

этом отрезке будут значения выходной переменной в конце предыдущего участка. Таким способом просчитывается весь диапазон разгона.

В результате после перехода от переменной u к скорости движения автомобиля v_a получаются зависимости математического ожидания и дисперсии скорости от пути разгона автомобиля.

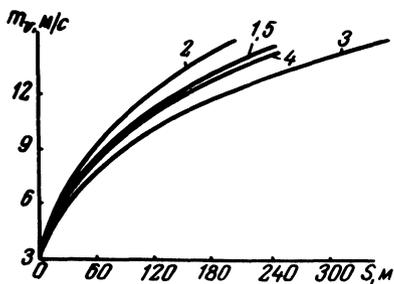


Рис. 2. Математическое ожидание скорости разгона.

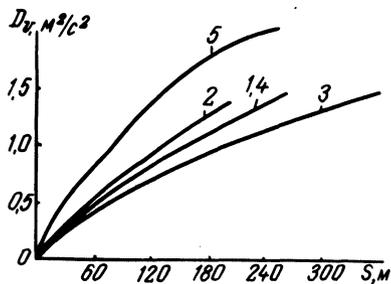


Рис. 3. Дисперсия скорости разгона.

На рис. 2 и 3 приведены результаты расчета разгона автомобиля МАЗ-500А: 1 - разгон с номинальной нагрузкой; 2 - полный вес автомобиля уменьшен на 20%; 3 - крутящий момент двигателя уменьшен на 20%; 4 - разгон с четырехступенчатой КП ЯМЗ-238; 5 - дисперсия дорожных подъемов уклонов увеличена в 5 раз.

Л и т е р а т у р а

1. Пугачев В.С. Теория случайных функций. - М., 1960.

УДК 629.113.012.55

Н.Ф.Метлюк, И.М.Флерко, С.Ю.Артамонов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО РАДИУСА КОЛЕС БОЛЬШЕГРУЗНОГО АВТОМОБИЛЯ

При теоретическом исследовании торможения автомобиля с противоблокировочным устройством (автоматическим регулятором тормозных сил) необходимо знать величину динамического радиуса r_d колес.

В процессе торможения автомобиля с противоблокировочным устройством непрерывно изменяются нормальные реакции на колесах автомобиля, что приводит к изменению величины r_d

Для определения величины r_d колес большегрузных автомобилей проведены эксперименты с шинами 320 - 508 модели ИЯВ-12Б, 320-508Р модели И-109Б и 300-508Р модели И-68А. Испытания проводились с помощью разработанного и изготовленного в Проблемной лаборатории автомобилей Белорусского политехнического института динамометрического прицепа. Последний позволяет исследовать в дорожных условиях комплекс характеристик взаимодействия колес с опорной поверхностью в ведомом и тормозном режимах. Можно испытывать колеса с одиночной и сдвоенной шинами.

Методика исследования заключалась в следующем. Сначала было изучено влияние тормозного момента M_T на величину динамического радиуса. Для определения r_d^T было изготовлено специальное устройство, измеряющее с помощью потенциометрического датчика расстояние от опорной поверхности до оси испытываемого колеса. В процессе движения динамометрического прицепа колесо затормаживалось и оттормаживалось. При этом на ленте осциллографа записывались M_T и r_d .

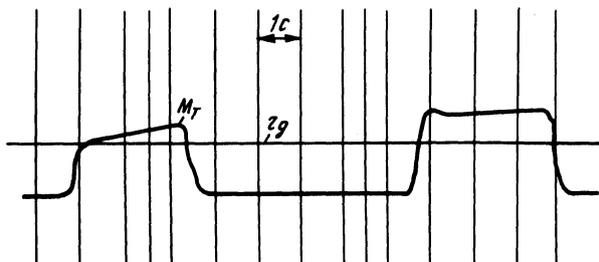


Рис. 1. Осциллограмма процесса торможения колеса.

На рис. 1 приведен фрагмент осциллограммы процесса торможения колеса, из которого видно, что приложение к колесу тормозного момента практически не влияет на величину r_d по отношению к ведомому режиму.

В процессе же торможения автомобиля r_d изменяется вследствие изменения нормальных реакций на r_d колесах. Поэтому, исследовав зависимость статического радиуса колеса $r_{ст}$ от нормальной нагрузки на него, мы можем определять величину r_d колес автомобиля при торможении.

На величину $r_{ст}$, а следовательно, и на величину r_d влияет также и величина давления воздуха в шине P_w . Поэтому,

чтобы удобнее было использовать в расчетах процесс движения автомобиля, желательно представить результаты эксперимента в виде математической зависимости r_{CT} от нормальной нагрузки на колесо G и давления воздуха в шине P_w .

Для решения этой задачи исследование проводилось с использованием методов математического планирования экспериментов. Применялся метод ротatableльного центрального композиционного планирования второго порядка [1], позволяющий получить зависимость между выходной величиной и влияющими факторами в виде уравнения

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_{1i} x_i + \sum_{i=1}^n a_{2i} x_i^2 + \sum_{i=1}^n a_{ik} x_i x_k, \quad (1)$$

где y – выходная величина; a_0 – свободный член; a_{1i} – коэффициенты при линейных членах, указывающие на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс; a_{2i} – коэффициенты при квадратичных членах, указывающие на влияние того или иного фактора в квадрате на изучаемый процесс; $a_{ik} (i < k)$ – коэффициенты при произведениях факторов, указывающие на взаимодействие факторов; n – число факторов; x_i, x_k – факторы, влияющие на изучаемый процесс.

В этом исследовании выходной величиной y является радиус статический r_{CT} , а влияющими факторами – нормальная нагрузка на колесо $G(x_1)$ и давление воздуха в шине $P_w(x_2)$.

Искомая зависимость $y = y(x_1, x_2)$ имеет вид:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + a_{12} x_1 x_2. \quad (2)$$

В уравнениях (1) и (2) значения факторов x_i должны представляться в кодированном виде. Кодированное значение фактора определяется следующим образом:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (3)$$

где x_i – кодированное текущее значение фактора; X_i – натуральное текущее значение фактора; X_{i0} – натуральное значение нулевого (основного) уровня; ΔX_i – шаг варьирования.

Задача заключается в том, чтобы спланировать и провести эксперимент для оценки численных значений коэффициентов этого уравнения.

В табл. 1 и 2 приведены соответственно уровни изменения факторов, план и результаты эксперимента.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Шина	Факторы	Кодовое обозначение	$x_i = -1,414$ (звездные точки)
320-508	$G, \text{кгс}$	x_1	1275
	$p_w, \text{кгс/см}^2$	x_2	1,7
320-508P	$G, \text{кгс}$	x_1	1275
	$p_w, \text{кгс/см}^2$	x_2	1,7
300-508P	$G, \text{кгс}$	x_1	2430
	$p_w, \text{кгс/см}^2$	x_2	2,9
320-508 (сдвоен)	$G, \text{кгс}$	x_1	1525
	$p_w, \text{кгс/см}^2$	x_2	3,6
320-508P (сдвоен)	$G, \text{кгс}$	x_1	1525
	$p_w, \text{кгс/см}^2$	x_2	1,7

Измерения $r_{\text{СТ}}$ проводились следующим образом. Динамометрический прицеп устанавливался на ровном участке дороги. Затем, изменяя величины давления воздуха в шине и нормальной нагрузки на колесо в соответствии с планом эксперимента с помощью штангенрейсмуса определялось расстояние от оси колеса до опорной поверхности, т.е. радиус статический. Давление воздуха в шине замерялось при помощи образцового манометра, а нормальная нагрузка на колесо задавалась пневматическим цилиндром системы вертикального нагружения колеса и определялась по манометру в магистрали, соединяющей пневмоцилиндр с ресивером (до этого была получена зависимость нормальной нагрузки на колесо от давления воздуха в пневмоцилиндре). Величина давления воздуха в пневмоцилиндре регулировалась с помощью крана следящего действия. В каждой точке плана эксперимента проводилось по три замера (в табл. 2 приведены средние значения величины $r_{\text{СТ}}$).

На основании математических зависимостей, приведенных в литературе [1], была составлена программа расчета на ЭВМ "Наири".

$x_1 = -1$ (верхний уровень)	$x_1 = 0$ (основной уровень)	$x_1 = +1$ (верхний уровень)	$x_1 = +1,414$ (звездные точки)	Шаг варь- ирования
1825	3200	4575	5125	1375
2,5	4,5	6,5	7,3	2,0
1825	3200	4575	5125	1375
2,5	4,5	6,5	7,3	2,0
2650	3200	3750	3950	550
3,5	5,0	6,5	7,1	1,5
2075	3450	4825	5375	1375
4,0	5,0	6,0	6,4	1,0
2075	3450	4825	5375	1375
2,5	4,5	6,5	7,3	1,0

В результате расчетов получены следующие зависимости для величины r (после оценки значимости коэффициентов):

шина 320^{СТ}-508

$$y = 528 - 16,9x_1 + 17,7x_2 + 6,3x_2^2 + 6,7x_1x_2; \quad (4)$$

шина 320-508P

$$y = 509 - 17,8x_1 + 16,8x_2 - 0,4x_1^2 - 6,4x_2^2 + 1,9x_1x_2; \quad (5)$$

шина 300-508P

$$y = 485 - 6,9x_1 + 10,3x_2 - 2,6x_2^2 + 0,9x_1x_2; \quad (6)$$

шина 320-508 (сдвоенная)

$$y = 547 - 7,3x_1 + 4x_2 + 0,54x_2^2 + 0,7x_1x_2; \quad (7)$$

шина 320-508P (сдвоенная).

$$y = 528 - 3,9x_1 + 10,7x_2 + 8,1x_1^2 - 6x_2^2 + 2,5x_1x_2. \quad (8)$$

Таблица 2. План и результаты эксперимента

Структура плана	№ п/п	Матрица плана	Результаты эксперимента				
			320-508	320-508P	300-508P	320-508 (двоенная)	320-508P
			$x_1 \ x_2$	y_i	y_i	y_i	y_i
	1	1 1	528,5	503,3	486,7	545,1	538,9
	2	-1 1	549,3	535,1	498,7	557,9	541,9
Ядро	3	1 -1	480,6	466,2	464,6	536,5	512,4
	4	-1 -1	528,1	505,6	480,2	552,1	525,4
	5	1,414 0	503,8	483,2	475,2	537,3	538,4
	6	-1,414 0	550,9	533,5	494,9	558,4	549,1
	Звездные точки	7	0 1,414	540,1	520,2	494,6	554,3
8		0 -1,414	488,9	472,3	464,9	541,8	500,6
9		0 0	526,9	509,3	484,9	546,7	527,9
10		0 0	526,5	509,2	485,3	547,3	527,5
11		0 0	527,2	509,2	484,8	547,0	527,4
Центр	12	0 0	527,1	509,2	484,7	547,7	527,5
	13	0 0	526,7	509,3	485,0	546,7	527,7

Используя выражение (3), на основании зависимостей (4) - (8) можно получить формулы, связывающие r_{CT} с натуральными значениями G и P_W :

шина 320-508

$$r_{CT} = 530,7 - 0,0233G + 15,23p_W - 1,575p_W^2 + 0,00244 G p_W ; \quad (9)$$

шина 320-508P

$$r_{CT} = 488 - 0,0148G + 20,59p_W - 0,0000002G^2 - 1,6 p_W^2 + 0,00069 G p_W ; \quad (10)$$

шина 300-508P

$$r_{CT} = 479 - 0,0179G + 14,88p_W - 1,15p_W^2 + 0,001G p_W \quad (11)$$

шина 320-508 (сдвоенная)

$$r_{ст} = 568 - 0,00786G - 3,2 p_w + 0,54p_w^2 + 0,000509 G p_w ; \quad (12)$$

шина 320-508P (сдвоенная)

$$r_{ст} = 547 - 0,0359G + 15,71 p_w + 0,0000042G^2 - 1,5p_w^2 + 0,00091 G p_w . \quad (13)$$

Полученные эмпирические зависимости могут быть использованы в расчетах процесса движения автомобиля.

Л и т е р а т у р а

1. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов: Пер. с нем./ К.Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер и др.; Под ред. Э.К.Лецкого. - М., 1977.

УДК 629.113 - 597.5

Н.Ф.Метлюк, В.П.Автушко, Ф.К.Кравец

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПНЕВМОАППАРАТОВ ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА АВТОПОЕЗДА КамАЗ

Клапаны различных пневматических аппаратов тормозного привода являются переменными дросселями, они существенно влияют на быстродействие и синхронность работы привода. Для применения методов динамического расчета необходимо иметь данные по коэффициентам расхода μ различных элементов привода или по их пропускной способности μf (f - мгновенное значение площади проходного сечения дросселя). До настоящего времени не получены аналитические формулы, определяющие величины μ или μf в зависимости от типа и конструктивных параметров клапанов пневматических аппаратов. Поэтому на практике, чтобы найти μ (или μf), широко используется косвенный метод, заключающийся в экспериментальном определении кривой $p(t)$ изменения давления воздуха при наполнении или опорожнении постоянного объема V через исследуемый аппарат [1,2,3].