

УДК 622.831

Е.А. Телегина**ПРОГНОЗ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
В ЗОНЕ НЕПОЛНОЙ ПОДРАБОТКИ**

Установлены с помощью математического моделирования аппроксимационные соотношения, определяющие величину оседаний земной поверхности и длины краевой части мульды сдвижения при условии неполной подработки.

Ключевые слова: оседания земной поверхности, краевая часть мульды сдвижения, математическое моделирование.

Для Верхнекамского месторождения калийных солей расчет оседаний земной поверхности действующим нормативным документом [1], в целом, регламентируется только для условий полной подработки. В этом случае оседания на конец процесса сдвижения вычисляются из выражения:

$$\eta_{\max} = 0.9m_0 \cdot \omega \cdot p, \quad (1)$$

где m_0 - вынимаемая мощность при отработке пласта; ω - расчетный коэффициент извлечения; p - параметр, учитывающий влияние закладки выработанного пространства при отработке рассматриваемого пласта.

Длина краевой части мульды сдвижения определяется формулой:

$$L = H(ctg\delta_0 + ctg\psi). \quad (2)$$

где угол полных сдвижений составляет $\psi = 55^\circ$, а граничный угол $\delta_0 = 50^\circ$, H - глубина разработки.

При условии неполной подработки, априори, очевидно, что величина оседаний и краевая часть мульды сдвижения зависят от размера выработанного пространства (D).

Для установления взаимосвязи между величиной оседаний земной поверхности и длины краевой части мульды сдвижения в зависимости от глубины разработки и размера выра-

ботанного пространства выполнялось многовариантное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния подработанного массива. Расчетная схема задачи представлена на рис. 1. Граничные условия определялись следующим образом: на боковых границах горизонтальные смещения, а на нижней границе вертикальные - принимались равными нулю. Учет собственного веса пород проводился посредством задания массовых сил интенсивностью γ_i (γ_i - удельный вес i -го элемента геологического разреза). В основу расчетной схемы положен традиционный для условий Верхнекамского месторождения геологический разрез. В качестве метода численной реализации использовался метод конечных элементов [2].

При многовариантных расчетах варьировались размер выработанного пространства и глубина горных работ. На рис. 2 иллюстрируется построенная по результатам математического моделирования зависимость нормированной величины максимальных оседаний при неполной подработке от параметра D/H (η_{\max} определяется по формуле (1)).

Полученный график изменения η_0 предопределяет вид функции, ап-

проксирующей результаты численных экспериментов, которая может быть представлена полиномом второй степени:

$$\eta_0 = \eta_{\max} [a + bD/H + c(D/H)^2] \quad (3)$$

где a, b, c - параметры аппроксимации. В соотношении (3) принимается, что при размерах выработанного пространства $D/H < 0,1$ оседания земной поверхности практически отсутствуют. При $D/H > 2,2$ реализуется условие полной подработки, когда $\eta_0 = \eta_{\max}$.

Процедура поиска параметров аппроксимации осуществлялась методом их перебора по итерационной схеме. Конечным его этапом являлась минимизация функционала:

$$Y(a, b, c) = \sum_{n=1}^N [\eta_0^{\text{числ}} - \eta_0^{\text{анпр}}]^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где $\eta_0^{\text{числ}}$ значения оседаний, полученные по результатам математического моделирования, $\eta_0^{\text{анпр}}$ - рассчитанные в соответствии с функцией (2), N - количество точек, по которым производилось суммирование при реализации итерационного алгоритма минимизации. Полученные расчетные значения параметров аппроксимации представляют собой функциональные зависимости (η_{\max} и H в м.):

$$a = \eta_{\max} \cdot [-1.73 \cdot 10^{-5} \cdot H - 0.0067] + 0.00034 \cdot H - 0.23$$

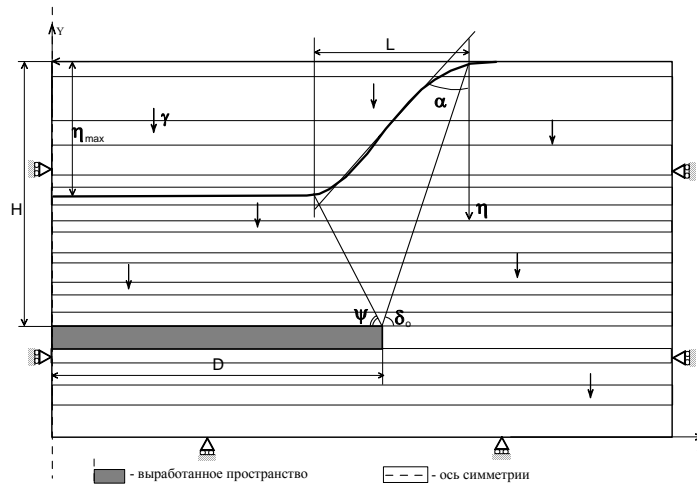


Рис. 1. Расчетная схема задачи

$$b = \eta_{\max} \cdot [0.00016 \cdot H - 0.16] + 0.001 \cdot H + 1.36, \quad (5)$$

$$c = \eta_{\max}^{(0.001H - 0.73)} \cdot [-0.001 \cdot H - 0.3].$$

Согласно (2) длина краевой части мульды сдвижения L при условии полной подработки и принятых для условий ВКМКС углах сдвижения составляет $L = 1,54H$. Данная величина параметра L является базовой и достигается вне зависимости от реализованных максимальных оседаний η_{\max} . При уменьшении размеров выработанного пространства длина краевой

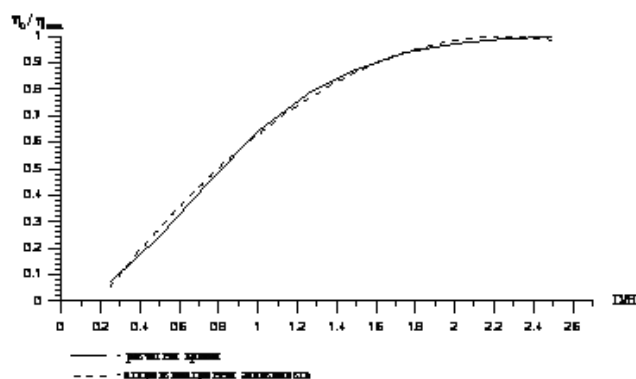


Рис. 2. Изменение максимальных оседаний земной поверхности при вариации размеров выработанного пространства

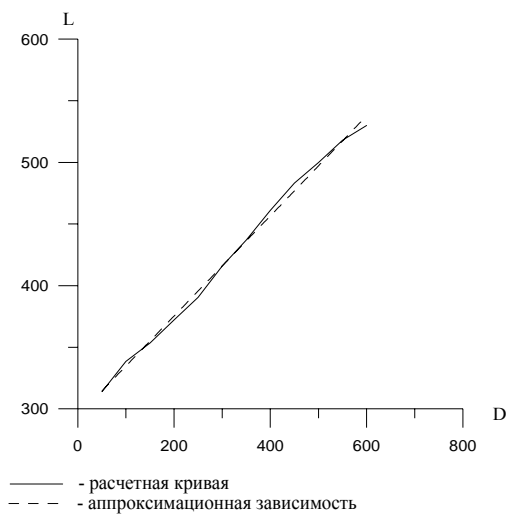


Рис. 3. Изменение длины краевой части мульды сдвижения при вариации размеров выработанного пространства

части может отличаться от базового значения в меньшую сторону. При математическом моделировании вели-

чина L рассчитывалась исходя из того, что угол наклона α кривой оседаний земной поверхности в краевой части мульды сдвижения должен быть максимальным. На рис.3 иллюстрируется построенная по результатам математического моделирования линейная аппроксимация длины краевой части от размера выработанного пространства:

$$L = A \cdot D + B. \quad (6)$$

Параметры аппроксимации могут быть представлены в следующем виде:

$$A = 9.79^{-5} \cdot H + 0.354, \quad (7)$$

$$B = 0.714 \cdot H + 7.717.$$

Таким образом, построенные по результатам многовариантного математического моделирования расчетные соотношения позволяют прогнозировать основные параметры мульды сдвижения для условий неполной подработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях ВКМКС. С.-П., 2004.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. **111**

Коротко об авторе

Телегина Е.А. – Горный институт УрО РАН, arc@mi-perm.ru

