

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧАСТИЦ ДИСКРЕТНОЙ СРЕДЫ

Кодунов Б. А.<sup>1</sup>, к. т. н., доц.;

Земелько О. А.<sup>2</sup>, магистрант

<sup>1</sup> Индустриальный институт ГВУЗ «ДонНТУ», Покровск, Украина

<sup>2</sup> ГВУЗ «ДонНТУ», Покровск, Украина

Модель дискретной среды как совокупности твердых частиц может применяться в горном деле для описания свойств взорванной руды и толщи горных пород блочной структуры. Зная закономерности перемещения кусков руды и налегающих пород можно управлять процессом её выпуска, добиваясь наилучших показателей извлечения. Моделируя процесс перемещения пород, можно прогнозировать сдвигения и деформации горного массива и земной поверхности.

Известные математические модели, позволяющие определять положение поверхности контакта руды с налегающими породами после выпуска определённой дозы руды или оседания земной поверхности при выемке полезного ископаемого, имеют аналитический вид. Установлено [1], что куски руды перемещаются к выпускным отверстиям по параболическим траекториям в разрыхленной зоне, имеющей форму эллипсоида вращения. При этом поверхность контакта руды с налегающими породами трансформируется, образуя воронки, и достигает выпускного отверстия.

Аналитическое описание воронок получено только для одного обособленного отверстия. В реальных условиях выпуск руды ведут поочередно из смежных выпускных отверстий, каждое из которых оказывает влияние на процесс перемещения частиц. Образуется довольно сложная по форме поверхность, не поддающаяся строгому математическому описанию.

В работе [2] предложена математическая модель перемещения частиц сыпучего материала в зоне совместного влияния выпускных отверстий. Поверхность контакта руды с налегающими породами или объём произвольной формы в массе сыпучего материала представляется в виде материальных точек (частиц). Перемещение частиц происходит только в зоне вторичного разрыхления. Таким образом, частица перемещается к выпускному отверстию в том случае, если она попадает в эллипсоид разрыхления, развивающийся при выпуске из соответствующего отверстия. После перемещения частицы располагаются на трансформированной поверхности, которую можно представить графически. При моделировании исходные координаты частиц преобразуются в выходные. В результате имитируется реальный физический процесс перемещения частиц и модель отображает процесс функционирования объекта. На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма вычисления координат

частиц. Входными параметрами модели служат сыпучие свойства руды, определяемые показателем сыпучести, коэффициент вторичного разрыхления, расстояние между выпускными отверстиями, исходные координаты частицы.

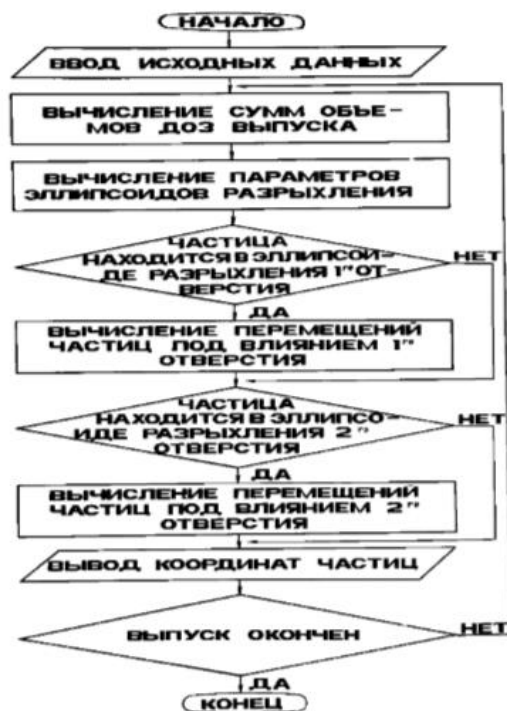


Рисунок 1. Схема алгоритма вычисления координат частиц сыпучего материала при выпуске из смежных отверстий

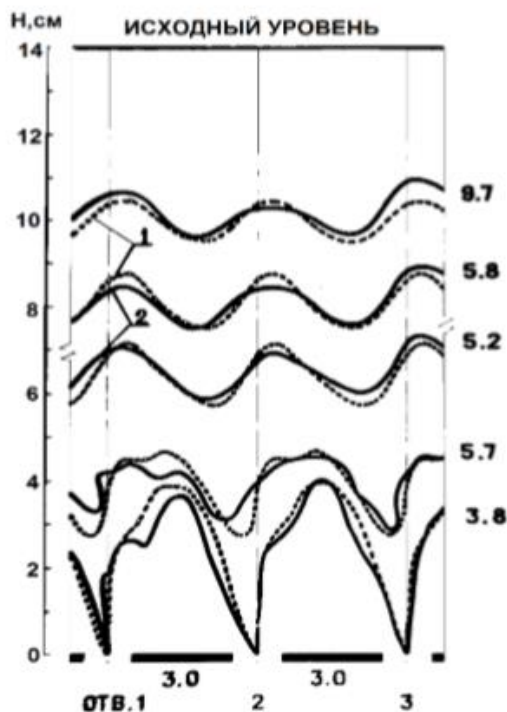


Рисунок 2. Перемещение контакта руды с породой: 1 — компьютерное моделирование, 2 — физическое моделирование

Управляющими параметрами могут служить объём дозы выпуска руды, а также их число.

Выходными параметрами являются координаты частицы, переместившейся в результате выпуска.

Идентификация данной математической модели проведена путём сравнения результатов компьютерного и физического моделирования, представленных на рис. 2., где видно, что они практически совпадают.

Это позволило применить данную модель для определения пространственного расположения потерянной при выпуске руды в реальных условиях действующей шахты.

Компьютерное моделирование в сравнении с физическим моделированием обладает рядом неоспоримых преимуществ, среди которых оперативность и экономичность. Поэтому рассмотренная модель может быть использована для управления выпуском руды в автоматизированных системах управления и контроля, для определения оптимальных параметров систем разработки при проектировании и др.

С некоторыми изменениями данная модель была применена для прогнозирования сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений[3]. Векторы перемещения частиц, полученные по

начальным и конечным координатам, дают возможность вычислять значения

сдвижений и деформаций в любой точке области сдвижения горных пород (рис. 3).

Таким образом, предложенная компьютерная модель позволяет имитировать реальный физический процесс перемещения частиц дискретной среды и решать разнообразные задачи, связанные с выпуском руды и сдвижением породной толщи при разработке месторождений.

В задачи дальнейших исследований входит определение деформаций горного массива для выбора

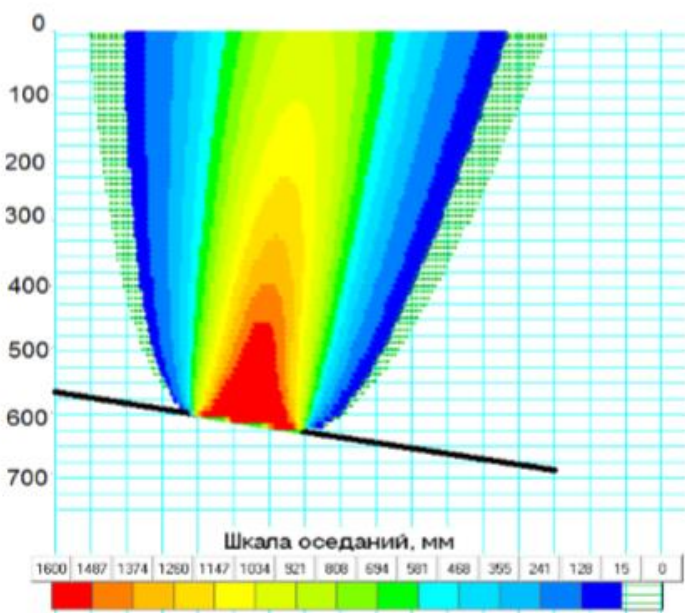


Рисунок 3. Моделирование оседаний в области сдвижения горных пород

оптимального места расположения горных выработок.

### Литература

1. Куликов В. В. Выпуск руды / В. В. Куликов. — М. : Недра, 1980. — 303 с.
2. Кодунов Б. А. Моделирование формы и расположения поверхности контакта обрушенной руды с налегающими породами / Б. А. Кодунов // Горный журнал. — 1987. — №9. — С. 41—43.
3. Кодунов Б. А. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений / Б. А. Кодунов // Уголь. — 1991. — №2. — С. 54—56.

### Аннотация

Рассмотрена компьютерная модель перемещения частиц дискретной среды для описания процессов выпуска руды и сдвижения горных пород. Показаны её преимущества в сравнении с физическим моделированием.

Ключевые слова: дискретная среда, компьютерное моделирование, выпуск руды, сдвижение горных пород.