

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО
ДАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОГУ

При движении автомобиля давление колес на покрытие непрерывно изменяется. Имеющиеся неровности на дорожном покрытии вызывают колебания поддрессоренных и неподдрессоренных масс машины, в результате чего между поверхностью дороги и колесами машины возникает динамическое силовое взаимодействие.

Динамическое давление изменяется в широких пределах. Характер его изменения зависит от многих факторов: степени ровности дорожного покрытия, величины поддрессоренных и неподдрессоренных масс машины, жесткости рессор и др.

Определение величины динамических нагрузок и характера их изменения имеет важное значение при изучении работоспособности дорожных конструкций и в частности явления волнообразования. С этой точки зрения взаимодействие автомобиля и дороги является одним из наиболее важных вопросов и требует тщательного изучения.

Рассмотрим одномассовую систему, считая, что колесо не передает тягового усилия, подвеска линейна, движение установившееся.

Расчетная схема вертикальных колебаний системы приведена на рис.1.

Давление на дорогу R_k является функцией времени и зависит от характера колебаний системы при движении ее по неровностям дороги.

Воздействие на дорогу в случае рассматриваемой системы без учета упругости шин может быть выражено следующим образом:

$$R_k = (G + G_H) + m_H \ddot{q} - (z - q)C - (\dot{z} - \dot{q})K, \quad (1)$$

где q - вертикальное перемещение колеса;

z - вертикальное перемещение массы M ;

C - вертикальная жесткость подвески;

K - коэффициент сопротивления подвески.

Как видно из выражения (1), чтобы определить давление транспортной системы на дорогу, необходимо знать характер движения поддрессоренной массы M .

Считаем, что транспортная система движется по дороге, микро-рельеф которой представляется в виде синусоидальной функции [1]

$$q = H \sin \omega t,$$

где H - высота неровностей;

ω - частота возмущающей силы, равная $\frac{2\pi V}{\lambda}$;

t - время.

Для нахождения перемещений $Z = f(t)$ рассмотрим вертикальные колебания системы (см.рис.1).

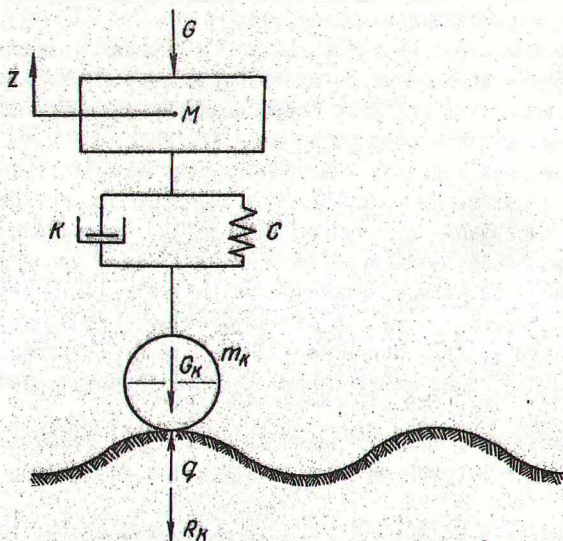


Рис.1. Расчетная схема вертикальных колебаний одномассовой системы

На основании уравнения Лагранжа имеем

$$M\ddot{Z} + KZ + CZ = K\dot{q} + Cq.$$

Членом $K\dot{q}$, учитывая [1], можно пренебречь. Тогда

$$\ddot{Z} + 2h\dot{Z} + p^2Z = \frac{CH}{M} \sin \omega t,$$

где $2h = \frac{K}{M}$; $p^2 = \frac{C}{M}$; $h' = \frac{CH}{M}$.

Таким образом, уравнение вертикальных колебаний рассматриваемой системы имеет следующий вид:

$$\ddot{z} + 2h\dot{z} + p^2z = h' \sin \omega t. \quad (2)$$

Считаем, что колебания установившиеся, в расчет принимаем только вынужденные колебания [2], которые определяются выражением

$$z = A \cdot \sin(\omega t - \alpha), \quad (3)$$

где α - разность фаз между вынужденными колебаниями и динамической силой [3].

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\omega h}{p^2 - \omega^2}. \quad (4)$$

Амплитуда вынужденных колебаний

$$A = \frac{h'}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4h^2\omega^2}}.$$

Производные \dot{z} , \ddot{z} соответственно равны $H\omega \cos \omega t$; $-H\omega^2 \sin \omega t$; $A\omega \cos(\omega t - \alpha)$.

Исходя из уравнения (1) и выражений (3) и (4), формулу динамического давления на дорогу запишем следующим образом:

$$R_k(t) = (C - m_k \omega^2) H \sin \omega t - AC \sin(\omega t - \alpha) - K \cos(\omega t - \alpha) \cdot (A + H\omega) = K_1 + K_2 + K_3, \quad (5)$$

$$\text{где } K_1 = (C - m_k \omega^2) H \sin \omega t; \quad K_2 = AC \sin(\omega t - \alpha); \\ K_3 = K \cos(\omega t - \alpha) (A + H\omega).$$

По формуле (5) произведены вычисления для одномассовой динамической системы, имеющей параметры $M = 2,41 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{см}$, $m_k = 0,76 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{см}$, $G = 2380 \text{ кг}$; $G_k = 760 \text{ кг}$; $C_p = 410 \text{ кг}/\text{см}$; $K = 30 \text{ кг}\cdot\text{сек}/\text{см}$; $C_{ш} = 1600 \text{ кг}/\text{см}$.

Длину неровности L_H принимаем равной 280 см, высота $H = 63 \text{ см}$. Определим приведенную жесткость системы

$$C = \frac{C_p \cdot C_{ш}}{C_p + C_{ш}} = 327 \text{ кг}/\text{см}.$$

Постоянные параметры уравнения (2) равны: $2h = 12,4 \text{ 1}/\text{сек}$; $p^2 = 136 \text{ 1}/\text{сек}$; $h' = 853 \text{ см}/\text{сек}$.

На рис. 2 приведен график изменения K_1 , K_2 и K_3 , а также R_k в зависимости от t при движении системы по волнообразным неровностям со скоростью 10 км/ч. Кривые 1, 2 и 3 имеют правильную синусоидальную форму. Суммарная кривая 4 также изменяется периодически, имея максимальные значения, соответствующие движению колеса

по впадине. Характерно, что время максимального значения R_k несколько сдвинуто относительно времени проезда середины впадины неровности. Максимальное значение динамического давления составляет 1351, а минимальное 987 кг.

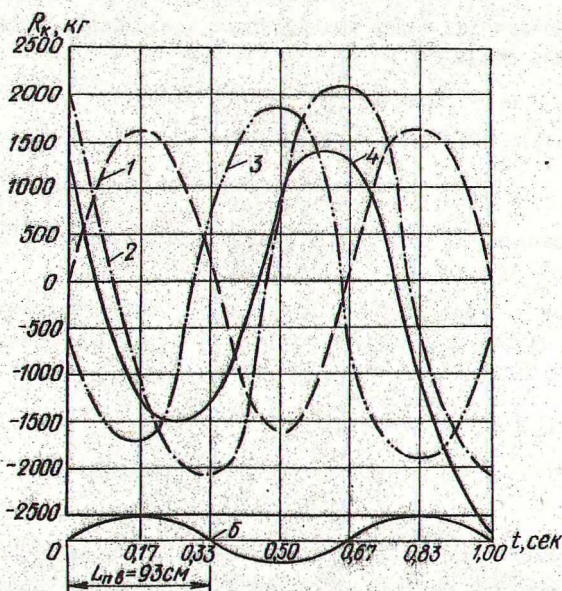


Рис. 2. Зависимость динамического давления R_k от времени t при скорости движения транспортной системы $V = 10$ км/ч:
 1 - $K_1 = f(t)$; 2 - $K_2 = f(t)$; 3 - $K_3 = f(t)$; 4 - $R_k = f(t)$; 5 - $q = f(t)$.

Результаты вычислений частоты возмущающей силы и амплитуды вынужденных колебаний при различных скоростях движения системы, а также значения динамических давлений на дорогу и коэффициент динамичности приведены в таблице.

Численные значения и характер изменения максимальной динамической силы в зависимости от скорости движения приведены на рис. 3. Из графика видно, что зависимость динамического давления от скорости движения транспортной системы близка к линейной. Увеличение скорости движения только на 5 км/ч ведет к возрастанию динамического

давления на 900 кг. При скорости движения свыше 25 км/ч динамическое давление возрастает более интенсивно. На графике показаны

Т а б л и ц а

V , м/сек	ω , 1/сек	A , см	K_1 , кг	K_2 , кг	K_3 , кг	$R_{k \max}$, кг	$K_{\text{дин}} = \frac{(G + G_H) + R_{k \max}}{G + G_H}$
0,80	2,68	6,41	23	565	-672	143	1,045
1,16	3,89	6,56	-1957	1967	364	354	1,112
1,44	4,83	6,73	-1938	2129	270	461	1,147
2,80	9,40	6,79	0	2066	-715	1351	1,430
4,16	13,96	4,66	-48	1420	810	2182	1,694
5,55	18,60	2,74	-15	651	2460	3096	1,986
6,94	23,30	1,70	0	332	3566	3898	2,241
8,33	27,87	1,17	77	146	4898	5121	2,631

также кривые, соответствующие малым скоростям движения (от 2,9 до 5,2 км/ч). Кривая 1 построена по расчетным данным, 2 - по экспериментальным. Сравнение кривых 1 и 2 показывает на удовлетворительную сходимость теоретических и экспериментальных исследований.

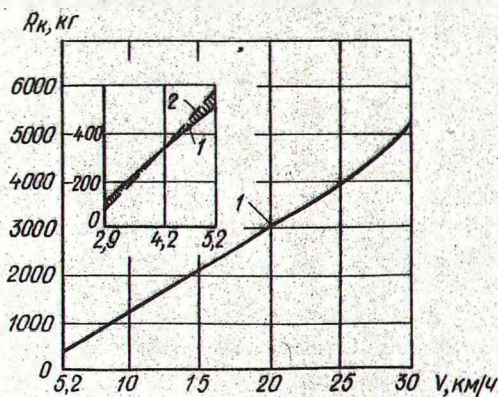


Рис. 3. Зависимость динамических давлений R_k от скорости движения V : 1 - теоретическая кривая, 2 - экспериментальная кривая

Для установления точности изложенной методики определения динамических нагрузок, действующих на дорогу, проведены экспериментальные измерения силы давления колеса при взаимодействии с волнообразными неровностями.

Измерение силы давления колеса производилось посредством регистрации вертикальных ускорений транспортной системы. Для наглядного представления об изменении динамической нагрузки по длине неровностей одновременно с регистрацией ускорений производилась запись траектории движения оси колеса при переезде неровностей.

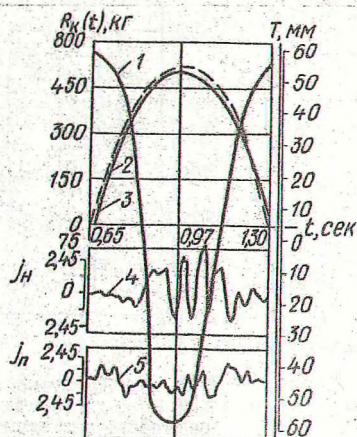
Для записи сигналов датчиков был использован осциллограф Н-700. Включение датчиков в электрическую схему регистрирующего прибора осуществлялось с помощью измерительных мостов.

Исследования проводились на грунтовом канале кафедры сухопутного транспорта леса и дорожных машин БТИ им. С.М.Кирова с помощью подвижного автостенда.

Скорость движения автостенда в процессе испытаний устанавливалась по данным полученных осциллограмм (по отметкам пути и времени). Переезд через неровности для каждой скорости движения повторялся 4-5 раз. При обработке полученных осциллограмм принимались максимальные значения вертикальных ускорений подрессоренных и неподресоренных масс автостенда из 4-5 величин.

На рис. 4 приведены теоретическая (кривая 2) и экспериментальная (кривая 3) зависимости динамического давления исследуемой системы на дорогу. Для наглядности приведены записи ускорений подрес-

Рис. 4. Графики динамических давлений на дорогу



соренных и неподдресоренных масс (кривые 4 и 5) и траектории движения оси колеса (кривая 1). Приведенный на рисунке отрезок времени соответствует по времени проезду впадины неровности.

Сравнение кривых 2 и 3 указывает на хорошую сходимость теоретических и экспериментальных данных. Разница по максимальным ординатам теоретических и экспериментальных кривых составляет 7,8%.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что разработанная методика является приемлемой для оценки давления колес автопоезда на дорогу.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. М., 1972.
2. Тимошенко С. П. Теория колебаний в инженерном деле. М.-Л., 1932.
3. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. М., 1967.

В.Е.Карышев, О.А.Атрощенко, В.А.Пастернацкий

ТАКСАЦИОННАЯ ОЦЕНКА УЧАСТКОВ УЗКИХ СНЕГОЗАДЕРЖИВАЮЩИХ ЛЕСОПОЛОС, ОТВОДИМЫХ ПОД РУБКИ УХОДА

Одним из способов восстановления надежного снегозадержания и жизнеспособности узких лесополос являются рубки ухода. Критерием для назначения рубок ухода в лесополосах служит высота их древесного яруса, при достижении которой рабочая часть насаждений становится излишне ветропроницаемой, в результате отмирания нижних ветвей у деревьев, изреживания и выпадения кустарников. В условиях Белоруссии эта высота составляет 10-13 м в зависимости от породного состава насаждений [2].

В связи с ежегодным увеличением объема рубок ухода в снегозадерживающих лесополосах Белоруссии возникает необходимость перспективного планирования таких работ и таксационной оценки запасов вырубаемой древесины. Наиболее удобным методом таксации запасов древесины является использование объемных таблиц. Между тем таблицы для определения объемов стволов, составленные для лесных насаждений, не отражают специфику роста и развития деревьев в лесополосах.