

Последовательность построения модели и прогноза прочности вмещающих пород в пределах шахтного поля:

1. По каждой скважине заполняется таблица 1.
2. Для каждой литологической разности строится график распределения прочности как поверхность $R(x,y)$ (рис.3).
3. Определяются изолинии значений предела прочности.
4. Определяются градиенты полученного поля в характерных точках и их модули (максимальная скорость изменения поля и направление, в котором это изменение имеет место).
5. В направлении наибольшего изменения прочности осуществляется сечение поля $R = R(x,y)$ соответствующей плоскостью.
6. В плоском сечении осуществляется наиболее точная аппроксимация эмпирических данных.
7. На основе полученного аппроксимирующего выражения для изменения прочности в заданном направлении выполняется прогноз прочностных свойств на участках, не охваченных сетью разведочных скважин.

Выводы. Разработан алгоритм прогноза прочностных свойств углевмещающих пород в пределах шахтного поля на основе представления прочностной характеристики горных пород как функции координат точки шахтного поля. Такая функция представляет собой результат экстраполяции имеющихся данных о величине исследуемой характеристики в нескольких точках опробования.

Список литературы

1. Браверман Э.М., Мучник И.Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. – М.: Наука, 1983.
2. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1998.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1999.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенком О.М.
Надійшла до редакції 25.03.10*

УДК 622.257.1

© П.Н. Должиков, А.А. Шубин, Д.В.Корсаков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОВАЛА НАД ГОРНОЙ ВЫРАБОТКОЙ

Показаны основные этапы формирования провала гидроактивизированной зоны массива
Показані основні етапи формування провалу гідроактивізованої зони масиву
The basic stages of forming of failure of the water-saturated rock are rotined

Основная цель моделирования провала гидроактивизированной зоны в породном массиве – изучить экспериментально процесс деформации песчано-глинистого грунта и установить закономерность влияния гидроактивизации на

образование провала. Для этого необходимо провести серию лабораторных экспериментов в соответствии с принципами теории подобия горных процессов.

Основным в рассматриваемом процессе есть движение обводненного грунта, поэтому необходимо соблюдение геометрического и кинематического подобия [1]. Для получения критерия подобия запишем функцию для скорости деформирования грунта от основных параметров: влажность грунта W , время развития процесса t , диаметр течения d :

$$v = f(W, t, d), \quad (1)$$

или

$$\varphi = f(v, W, t, d). \quad (2)$$

В соответствии с π – теоремой: имеем четыре переменные величины, две из которых независимые, а также учтем, что влажность величина безразмерная. Следовательно, имеем уравнение:

$$t^x v^y d^{-1} W^{-1} = L^0 T^0, \quad (3)$$

или в размерностях:

$$T^x \left(\frac{L}{T}\right)^y L^{-1} W^0 = L^0 T^0. \quad (4)$$

Откуда составляем систему уравнений и получаем: $x=1$; $y=1$. Таким образом, критерий подобия имеет вид:

$$\pi = \frac{tv}{dW}. \quad (5)$$

Это и есть критическое число разрушения грунтовой системы.

Поэтому для моделирования провала активизированной зоны необходимо сохранение критерия разрушения:

$$Kp_M = Kp_H, \quad (6)$$

или

$$\frac{t_M v_M}{d_M W_M} = \frac{t_H v_H}{d_H W_H}. \quad (7)$$

Моделирование процесса провала гидроактивизированной зоны будем проводить на натуральных грунтах (четвертичные глины, суглинки), это означает, что принимаем $W_M = W_H$. Исходя из того, что в реальных условиях диаметр провала в нижней части воронки составляет преимущественно 2–3 м при различной глубине, выбираем коэффициент геометрического подобия $d_H/d_M = 50$. Поэтому для кинематики процесса необходимо соблюдение условия:

$$\frac{t_H \cdot v_H}{t_M \cdot v_M} = 50. \quad (8)$$

Таким образом, физическая модель провала гидроактивизированной зоны

в породном массиве состоит из воронки, диаметр которой в нижней части составляет 4–5 см. Боковые образующие воронки обернуты грубой (1 мм) наждачной бумагой. В воронку загружается грунт различной плотности и влажности в интервале от границы раскатывания до границы текучести. При открывании нижнего отверстия изучается процесс деформирования грунта за счет срезающих и сжимающих напряжений. Причем первые развиваются более интенсивно по краям воронки, образуя плоскости скольжения. Основными контрольными параметрами, является скорость деформирования и время образования провала при фиксированной влажности грунта.

Схема экспериментальных исследований показана на рис. 1.

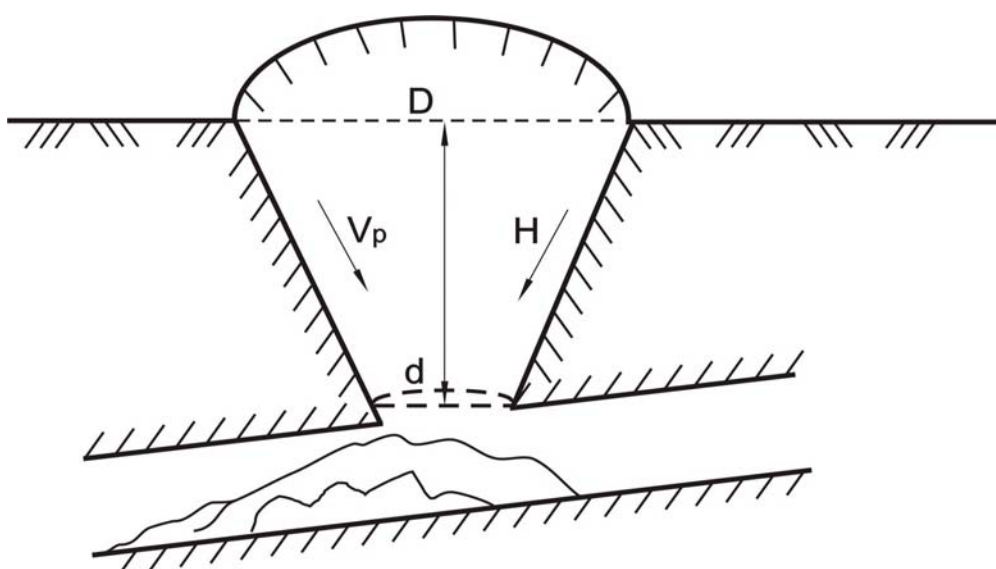


Рис. 1. Схема провала грунта над горной выработкой

В эксперименте использовались глины и суглинки Ростовской области, их инженерно-геологические свойства приведены в табл. 1.

Таблица 1

Инженерно-геологические свойства грунта

Вид грунта	Плотность, 10^3 кг/м^3	Пористость, %	Влажность, %	Число пластичности	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град	Коэффициент фильтрации, м/с
Глина	2,71	41	28	32	0,04	21	$5,8 \cdot 10^{-8}$
Суглинок	2,70	38	24	16	0,03	25	$3 \cdot 10^{-7}$

Исследования проводились при различных диаметрах, нижней части воронки (4 см; 4,5 см; 5 см) для каждого вида грунта. При этом влажность грунта в каждом опыте увеличивалась до влажности на границе текучести. Результаты экспериментальных исследований провалов грунта приведены в табл. 2

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований провалов

№ грунта*	Диаметр течения, см	Площадь течения, см ²	Глубина провала, см	Напряжение сдвига, МПа	Влажность, д.ед.	Скорость провала, 10 ⁻³ ·м/мин	Время провала, мин
1	4,0	50,2	25	0,041	0,28	0,62	139
2	4,5	63,6	25	0,032	0,32	0,87	65
3	5,0	78,5	25	0,028	0,4	1,8	12
4	4,0	50,2	25	0,039	0,2	1,44	178
5	4,5	63,6	25	0,033	0,25	1,75	47
6	5,0	78,5	25	0,027	0,29	2,41	16
7	4,5	63,6	25	0,030	0,32	3,0	10

*Номера грунта с 1 по 3 соответствуют глине, с 4 по 7-ой – суглинку.

По полученным результатам построены графики зависимости скорости образования провала от влажности, а также зависимость скоростей формирования провала от времени (рис. 2 – 4).

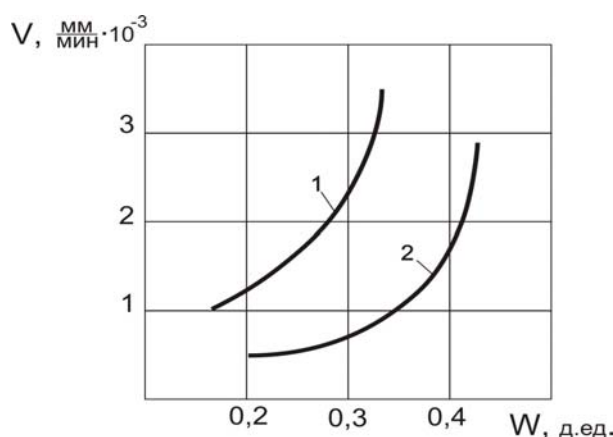


Рис. 2. Зависимость скорости деформации гидроактивизированного грунта от влажности: 1 – суглинок; 2 – глина

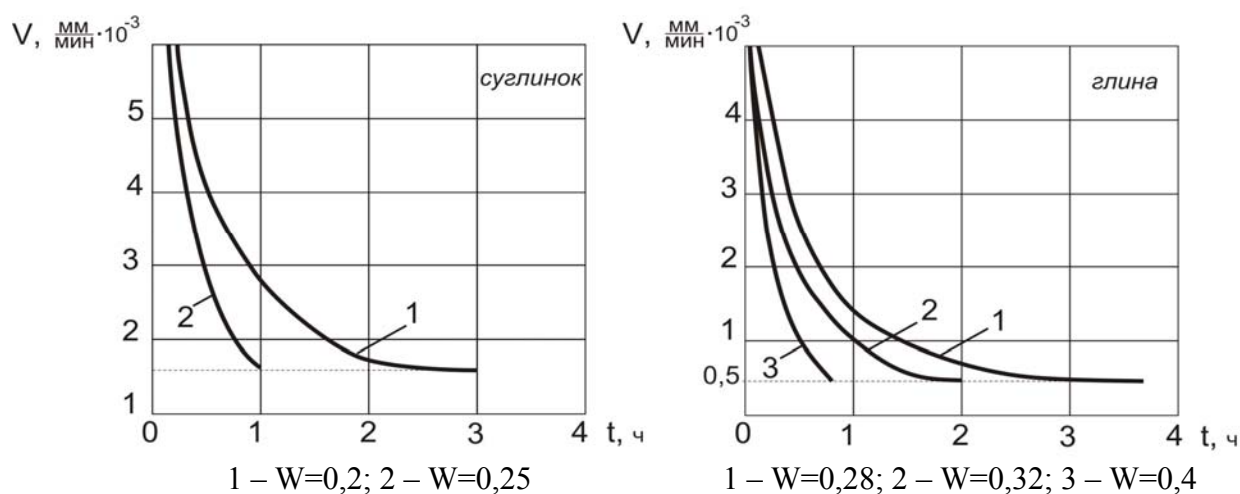
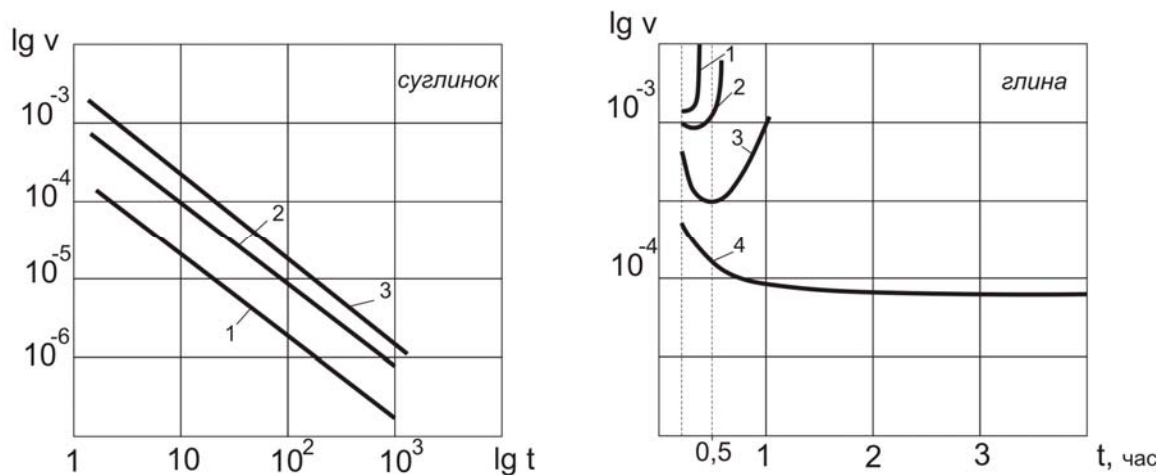


Рис. 3. Зависимость скорости деформации гидроактивизированного грунта от времени образования провала



1 – W=0,29; 2 – W=0,25; 3 – W=0,2 1 – W=0,4; 2 – W=0,32; 3 – W=0,28; 4 – W=0,21

Рис. 4. Изменение логарифмической скорости деформации гидроактивизированного грунта во времени процесса

Для практических целей важно использование полученных логарифмических зависимостей для прогнозирования развития процесса провала. Для этого используется аналитическая зависимость [2]

$$v_t = v_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-m}, \quad (9)$$

с достаточной для практических целей точностью отображающая изменение скорости провала во времени (1–3 часа).

Для этого было определено значение показателя степени m . Обработывались результаты с испытаниями образцов глины и суглинка, приведены они в табл. 3.

Таблица 3

Значение показателя степени m

№	Грунт	Напряжение среза, МПа	Влажность, д. ед	Показатель m
1	Глина	0,040	0,28	1,08
2	Глина	0,030	0,32	1,10
3	Глина	0,027	0,4	1,15
4	Суглинок	0,032	0,2	0,98
5	Суглинок	0,031	0,25	1,00
6	Суглинок	0,026	0,29	1,03

Проведенные экспериментальные исследования отобразили реальную картину совокупности процессов, происходящих при развитии провалов над горными выработками. Результаты исследований подвергались статистической обработке, повторялись до получения устойчивого результата. При этом отклонение фактических данных от средних значений, за исключением случайных величин, составляло 7–16 %.

Список литературы

1. Алабужев П. М., Геронимус В. Б. Теории подобия и размерностей. М.: Высш. школа, 1968.-208с.
2. Шубин А.А. Ликвидация подземных пустот в условиях активизации техногенных процессов. Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. Регион», 2005.- 116 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Роєнком А.М.
Надійшла до редакції 26.03.10*

УДК 622.235

© Н.Р. Шевцов, С.А. Калякин

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Приведены результаты исследований направленных на развитие концепции безопасности производства взрывчатых работ в угольных шахтах, опасных по газу и взрывам угольной пыли.

Наведено результати досліджень спрямованих на розвиток концепції безпеки виробництва вибухових робіт у вугільних шахтах, небезпечних по газу і вибухів вугільного пилу.

The results of studies aimed at developing the concept of safety in production blasting in coal mines, dangerous on gas and coal dust explosion.

Взрывные работы являются самым эффективным способом разрушения горных пород в угольных шахтах. Добыча угля в условиях шахт Донбасса сопряжена с опасностью ведения горных работ, которая обусловлена большой глубиной разработки пластов, газоносностью горного массива и наличием выбросов угля, породы и газа в выработки. Это указывает на потенциальную, а в ряде случаев, реальную опасность взрывов метановоздушной смеси (МВС) или пылевоздушной смеси (ПВС) в угольных шахтах при взрывных работах. Поэтому повышение безопасности взрывных работ в угольных шахтах имеет важное научное и практическое значение.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что безопасность взрывных работ базируется на соблюдении требований пылегазового режима при проведении взрывных работ, применении предохранительных взрывчатых веществ (ПВВ) и средств взрывания, внутренней забойки шпуров, электрического способа короткозамедленного взрывания с параметрами, исключающими возникновение опасных ситуаций в забое выработки, безопасных приборов электровзрывания, средств взрывозащиты в горных выработках. Положения этих требований формируют современную концепцию безопасности взрывных работ в шахтах опасных по газу и взрывам угольной пыли, и сводятся к обязательному выполнению взрывопредупреждения при взрыве зарядов ПВВ и взрывозащите в случае возникновения воспламенения взрывоопасной среды [1, 2]. Многолетний опыт ведения взрывных работ в опасных условиях угольных шахт показал, что данная концепция не всегда обеспечивает требуемую безопасность работ. Поэтому при взрывных работах имеют место случаи вспышек и