

УДК 622.834

*А.В. Гришин***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЯ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КРАТКОСРОЧНЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ***

Семинар № 2

В период освоения новых месторождений полезных ископаемых, а также при переходе от одного способа разработки к другому возникают затруднения с решением ряда вопросов, связанных с освоением месторождения. Затруднения эти вызваны тем, что на первых этапах существования горного предприятия недостаточно накоплено информации о параметрах и закономерностях деформационных процессов, присущих данному месторождению, ввиду невозможности проведения длительных натурных наблюдений. Выходом из сложившейся ситуации может служить проведение кратковременных частотных наблюдений.

Метод кратковременных частотных наблюдений основан на установленной наблюдателями закономерности, согласно которой при подвигании забоя процесс сдвижения поверхности повторяется по мере подвигания забоя, т.е. сдвижения точек в плоскости по направлению ведения работ происходит по подобным траекториям.

Процесс сдвижений в подработанном слоистом массиве можно представить следующим образом [1]. Подвигание очистного забоя сопровождается активизацией сдвижений. В призабойной зоне формируется волна сдвижения, которая представляет собой симметричную

кривую распределения скоростей оседаний. Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что волна сдвижения проходит через всю толщу пород массива, затухая с удалением от очистной выработки, но сохраняя свое подобие (рис. 1).

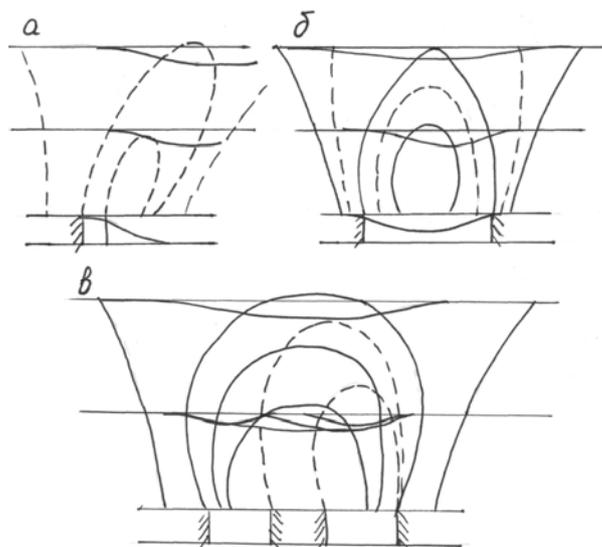
Если соединить точки равных перемещений таких волн в массиве, то получатся кривые эллиптического вида. В отличие от статических изолиний сдвижения, которые определяют конечную картину, полуэллипсы, образующиеся в призабойной зоне массива при циклическом подвигании очистного забоя, называют динамическими. С развитием очистных работ, конечная картина сдвижений в массиве формируется в результате последовательного суммирования динамических изолиний.

По мере подвигания очистного забоя, увеличивается оседание кровли. Величина прогиба кровли определяется эквивалентным пролетом выработанного пространства и местными горногеологическими условиями. Развитие сдвижения в массиве может быть показано в виде изолиний эллиптической формы, значение которых определяется величиной прогиба кровли.

При достаточном уходе забоя происходит обрушение кровли или плавное опускание ее на почву. Предельная вели-

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (Проект 05 – 05 – 65008).

Рис. 1. Развитие сдвижений массива в динамике очистных работ: а – в призабойной зоне; б – вкрест простирания; в – по простиранию пласта



чина оседания равна вынимаемой мощности, поэтому величину сдвижения массива целесообразно выражать в единицах относительно мощности пласта. При циклическом подвигании очистного забоя динамические изолинии сдвижения перемещаются и суммируются с предыдущими величинами сдвижения в массиве.

При решении задачи по определению параметров сдвижения отработки подкарьерных запасов алмазных месторождений Якутии, целесообразно применение методики частотных наблюдений. Выбор данной методики обоснован следующими факторами. Прежде всего, применяемой системой разработки – горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства. Особенностью такой системы является то, что после завершения проходки каждой очистной выработки она сразу подлежит закладке. В результате, по мере отработки слоев вместо рудного массива образуется искусственно созданный слоистый массив. Практика горного дела показывает, что при нисходящем порядке отработки слоев полностью «заложить» выработанное пространство не удастся, остаются так называемые недозаклады. Величина таких недозакладов колеблется от единиц до десятков сантиметров. Применяя методику частотных наблюдений над рабочими горизонтами, можно определить параметры сдвижения внутри искусственно созданного массива.

Способ определения величин деформаций в толще массива состоит в следующем. В специально пробуренные скважины устанавливаются глубинные репера, по перемещению которых определяют сдвижение подрабатываемого массива пород. Конструкция механического глубинного репера такова, что в скважину обычно устанавливают не более 4–5 реперов. При плавном характере деформирования этого количества достаточно, но чтобы выявить дискретный характер развития деформационного процесса количество реперов необходимо увеличить. Увеличения количества реперов осуществляется путем размещения реперов в дополнительно пробуренных скважинах с перекрытием наблюдаемых зон (рис 2). По глубинным реперам определяют вертикальные перемещения массива (оседания). Горизонтальные смещения глубинных реперов можно определить из аналитической зависимости между горизонтальными смещениями и оседаниями в точке, используя каноническое уравнение эллипса со смещенным центром в осях η и ξ [1].

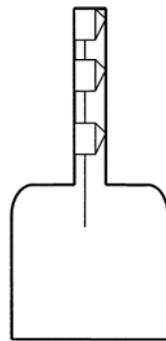
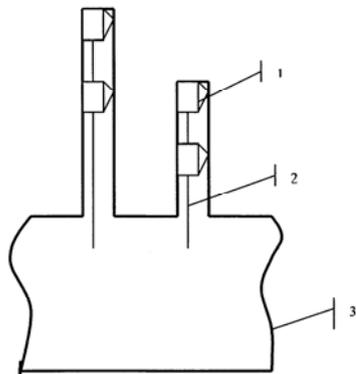


Рис. 2. Схема расположения глубинных реперов в скважинах: 1 – глубинный репер; 2 – гибкая связь (тросик); 3 – горная выработка

хания сдвижений с удалением от выработки по линии максимального оседания определяется функцией

$$q_m = \frac{1}{1 + (H / b)^n} \quad (2.1)$$

где q_m – относительная величина оседания (относительно максимального оседания непосредственной кровли пласта, которое в данном случае равно сумме величин недозаклада и уплотнения закладочного материала); H – глубина горных работ; b – размер образовавшихся пустот (не дозаложенного пространства); n – показатель, характеризующий влияние состава закладочного материала на процесс сдвижения. Значение параметра n определяется по прочностным показателям разных слоев закладочного материала в массиве и их процентному содержанию.

По результатам наблюдений строят среднюю кривую скоростей оседания. Ожидаемое максимальное оседание определяют графическим интегрированием кривой скоростей (рис. 3).

Аналитические кривые скоростей оседания выражаются следующим образом:

$$V_{\eta(t)} = \frac{\eta_{m(z)}}{T} S'_{t(z)},$$

где $V_{\eta(t)}$ – средняя скорость развития оседания в данный период времени; $S'_{t(z)}$ – переменный коэффициент (типовая кривая), характеризующая скорость развития оседания земной поверхности

$$\frac{\xi^2}{b^2} + \frac{(\eta - a)^2}{a^2} = 1.$$

При условии $2a = \eta_{\max}$ формула для расчета горизонтальных перемещений имеет вид:

$$\xi_x = \frac{b}{a} \sqrt{\eta_x (\eta_{\max} - \eta_x)}.$$

С учетом того, что искусственно созданный массив можно отнести к крепким породам, фактическое распределение векторов сдвижения будет более соответствовать кривой овоида. Взаимосвязь элементов сдвижения в этом случае описывается уравнением:

$$\xi_x = \frac{b}{a} \sqrt{\eta_x (\eta_{\max} - \eta_x)} \sqrt{\eta_x / \eta_{\max}}.$$

Эллипс сдвижения связывает величину оседания с горизонтальными сдвижениями в каждой точке мульды сдвижения. Рассчитав или построив эллипс сдвижения для конкретных условий, можно решить задачу по расчету кривых оседания и горизонтальных сдвижений.

Максимальное оседание горных пород в условиях пологого залегания наблюдается по главному сечению — над центром очистной выработки. Характер затухания оседаний по этому сечению определяется структурой и крепостью пород в массиве. В целом процесс затухания

Рис. 3. График развития оседаний во времени

в различный период времени процесса сдвижения.

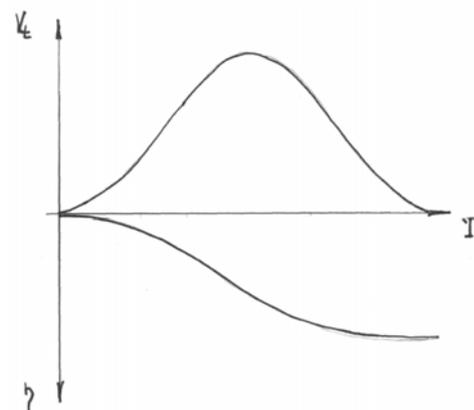
$$S'_{t(z)} = \frac{V_{\eta(t)} T}{\eta_{m(z)}},$$

где $\eta_{m(z)}$ – максимальное значение оседания в данной точке, значения которого принимается по данным натурных наблюдений.

При дискретном характере развития деформаций данные функции будут прерывными и запись их в виде таких выражений носит условный характер. Для практического использования функции $V_{\eta(t)}$ при дискретном характере деформирования $V_{\eta(t)d}$ можно представить в виде:

$$V_{\eta(t)d} = V_{\eta(m)} K_{\eta(t)},$$

где $V_{\eta(m)}$ – максимальная скорость развития оседания в данных горногеологических условиях; $K_{\eta(t)}$ – переменный коэффициент, характеризующий отношения средних скоростей развития оседаний в данный промежуток времени к максимальной скорости их развития.



Значения $K_{\eta(t)}$ определяется по данным натурных наблюдений из выражения:

$$K_{\eta(t)} = \frac{V_{\eta(t)}}{V_{\eta(m)}}.$$

Функция $V_{\eta(t)d}$ представляет собой огибающую кривую графиков измеренных скоростей развития оседаний. Поэтому при интегрировании этой функции в пределах от нуля до T не получается величины максимальных оседаний, как это бывает при интегрировании функции $V_{\eta(t)}$ в условиях плавного развития деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сдвижение* горных пород и земной поверхности при подземных разработках. под общей ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Букринского и канд. техн. наук Г.В. Орлова. М. Недра, 1984, 247 с., 2 раздел – Расчет деформаций горных пород на основе функции затухания

сдвижений в слоистом массиве (А.Г. Шадрин) с. 60 – 70.

2. *Горные науки* в СССР. Главная редакция изданий для зарубежных стран издательства наука Москва 1985 г., с.24-41.

Коротко об авторах

Гришин А.В. – ИПКОН РАН.

© Д.В. Карачевцев, И.Ю. Иванов,

УДК 332.2:622.833

Д.В. Карачевцев, И.Ю. Иванов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА СООРУЖЕНИЙ
ПРИ ИХ ПОДРАБОТКЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМАХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ
КАДАСТРОВ**

Семинар № 2

Одной из главных функций автоматизированных систем государственных градостроительных кадастров является возможность осуществления сбора налогов и операций, связанных со страхованием и залогом земельных участков и зданий. В случае начисления налога на недвижимость средняя ставка исправляется на коэффициенты относительной ценности в зависимости от группы влияющих факторов.

Одним из основных факторов влияющих на стоимость и ценность сооружения является его износ.

Износ характеризуется уменьшением полезности объекта недвижимости, его потребительской привлекательности с точки зрения потенциального инвестора и выражается в снижении стоимости под воздействием различных факторов со временем. Износ в стоимостном выражении – обесценивание.

Определение снижения стоимости зданий на подрабатываемых горными работами территориях должно осуществляться посредством расчета износа сооружения от подработки, который необходимо суммировать с их естественным износом. В системах автоматизированных градостроительных кадастров работающих в среде географических информационных систем (ГИС) учет естественного износа производится в процентах.

Износ сооружений от подработки на стадии прогноза осуществляется по Правилам охраны сооружений [1] не в процентах, а на основе условного показателя суммарных деформаций земной поверхности, вызванных горными выработками. После завершения процесса сдвижения земной поверхности, для определения повреждений и износа применяется, существующая в Правилах охраны сооружений, методика визуально-инструментального обследования наружных стен здания. Однако натурные наблюдения - трудоемкий процесс и может быть использован только после завершения процесса сдвижения. Поэтому для определения степени повреждения зданий и сооружений от горных работ, а так же суммарного износа сооружений предлагается методика, используемая в СИСТЕМЕ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ, разработанной на кафедре маркшейдерского дела и геодезии Южно-Российского государственного технического университета (г. Новочеркасск), функциональные структуры которой взаимодействуют со структурами АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРОДСКОГО КАДАСТРА.

Обе системы функционируют в среде ГИС ARCVIEW [4].

Расчет износа стен зданий, в процентном отношении можно выполнить по следующей формуле [2]

$$И = 1200 \sqrt{F_{y\delta}}, \%$$

где $F_{y\delta}$ – удельная площадь трещин.

Для определения $F_{y\delta}$ может быть применена эмпирическая зависимость удельной площади трещин от величины максимального раскрытия трещин δ_{\max} (рис. 1) [2].

В работе [2] установлено, что распределение трещин различной ширины в поле стены описывается логарифмически нормальным уравнением вида

$$f(\delta, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \cdot \delta \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln \delta - \mu)^2\right],$$

с параметрами $\mu = \ln \delta_{cp}$, $\sigma = \ln \sigma'$;

$$\mu = 0,052 + 3020 \cdot F_{yd} - 15 \cdot 10^6 \cdot F_{y\delta}^2,$$

при $0,25 \leq F_{yd} \cdot 10^4 < 6,5$;

$$\mu = 0,7 + 0,13 \cdot 10^4 \cdot F_{yd},$$

при $6,5 \leq F_{yd} \cdot 10^4 < 10$;

$$\sigma' = 0,42 \pm 0,14;$$

где δ_{cp} – средняя ширина трещин; σ' – дисперсия.

Полученное распределение позволяет использовать данную зависимость для целей прогнозирования деформаций зданий от влияния горных работ. Это дает возможность перейти от прогнозируемой величины δ_{\max} к величине $F_{y\delta}$. Для удобства использования в дальнейшем зависимость $F_{y\delta}$ – δ_{\max} представлена в аналитическом виде

$$F_{y\delta} = 0,772\delta_{\max} - 1,522.$$

Величину максимального раскрытия трещин в зависимости от условий можно определять следующим образом [3].

В зоне растяжения при первичной обработке по формуле

$$\delta_{\max} = a_1 \cdot \varepsilon_0 + a_2 \cdot l \cdot h \cdot K_0^2, \text{ м} \quad (1)$$

где a_1 – коэффициент равный 2 м; ε_0 – ожидаемые горизонтальные деформации земной поверхности $1 \cdot 10^{-3}$; a_2 – коэффициент равный $0,1 \cdot 10^5$ м; l – длина стены здания, м; h – высота здания, м; K_0 – ожидаемая кривизна земной поверхности, $1 \cdot 10^{-4}$ (1/м).

Для прогнозирования повреждений зданий, вызванных повторной обработкой, показатель максимального раскрытия трещин δ_{\max} был модифицирован в показатель условного максимального раскрытия трещин δ_{\max}^y , определяемый как наибольшее из двух: максимально приращения старых трещин и максимального раскрытия новых трещин.

При повторной обработке зданий в зоне растяжения и смене знака деформаций (условие «сжатие-растяжение») прогноз условного максимального раскрытия трещин может быть осуществлен по аналогичной выражению (1) формуле

$$\delta_{\max}^y = a_1 \cdot \varepsilon_{02} + a_2 \cdot l \cdot h \cdot K_{02}^2, \text{ м}$$

где ε_{02} – ожидаемые горизонтальные деформации земной поверхности при повторной обработке, $1 \cdot 10^{-3}$; K_{02} – ожидаемая кривизна земной поверхности при повторной обработке, $1 \cdot 10^{-4}$ (1/м).

В зоне сжатия при первичной и повторной обработке величина максимального и условного максимального раскрытия трещин может быть определена по формуле:

$$\delta_{\max}^y = a_7 \cdot Q \cdot \frac{l}{h} K_{0(1-2)}, \text{ м}$$

где a_7 – коэффициент, равный 0,55 м²/%; Q – естественный износ здания,

%; $K_{0(1-2)}$ – ожидаемая кривизна земной поверхности соответственно при первичной или повторной подработке, $1 \cdot 10^{-4}$ (1/м).

Величина условного максимального раскрытия трещин при повторной подработке зданий в зоне растяжения без смены знака деформаций (условие «растяжение – растяжение») определяется по формуле:

$$\delta_{\max}^y = a_1 \varepsilon_{02} + a_2 l h \times \left(2K_{02} \frac{\sqrt{a_3 + a_4 \cdot l \cdot h (e^{a_5 / a_6} - 1)} - a_5}{a_6 \cdot l \cdot h} + K_{02}^2 \right), \text{ м}$$

где ε_{02} – ожидаемые горизонтальные деформации земной поверхности при повторной подработке, $1 \cdot 10^{-3}$; K_{02} –

ожидаемая кривизна земной поверхности при повторной подработке, $1 \cdot 10^{-4}$ (1/м); Q^n – износ стен повторно подрабатываемого здания, %; a_Q – коэффициент равный 12,4 %; a_3 – коэффициент, равный 36 м²; a_4 – безразмерный коэффициент, равный 0,4; a_5 – коэффициент, равный 6 м; a_6 – безразмерный коэффициент, равный $0,2 \cdot 10^4$.

Применение вышеописанной методики позволяет оценить повреждение и износ зданий при их подработке в процентах. Это позволяет суммировать износ от подработки с естественным износом зданий и получить их общий износ, который определяет величины страховых и налоговых ставок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила* охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. С-Пб., ВНИМИ, 1998.-290с.
2. *Решетов Г.А.* Износ и предельные условия эксплуатации гражданских зданий на подрабатываемых территориях. – Автореферат, Ленинград, 1975 г.
3. *Бочаров С.И.* Разработка методики прогнозирования повреждений зданий, расположенных над горными выработками, на основе

многомерного математического моделирования. – Автореферат, Ленинград, 1984 г.

4. *Медянцева А.Н., Калинин В.М., Иванов И.Ю.* Концепция автоматизированной системы геолого-маркшейдерского обеспечения подрабатываемых территорий // Проблемы геологии, полезных ископаемых и рационального недропользования: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Юж.-Росс. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002.-С.49-53

Коротко об авторах

Иванов Игорь Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия»,
Карачевцев Дмитрий Валерьевич - аспирант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия»,
Южно-Российский государственный технический университет (НПИ).