

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЕЙ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ

Косолапов А.И., Косолапова С.А.,
Калиновская Т.Г.
Институт цветных металлов и золота СФУ
Красноярск, Россия

В горной промышленности наиболее широкое применение имеет автомобильный транспорт, что требует особого внимания к проектированию и строительству карьерных автомобильных дорог.

При проектировании карьерных дорог основными параметрами, которые необходимо обоснованно принимать, являются: ширина проезжей части, ширина обочин, величина продольных и поперечных уклонов, радиусы криволинейных участков, а также характеристики дорожного покрытия.

С целью обеспечения безопасности движения транспорта по карьерным автомобильным дорогам при определении требуемой ширины проезжей части дорог и размеров предохранительных валов необходимо проводить оценку влияния на эти параметры скоростных режимов движения автомобилей.

Предохранительный (породный) вал предназначен для ограждения проезжей части внутрикарьерной автомобильной дороги со стороны выработанного пространства с целью предотвращения аварий в случае потери управления автосамосвалом и исключает падение автомобиля с уступа при его подъезде к краю проезжей части дороги.

Проектирование карьерных дорог предполагает проведение испытаний в лабораторных условиях. Для этого разрабатываются масштабные модели объектов исследуемого процесса. При моделировании необходимо учитывать то, что параметры автомобильных дорог должны при определенной массе автомобиля обеспечить возможность его безопасного движения с заданной скоростью. При этом, учитывая необходимую скорость движения автомобиля, можно моделировать различные параметры дороги, например, уклон дороги и характер ее покрытия.

При моделировании объектов для проведения лабораторных исследований характера поведения автосамосвала при его наезде на породные валы необходимо соблюдать геометрическое и механическое (кинематическое и динамическое) подобия данных процессов. С целью повышения универсальности и информативности проводимых исследований при разработке моделей объектов использовались элементы теории подобия.

Две системы считаются геометрически подобными при соблюдении следующих отношений:

$$\frac{L}{L_m} = \alpha_L = const; \quad \frac{S}{S_m} = \alpha_S = const; \quad \frac{V}{V_m} = \alpha_V = const, \quad (1)$$

где $\alpha_L, \alpha_S, \alpha_V$ – соответственно константы подобия длины, площади и объема;

L_n, S_n, V_n – длина, площадь, объем действительного сооружения (натуры);

L_m, S_m, V_m – длина, площадь, объем модели.

Связь между константами подобия при отсутствии искажений вертикального масштаба модели представляют в виде

$$\alpha_S = \alpha_L^2, \quad \alpha_V = \alpha_S^2 = \alpha_L^3. \quad (2)$$

Движение автомобиля, характер наезда на ограждающее сооружение и его возможное падение с уступа связано с действием его силы тяжести. В связи с этим при моделировании необходимо использовать критерий подобия Фруда [1]:

$$F_r = \frac{v^2}{g \cdot L} = idem, \quad (3)$$

где v – скорость движения автомобиля;

g – ускорение свободного падения;

L – длина автомобиля.

При обосновании параметров моделируемых объектов необходимо обеспечить соблюдение условия равенства критерия Фруда в модели и натуральных условиях $(F_r)_m = (F_r)_n$.

В этом случае масштаб моделирования с учетом обеспечения динамического подобия можно определить по формуле [1]

$$a = \frac{r_n L_n^2 n_n^2}{r_m L_m^2 n_m^2} \quad (4)$$

где α - масштаб моделирования;
 ρ_n, ρ_m - плотность породы вала в натуральных условиях и в модели.
 С учетом сил тяжести

$$a = \frac{G_n}{G_m} = \frac{r_n g_n L_n^3}{r_m g_m L_m^3}, \quad (5)$$

где G_n, G_m - силы тяжести автомобиля в натуральных условиях и на модели;
 g_n, g_m - ускорение свободного падения в натуральных условиях и на модели ($g_n = g_m$).
 При равенстве правых частей уравнений (4) и (5) и после преобразования получаем

$$\frac{n_m^2}{g_m L_m} = \frac{n_n^2}{g_n L_n}. \quad (6)$$

Из уравнения (6) можно установить связь между константами подобия скоростей и длин автомобиля [2]

$$(a_v)^2 = a_L \quad (7)$$

Из условия соблюдения равенства критерия Фруда в натуральных условиях и на модели вытекают следующие соотношения [2]

$$\frac{v_n}{v_m} = (a_L)^{\frac{1}{2}}; \quad \frac{G_n}{G_m} = \frac{n_n S_n'}{n_m S_m'} = (a_L)^{\frac{1}{2}} \cdot a_L^2 = (a_L)^{\frac{5}{2}} \quad (8)$$

где S_n', S_m' - площадь лобовой поверхности автомобиля в натуральных условиях и на модели.

Модели считают сопоставимыми с натурными объектами исследований, если кроме соблюдения критериев геометрического, кинематического и динамического подобия, они изготовлены из эквивалентных по прочностным свойствам материалов [1,2]. В этом случае массу и скорость автомобиля можно определенным образом сопоставить с силой его воздействия на породный вал при наезде; площадь контакта колеса автомобиля с предохранительным валом - с размерами вала, а свойства его материала - с прочностными характеристиками. В соответствии с такой постановкой более полное подобие моделирования может быть достигнуто при использовании критерия Ньютона, учитывающего силовые, кинематические, геометрические и механические параметры объектов [2], в соответствии с которым в условиях подобия

$$\frac{F_n}{r_n l_n n_n} = \frac{F_m}{r_m l_m n_m} = idem, \quad (9)$$

где F_n и F_m - действующие силы в натуре и на модели;

l_n и l_m - линейные размеры вала в натуральных условиях и модели.

С учетом этого можно записать следующую систему уравнений для описания подобия моделируемого объекта:

$$\frac{m_m n_m^2}{m_n n_n^2} = c_e, \quad \frac{b_m d_m}{b_n d_n} = c_s, \quad \frac{r_m^2}{r_n^2} = c_k, \quad (10)$$

где b_m и b_n - ширина колеса на модели и в натуральных условиях;

d_m и d_n - диаметр колеса на модели и в натуральных условиях;

r_m и r_n - радиус частиц породы на модели и в натуральных условиях;

c_e, c_s, c_k - константы моделирования.

Уравнения для описания подобия можно представить следующим образом

$$\frac{m_m v_m^2}{b_m d_m r_m^2} = \frac{m_n v_n^2}{b_n d_n r_n^2}. \quad (11)$$

Уравнение (11) можно решить относительно любого параметра при прочих заданных значениях. В частности, можно установить зависимость массы модели автомобиля от его скорости, обеспечивающую подобие модели и натуральных условий,

$$m_m = \frac{m_n v_n^2 b_m d_m r_m^2}{v_m^2 b_n d_n r_n^2}. \quad (12)$$

Из формулы (12) видно, что массу модели автомобиля можно рассчитывать не учитывая масштабные коэффициенты.

Подобный подход упрощает моделирование объектов для лабораторных исследований за счет возможности проведения всех необходимых испытаний на одной физической модели автомобиля со сменными колесами и изменяемым весом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Насонов Н.Д. Моделирование горных процессов. – М.: Недра, 1978. – С. 8-28, 36-50.
2. Симаков В.А. Основы постановки научных исследований в горнорудной промышленности. - М.: МГРИ, 1971. – С. 46-63, 71-79, 87-92.