

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОДРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В данной работе рассматриваются вопросы прогнозирования сдвижения дороги, возникающего в результате подземных горных работ (ПГР).

При реализации данной задачи было рассмотрено: система базовых точек дороги; условие появления мульды сдвижения; система базовых точек мульды сдвижения; математическая модель, прогнозирующая изменение пространственных координат базовых точек дороги; произведено сравнение прогнозируемых изменений параметров дороги с допустимыми по техническим нормам и правилам.

В качестве базовых точек автомобильной дороги приняты ее геометрические параметры как пространственного тела. Они делятся на два вида: те, которые определяют положение оси дороги относительно трассы как пространственной оси.

Принято допущение, что тело оседания, образованное в процессе заполнения угольной выработки вышележащими горными породами, представляет собой эллиптический конус. Его объем зависит от объема заполняемого пространства выработки. Для каждого типа горных пород над выработкой, высота тела оседания, в предельном переходе соотношения глубина залегания/объем выработки, определяет образование мульды сдвижения.

Для каждой обрушаемой горной выработки, над зоной оседания которой проходит дорога, вводится собственная система координат. Вертикальная ось этой системы совпадает с геометрической осью тела оседания, горизонтальные оси ортогональны ей. Точки тела оседания фиксируются во внешней системе координатами точек переноса. Также фиксируются соответственно углы между внешней и внутренней системой координат.

Основания и сечения тела оседания представляют собой эллипсы. Осями меньшего основания эллипса являются ортогональные проекции длины и ширины угольной выработки. Полуоси верхнего основания, обусловленные объемом тела оседания.

Тело оседания определяет следующие параметры мульды сдвижения: ширину $2a$ в промежутке $[x_0-a; x_0+a]$ по оси абсцисс внешней системы координат, длину $2b$ в промежутке $[y_0-b; y_0+b]$ по оси ординат, величину максимального оседания $z_{\max} = z_{\max}(H_{\text{пр}})$. Система координат мульды сдвижения совпадает с системой координат тела оседания. Следовательно, возможно записать во внешней системе координаты любых точек мульды сдвижения, в том числе крайних точек и угол направления от любой точки с известными координатами. В связи с горно-геологическими особенностями залегания пород, принята гипотеза о деформировании земной поверхности в виде двумерного распределения Гаусса, заданного для двух независимых случайных величин. Базовыми точками мульды сдвижения являются величины полуосей эллипсов, находящихся в сечениях мульды. Границы сечений определены нормальным законом, с шагом квантования по вертикальной оси.

Объектом моделирования представлена автомобильная дорога. С данным объектом связано явление сдвижения, вызванное оседанием земной поверхности, т.е. образованием мульды сдвижения. Следовательно, изменяются пространственные координаты всех точек поверхности земли, где образовалась мульда сдвижения, в том числе и пространственные координаты автомобильной дороги. Изменение пространственных координат главных узлов дороги для каждого сечения мульды сдвижения представлено в виде математической модели, записанной системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Базовые точки мульды сдвижения, исходя из шага квантования по сечениям, являются начальными условиями задачи Коши данной системы.

Предложенная модель позволяет рассчитать все изменения геометрических параметров дороги и оценить специальный параметр P . Сравнение их изменений с нормативно-допустимыми и анализ изменения специального параметра по участкам дороги, подверженной влиянию ПГР, позволяет вычислить изменение коэффициента безопасности движения и оценить влияние ПГР на условия движения с целью компенсации дополнительных затрат по улучшению транспортно-эксплуатационных показателей.

Таким образом, исходя из условия образования мульды сдвижения, используя предложенные системы базовых точек автомобильной дороги, можно выявить недопустимые изменения геометрических параметров дорог, проходящих над горными выработками, и показать необходимость их корректировки.