см;  $J_x = 23 \cdot 10^4$  кг·см·сек<sup>2</sup>;  $C_m = 483$  кг/см.

Амплитудно-фазовая частотная характеристика  $|W_{\beta}(i\omega)|$  рассчитана по выражению (5), а входящий в него коэффициент  $C_{\beta}$  — по формуле (7). Кривая 1 на рис. 3 соответствует случаю, когда  $C_{\beta} = 2$ , т. е. расчету двухосного полуприцепа без учета запаздывания воздействия.

При скорости движения автопоезда 6,67 м/сек (24 км/ч) и расстоянии между осями 2 м запаздывание  $\tau_2 = 0,3$  сек (рис. 2,

кривая 3). Как видно из графика при такой величине запаздывания (т. е. при соотношении величин  $\frac{l_2}{v} = 0,3$ ), максимальная величина модуля ( $|W_\beta(i\omega)|$ ) (кривая 2) примерно в 1,9 раза меньше, чем для той же системы, но без учета запаздывания воздействия (кривая 1). При другом соотношении параметров  $l_2$  и  $v$  характер кривой  $|W_\beta(i\omega)|$  изменится. Например, при уменьшении  $\tau_2$  до 0,1 сек (рис. 2, кривая 5), что со-

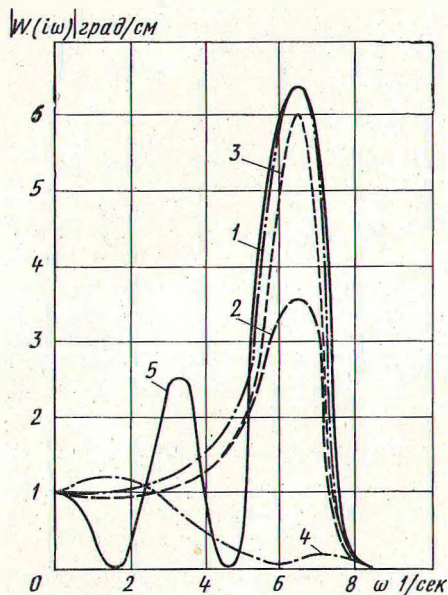


Рис. 3. Частотные характеристики поперечно-угловых колебаний двухосного полуприцепа при различном запаздывании воздействия:

1 —  $\tau_2 = 0$ ; 2 —  $A_\beta(i\omega)$ ; 3 —  $\tau_2 = 0,30$  сек;  
4 —  $\tau_2 = 0,10$  сек; 5 —  $\tau_2 = 0,51$  сек

ответствует скорости 72 км/ч при  $l_2 = 2$  м, коэффициент  $C_\beta$  с увеличением частоты  $\omega$  изменяется незначительно и почти не меняет величину  $W_\beta(i\omega)$  (рис. 3, кривая 3). Из этого следует, что при значениях  $\tau_2$ , меньших 0,1 сек, запаздывание воздействия на оси двухосного полуприцепа можно не учитывать. При значениях  $\tau_2$ , больших 0,1 сек, нельзя пренебрегать запаздыванием, так как это может привести к значительному завышению амплитуд поперечно-угловых отклонений поддрессорной массы полуприцепа.

Как видно из уравнения (7), при

$$\omega = \frac{k\pi v}{l_2} \quad (k=1,3,5\dots) \quad (8)$$

коэффициент  $C_\beta$  равен нулю. В случае, если частота воздействия  $\omega$  совпадает с собственной частотой  $\omega_\beta$  поперечно-угловых колебаний полуприцепа (явление резонанса), то можно подобрать такое значение  $l_2$ , при котором на резонансной частоте значение  $|W_\beta(i\omega)|$  будет равно нулю.

Частота воздействия при периодическом синусоидальном микропрофиле дороги с неровностями длиной  $S$  равна

$$\omega = \frac{2\pi v}{S} \quad (9)$$

Приравняв правые части выражений (8) и (9), получим

$$l_2 = \frac{S}{2} \quad (10)$$

При расстоянии  $l_2$  между осями, равном половине длины неровности, при установившемся движении с резонансной скоростью по дороге, имеющей синусоидальные чередующиеся неровности, поддрессорная масса полуприцепа не будет иметь поперечно-угловых отклонений.

Рассматриваемый двухосный полуприцеп имеет собственную частоту поперечно-угловых колебаний  $\omega_\beta = 6,17$  1/сек. На этой же частоте при  $\tau_2 = 0,51$  сек коэффициент  $C_\beta$  равен нулю (рис. 2, кривая 2). Максимальные значения  $|W_\beta(i\omega)|$  проявля-

ются на частоте 1,5 1/сек, а при  $\omega = 6,17$  1/сек значение модуля будет равно нулю (рис. 3, кривая 4).

Таким образом, в отличие от систем, не имеющих запаздывания, в рассматриваемых системах можно изменять частоту максимальных значений модуля  $|W_\beta(i\omega)|$ . Благодаря этому параметры  $l_2$  и  $v$  подбирают так, чтобы максимум модуля амплитудной частотной характеристики не совпадал с частотой воздействия.

При периодическом синусоидальном воздействии  $f(t) = H \sin \omega t$  амплитуда  $\beta$  реакции на частоте  $\omega$  [4] равна

$$\beta = H |W_\beta(i\omega)| \quad (11)$$

При воздействии, носящем случайный характер, определяется спектральная плотность реакции системы  $S_\beta(\omega)$ .

На рис. 4 приведены энергетические спектры поперечно-угловых колебаний рассматриваемого двухосного полуприцепа с учетом запаздывания воздействия —  $S_\beta(\omega)_\tau$  и без учета его —  $S_\beta(\omega)$ . Движение происходит по грунтовой дороге, энергетический спектр воздействия которой  $\Phi(\omega)$  при скорости 30 км/ч также показан на рис. 4.

Из графиков видно, что при учете запаздывания воздействия ( $\tau_2 = 0,24$  сек) на частотах до 3,5 1/сек значения  $S_\beta(\omega)$  и  $S_\beta(\omega)_\tau$  одинаковы. В диапазоне частот от 3,5 до 8 1/сек значительно отличаются друг от друга. При частоте  $\omega = 6,17$  1/сек эти спектральные плотности значительно различаются:  $S_\beta(\omega)_\tau = 7,1$  град<sup>2</sup>/сек, а  $S_\beta(\omega) = 16,5$  град<sup>2</sup>/сек. Из этого примера видно, что с учетом запаздывания воздействия на данной скорости движения и на данной дороге полуприцеп имеет поперечно-угловые колебания значительно меньшие, чем тот же полуприцеп без учета времени  $\tau_2$ .

Как видно из рис. 3, амплитуда колебаний на определенной скорости движения будет зависеть от того, какова амплитуда кривой  $|W_\beta(i\omega)|$  на частоте воздействия при той же скорости движения. Например, при периодическом воздействии  $S = 1$  м и движении со скоростью 3,6 км/ч, при расстоянии между осями 2 м запаздывание  $\tau_2$  составит 2 сек (рис. 2, кривая 6).

Соответствующая этой скорости частотная характеристика дана на рис. 3 (кривая 5). Эта кривая имеет два максимума при частоте 3 и 6,17 1/сек. При  $v = 3,6$  км/ч частота воздей-

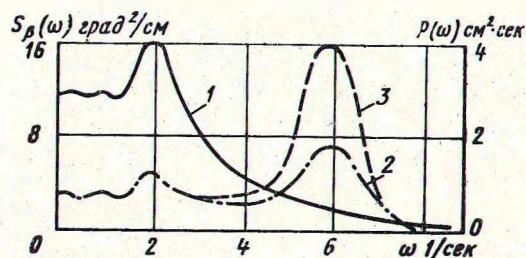


Рис. 4. Энергетические спектры:  
1 —  $\Phi(\omega)$ ; 2 —  $S_\beta(\omega)$ ; 3 —  $S_\beta(\omega)_\tau$

ствия, определенная по формуле (9), равна 6,28 1/сек. Следовательно, в данном случае максимальные амплитуды колебаний возможны на втором максимуме  $|W_\beta(i\omega)|$ . При высоте неровностей дороги 5 см угол  $\beta$  будет равен 32°. Эта скорость движения с учетом принятых параметров воздействия и транспортной системы опасна. Если изменить расстояние между осями до 1,1 м, то амплитуда реакции составит уже не 32°, как в первом случае, а 17,5°. Из этого примера видно, что запаздывание воздействия очень сильно сказывается на реакции системы и что правильный выбор ее параметров, скорости движения и расстояния между осями может значительно улучшить поперечную устойчивость полуприцепа.

Анализ результатов исследований показал, что при  $\tau_2 = \frac{2\pi k}{\omega}$  ( $k=0, 2, 4, 6, \dots$ ) значение коэффициента  $C_\beta$  будет максимальным и равным 2. Значения  $\tau_2$  при  $\omega$ , равном собственной частоте колебаний системы, являются нежелательными, так как в этом случае удваивается максимальная амплитуда модуля амплитудно-фазовой частотной характеристики (рис. 2, кривые 1 и 6). Для рассматриваемой системы эти значения  $\tau_2$  следующие: 1,12; 2,24; 4,48 ... сек. Поэтому скорости движения (2,0; 1,0; 0,5 ... м/сек), соответствующих этим значениям  $\tau_2$ ,

следует избегать. Указанные скорости можно определить по формуле

$$v_1 = \frac{l_2 \omega}{2\pi k} \quad (12)$$

Наоборот, желательны скорости движения, при которых  $\tau_2$  имеет значения, равные  $\frac{\pi k}{\omega}$  ( $k=1, 3, 5 \dots$ ), так как в этом случае коэффициент  $C_p$  и  $|W(i\omega)|$  будут равны нулю (рис. 2, кривая 2 и рис. 3, кривая 4). Скорость движения в этом случае равна

$$v_2 = \frac{l_2 \omega}{\pi k} \quad (13)$$

Для данного случая указанные скорости составляют: 4,0; 1,3; 0,75 ... м/сек.

Тех же результатов можно достигнуть, если варьировать расстоянием между осями, но тогда значения скоростей движения  $v_1$  и  $v_2$  будут другие.

Изложенное указывает на необходимость учета запаздывания воздействия на оси полуприцепов при расчете их поперечных колебаний. Описанную методику угла расчета поперечных колебаний подрессоренной массы полуприцепа с учетом запаздывания воздействия можно применять как при периодическом, так и при случайном воздействии дороги.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А. В. «Автомобильная промышленность», 1968, № 1.
2. Взятышев Н. А. «Автомобильная промышленность», 1964, № 12.
3. Рождов В. А. и др. «Автомобильная промышленность», 1963, № 1.
4. Силаев А. А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. М., Машгиз, 1963.

УДК 625.711.1

## Вероятностная оценка экстремальных воздействий микропрофиля автомобильных дорог

Канд. техн. наук А. Д. ДЕРБАРЕМДИКЕР

Московский карбюраторный завод

**О**ПЫТ практической работы и сравнение расчетных и экспериментальных данных показывают, что при решении проблем плавности хода автомобилей, надежности и долговечности элементов подвески и их деталей особенно важно учитывать количество и характер предельных по силе воздействий со стороны дороги.

Характер колебаний автомобиля зависит прежде всего от изменения высоты ординаты  $q$  профиля дороги по ее длине  $l$  или во времени  $t = \frac{l}{v_a}$  ( $v_a$  — скорость движения автомобиля).

Случайные отклонения ординаты  $q(l)$  от центра рассеивания можно условно разделить на два основных вида: коррелированные (зависимые) [1] и некоррелированные (независимые) [2]. Такие отклонения в чистом виде встречаются достаточно редко, наиболее распространено их сочетание. Первый вид соответствует микропрофилю с плавными очертаниями неровностей (укатанная грунтовая дорога, новое асфальтированное шоссе). Второй вид характерен в той или иной мере для большинства автомобильных дорог и связан с наличием обособленных на отдельных участках неровностей, а также с особенностями таких непериодических неровностей, которые, в свою очередь, можно разделить по признаку непрерывности на непрерывные (относительно плавные очертания профиля) и прерывные — со скачкообразным изменением функции  $q(l)$ . Последние допустимо рассматривать как случайные изменения фазы (разрывы) одной или нескольких гармоник, составляющих, например, ряд Фурье, которым можно описать данный участок профиля. Существенно, что при этом спектральный состав и дисперсия  $q(l)$  на больших участках дороги практически не изменяются. Как известно, стохастически эквивалентные процессы, имея одинаковые конечные распределения, как функции  $l$  или  $t$  могут вести себя различно.

Графическое представление этого положения дано на рис. 1, где показано, как меняется вид кривой  $q(l)$  при случайном изменении фазы одной из гармоник на  $\pm \pi$  или  $\pm \frac{\pi}{2}$  (на длине

одного периода или полупериода). Такого рода резкие, скачкообразные изменения ординаты микропрофиля особенно характерны для изношенных дорог (выбоины, «заплаты» и т. п.). Сюда же можно отнести стыки бетонных плит на автомагистралях, а также наледи, образующиеся на дорогах зимой.

Для большинства автомобильных дорог характерно единство «непрерывности» и «прерывности» микропрофиля, т. е. волновых и дискретных свойств. Эта двойственность характера микропрофиля до сего времени не подвергалась подробному исследованию с точки зрения возможных экстремальных воздействий на автомобиль.

В теории случайных процессов известно решение так называемой задачи о выбросах — определение среднего числа пре-

вышений заданного уровня параметра (в данном случае  $q$ ) и средней длительности выброса [1].

Однако более сложной является задача определения вероятности выбросов и заданного их числа на конкретной реализации. Сложность этой задачи заключается в том, что для ее решения необходимо знать закон распределения числа выбросов [1]. При анализе свойств микропрофиля автомобильных дорог приходится считаться с тем, что отдельные неровности значительной высоты могут следовать непосредственно одна за другой.

Вопрос чередования неровностей, как показывает практический опыт, заслуживает подробного исследования. Известно, что иногда встречается от двух до пяти почти одинаковых неровностей, следующих одна за другой и возбуждающих значительные колебания транспортных средств [3].

Определение вероятности такого явления представляет интерес с точки зрения оценки вероятности так называемой раскочки автомобиля.

Таким образом, особенности отдельных реализаций случайного процесса  $q(l)$  приводят к необходимости рассмотрения отдельных (прежде всего особо больших или резких по своим очертаниям) дорожных неровностей и их высоты и длины в качестве случайных величин. У такого подхода два важных преимущества: возможность изучать случайные явления как бы в «статике», в условиях отдаленно взятого опыта, что облегчает переход от привычных детерминированных представлений к вероятностным; облегчение установления вероятностных закономерностей в распределении высот и чередовании неровностей.

Рассмотрение результатов измерений микропрофиля дорог и наблюдения автора показывают, что распределение отдельных неровностей и групп неровностей вдоль дороги удовлетворяет следующим условиям:

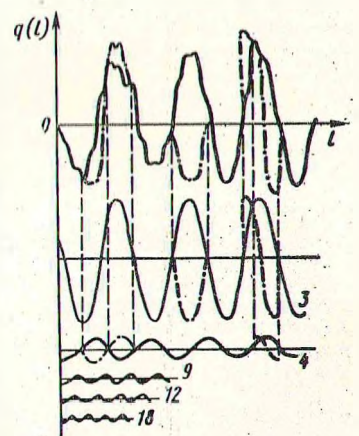


Рис. 1. Схема образования «фазоманипулированных» неровностей микропрофиля вследствие износа и разрушения покрытия дороги (сплошные линии — микропрофиль дороги и его некоторые гармонические составляющие; штрих-пунктирные — изменение профиля и фазы одной из гармоник; цифры — номера гармоник)