

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОЛОГОМ ЗАЛЕГАНИИ ПЛАСТОВ

Предложена методика оценки надежности расчета вероятных деформаций земной поверхности по всей подрабатываемой площади. Выполнен анализ надежности и рассчитан запас определения вероятных деформаций земной поверхности по двум существующим методикам для условий горизонтального залегания пластов.

Выбор мер защиты проектируемых и строящихся объектов, при отсутствии календарных планов проведения горных работ, выполняется по вероятным деформациям земной поверхности.

В настоящее время существуют две основные методики расчета вероятных деформаций, которые описаны в «Правилах охраны сооружений...1981г» [1] и «Правилах подработки...2004г» [2].

При выборе методики расчета необходимо полагаться на надежность полученных значений. Однако, в научной литературе нет оценок точности и надежности этих методик. Это объясняется отсутствием подходов к оценке вероятных деформаций.

По нашему мнению, данная задача может быть решена при сравнении вероятных и ожидаемых деформаций на участках, где угольные пласты практически отработаны. При этом, необходимо выполнять сравнение не по отдельным линиям, взятых по направлению вкрест простирания пластов, как это делали некоторые исследователи [3,4], а по всей площади, что является более представительным (особенно для условий горизонтального залегания пластов, когда нельзя однозначно определить направление простирания пород).

Рассмотрим вначале термины и понятия, необходимые для оценки вероятных деформаций.

Понятие надежности широко используется и может трактоваться по-разному в зависимости от сферы использования. Но в общем смысле, надежность является показателем качества, это комплексное свойство объекта сохранять в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции [5]. Термин «надежность» является фундаментальным понятием в теории надежности, на основе которого определяются другие понятия. Одно из основных требований теории надежности – необходимость установить принадлежность всех возможных состояний объекта исследования к одному из двух противоположных классов: работоспособные (способные выполнять все свои функции) и неработоспособные (состояние при котором выполнение функций не соответствует требованиям), то есть возникает отказ – нарушение работоспособного состояния объекта. Показатели надежности используются для количественной характеристики надежности одного или нескольких свойств объекта исследования.

Методики теории надежности можно применить и к оценке надежности расчета вероятных деформаций. В качестве объекта оценки выступает методика расчетов деформаций, а основная характеристика, определяющая работоспособное состояние и надежность – является эффективность прогноза деформаций земной поверхности. Под отказом (неработоспособным состоянием) можно понимать случаи, когда прогноз оказался недостаточно эффективен и на земной поверхности возникли деформации, превышающие вероятные значения.

Таким образом, надежность методики расчета вероятных деформаций определяет вероятность осуществления прогноза, это некоторая мера отличия предсказанных значений деформаций от полученных в действительности. Говоря о надежности расчетов, подразумевается максимальное соответствие и не превышение возникших впоследствии отработки деформаций земной поверхности по отношению к рассчитанным вероятным значениям.

Для более полной характеристики надежности прогноза, необходимо также определить величину запаса, которая характеризует превышение прогнозируемых значений над возникшими в действительности.

Основываясь на данной терминологии, рассмотрим следующий подход к оценке вероятных деформаций для условий горизонтального залегания пластов.

Предпосылкой для такого анализа являются развивающиеся информационные технологии, при использовании которых можно осуществить расчет от большого числа выработок на значительной территории.

Для анализа надежности расчета вероятных деформаций на всей подрабатываемой территории выполняется расчет ожидаемых и вероятных деформаций по исследуемой методике.

На основе расчетов строятся поверхности ожидаемых (D_o) и вероятных деформаций (D_v). При пересечении этих поверхностей образуются зоны (D), характеризующие возникновение ожидаемых деформаций превышающих вероятные, то есть возникновение ситуации, когда прогноз деформаций оказался не эффективным. Тогда область \bar{D} определяет территорию, на которой ожидаемые деформации не превышают вероятные (рис.1).

Надежность расчета вероятных деформаций вычисляется как отношение площади территории, где ожидаемые деформации не превысили вероятных ($S_{\bar{D}}$) к площади рассматриваемой подрабатываемой территории:

$$N = \frac{S_{\bar{D}}}{S_{uu}} \cdot 100\%, \quad \text{где } S_{\bar{D}} = S_{uu} - S_D \quad (1)$$

где N – надежность определения вероятных деформаций; S_{uu} - общая площадь рассматриваемой территории; $S_{\bar{D}}$ – площадь территории, на которой ожидаемые деформации не превысят вероятные; S_D – площадь территории, на которой ожидаемые деформации превысят вероятные деформации.

Коэффициент запаса вероятных деформаций по отношению к ожидаемым, вычисляется для каждой расчетной точки по следующей формуле:

$$z = \frac{d_v}{d_o} \quad (2)$$

где z – коэффициент запаса определения вероятных деформаций; d_v - значение вероятных деформаций; d_o – значение ожидаемых деформаций.

По предложенной методике был выполнен анализ для трех соседних шахт Львовско-Волынского бассейна: «Межірчанська», «Великомостівська» и «Бендюзька». Каждая шахта отработывает четыре угольных пласта. Разрабатываемые пласты характеризуются практически горизонтальным залеганием, относятся к категории тонких и имеют мощность от 0,5 до 2м. Глубина залегания самого верхнего пласта колеблется от 359 м до 465 м, самого нижнего 399–505м. Большая часть запасов

по всем пластам отработана, что дает основание использовать их для сравнения с вероятными деформациями. Общая площадь шахт составила около 30 км².

На всей территории была построена сетка (Grid-модель) с интервалом в 25 м.

Для всех точек были получены ожидаемые деформации от всех очистных выработок с суммированием и выбором максимальных значений в соответствии с порядком проведения работ. В этих же точках рассчитывались вероятные деформации по методикам, описанным в «Правилах охраны сооружений...1981г» [1] и «Правилах подработки...2004г» [2].

Исследовались горизонтальные деформации, наклоны и кривизна (радиус кривизны).

По полученным значениям были построены поверхности ожидаемых и вероятных деформаций. При их пересечении образовались области D , в которых ожидаемые деформации превысили вероятные (рис. 1). На остальной территории прогноз вероятных деформаций оказался надежным (\bar{D}).

Проекция получившихся областей на плоскость представляют собой эллипсы, вытянутые в направлении перпендикулярном к направлению деформаций (для деформаций вкрест простирания – эллипсы вытянуты по простиранию, и наоборот). Среднее соотношение полуосей образовавшихся областей составляет 3-4 при расчетах по методике «Правил...2004г», и 4-5 по методике «Правил...1981г». При этом они имеют одинаковую локализацию для всех видов деформаций (рис. 1).

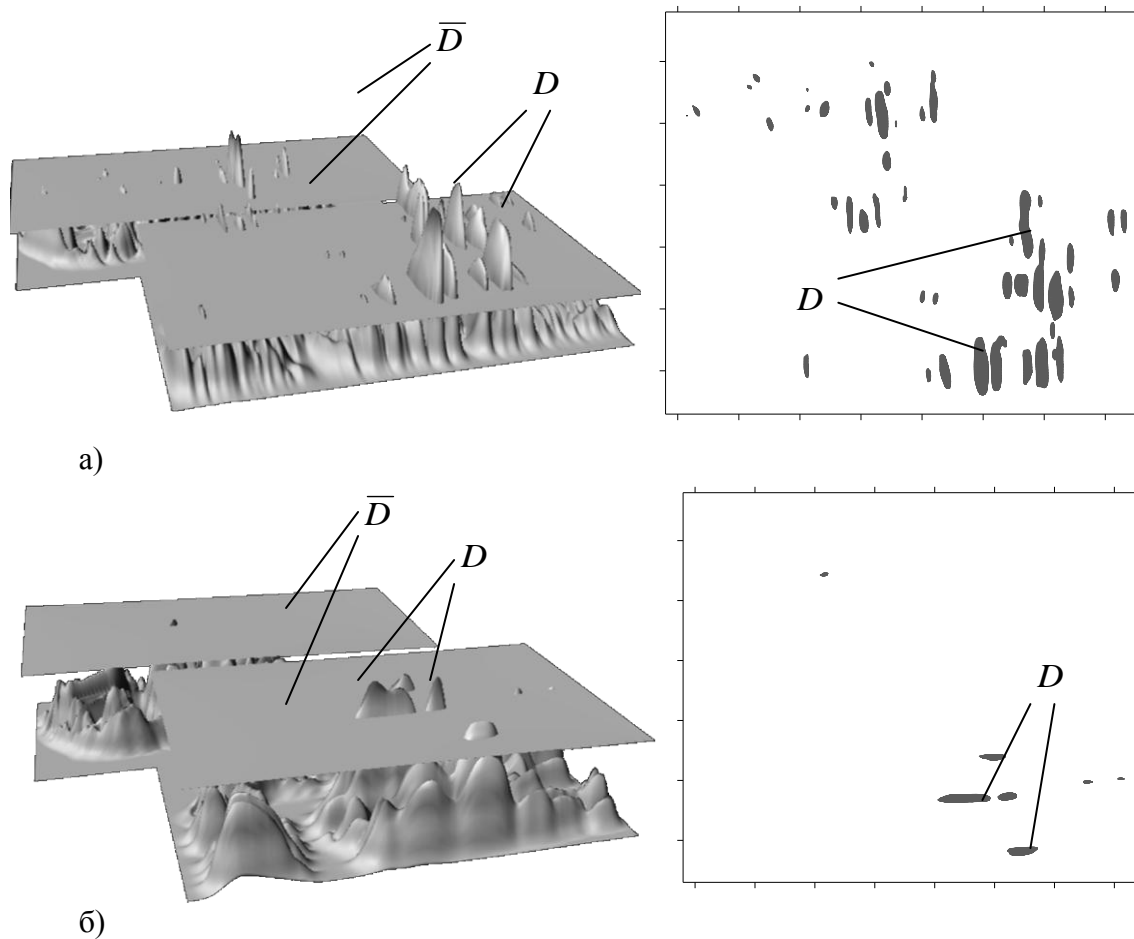


Рис. 1. Пересечение ожидаемых и вероятных горизонтальных деформаций рассчитанных по «Правилам подработки... 2004г»: а) по направлению простирания пластов; б) вкрест простирания пластов

На основе полученных данных выполнен расчет надежности и коэффициентов запаса для каждого вида деформаций земной поверхности (табл. 1). Результаты анализа распределения коэффициентов запаса представлен для горизонтальных деформаций на рисунке 2.

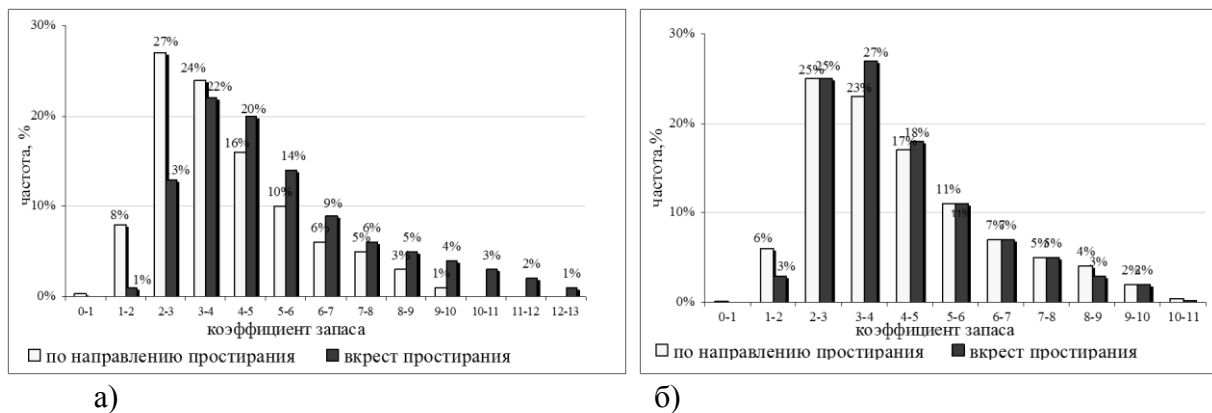


Рис. 2. Распределение коэффициента запаса для горизонтальных деформаций: а) по методике «Правил подработки...2004г»; б) по методике «Правилам охраны сооружений...1981г»

Так как при строительстве зданий и сооружений принимают расчетные значения деформаций, которые получаются умножением вероятных деформаций на соответствующие коэффициенты перегрузки 1,1 (для горизонтальных деформаций), 1,2 (для наклонов) и 1,4 (для кривизны) [6], анализировалась надежность расчетных значений деформаций (табл.1).

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. На большей части территории, вероятные деформации по обоим методикам имеют достаточную для инженерных целей (с уровнем достоверности не менее 95%), и даже завышенную надежность, а также значительный запас.

При этом, деформации вкрест простирания являются более надежными, чем по направлению простирания пластов (по методике «Правил...1981г» на 1-2%, а по методике «Правил...2004г» до 5%). Поэтому, для пологого залегания пластов, с целью получения более надежных результатов прогноза, рекомендуется использовать вероятные деформации, рассчитанные по формулам вкрест простирания пластов.

2. Коэффициенты запаса подчиняются распределению Пирсона («хи-квадрат») со степенями свободы для горизонтальных деформаций равными среднему значению 3-4 (табл.1), для наклонов и кривизны по методике «Правил...2004г» – 4-5, а для методики «Правил...1981г» -5 и 2,5 соответственно.

Для большей части территории для горизонтальных деформаций характерны коэффициенты запаса 3-4, при максимальных значениях запаса 9-13 (рис.2). Для наклонов наиболее характерным является запас 5-7. Для кривизны по методике «Правил...2004г» наиболее характерный коэффициент запаса 5-6, который почти в два раза превышает средний запас по методике «Правил...1981г» (табл.1). при этом коэффициент запаса на 9-15% рассматриваемой территории оказался бесконечно велик.

Для расчетов по методике «Правил...2004г», запас по расчетам вкрест простирания в среднем в 1,5 раза больше, чем по направлению простирания, а по методике «Правил...1981г» значения коэффициентов запаса являются практически одинаковыми вне зависимости от направления простирания пластов.

Табл. 1. Результаты анализа надежности расчета вероятных деформаций по «Правилам охраны сооружений...1981г» и «Правилам подработки...2004г»

Показатели надежности	Методика «Правил охраны сооружений ...1981г»				Методика «Правил подработки ...2004г»			
	Надежность, %	Максимальный коэффициент запаса	Средний коэффициент запаса	Минимальный коэффициент запаса	Надежность, %	Максимальный коэффициент запаса	Средний коэффициент запаса	Минимальный коэффициент запаса
Вид деформаций								
Наклоны:								
- по простиранию,	100 / (100)	28.2 / (33.8)	6.4 / (7.6)	1.01 / (1.2)	99.7 / (100)	21 / (25)	4.7 / (5.7)	0.8 / (0.9)
- вкрест простирания	99.9 / (100)	27.6 / (33.1)	6 / (7.2)	0.96 / (1.1)	100 / (100)	32 / (38)	6.9 / (8.2)	1.1 / (1.3)
Горизонтальные деформации:								
- по простиранию	95 / (97)	10 / (11)	3.3 / (3.6)	0.4 / (0.5)	94 / (96)	9.2 / (10)	3 / (3.3)	0.4 / (0.4)
- вкрест простирания	97 / (98)	10 / (11)	3.2 / (3.6)	0.6 / (0.6)	99 / (99.6)	13 / (14.3)	4.2 / (4.7)	0.7 / (0.8)
Кривизна (радиус кривизны):								
- по простиранию	92 / (98)	228 / (318)	3.2 / (4.4)	0.4 / (0.6)	99 / (100)	374 / (524)	4.9 / (6.8)	0.7 / (1.01)
- вкрест простирания	93 / (98)	140 / (196)	2.9 / (4)	0.4 / (0.6)	100 / (100)	342 / (479)	6.2 / (8.7)	1.1 / (1.5)

Примечание. В таблице указаны: в числителе – значения показателей надежности расчета вероятных деформаций, в знаменателе в скобках – значения показателей надежности для вероятных деформаций с учетом коэффициентов перегрузки (для расчетных значений).

3. В тех случаях, когда ожидаемые деформации превышают вероятные, коэффициент запаса принимает значения меньше 1. При этом, минимальный коэффициент запаса составляет не менее 0,4.

Анализ показал, что вероятность появления таких событий достаточно мала. Количество случаев, когда ожидаемые деформации превысят вероятные составляет от 1 до 6-7%.

4. При введении в расчетные вероятные значения деформаций коэффициентов перегрузки надежность возрастает (на 1-5%) и, пропорционально введенным коэффициентам, увеличивается запас. При этом уменьшается вероятность возникновения ожидаемых деформаций превышающих вероятные.

По методике «Правил...1981г» надежность расчета вероятных деформаций с учетом коэффициентов перегрузки составила 97-100%, а по методике «Правил...2004г» надежность менее 100% наблюдается только в горизонтальных деформациях по направлению простирания пластов, где она составляет 96%.

5. Предложенная методика позволяет оценить надежность расчета вероятных деформаций земной поверхности не по отдельным расчетным линиям, как это делали исследователи ранее, а по всей подрабатываемой площади земной поверхности.

Библиографический список

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. Министерство угольной промышленности СССР. – М.: Недра, 1981, - 288с.
2. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: Галузевий стандарт України ГСТУ 101.00159226,001 – 2003. - К.: Мінпаливенерго, 2004. – 128с.
3. Медянцеv С.А. Оценка совместного влияния на земную поверхность горных выработок в свите пологих пластов / С.А.Медянцеv / Уголь Украины. – 1984. - №1. - С.43-44.
4. Кренида Ю.Ф. Оптимальные деформации земной поверхности / Ю.Ф.Кренида // Разработка месторождений полезных ископаемых: республиканский межведомственный научно-технический сборник. – К.: «Техника», 1986 - Вып. 73. – С.19-24.
5. Теория надежности [Электронный ресурс]; - Режим доступа: <http://www.reliability-theory.ru/t1.html> - заголовок с экрана.
6. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах: ДБН В.11-5-2000 / Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. – К., 2000 – 34с.

Надійшла до редколегії 28.12.2009

О.Д. АНДРІАНОВА

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ПОЛОГОМУ ЗАЛЯГАННІ ПЛАСТІВ

Запропонована методика оцінки надійності розрахунку ймовірних деформацій земної поверхні по всій підробляемій площині. Виконано аналіз надійності й розраховано запас визначення ймовірних деформацій земної поверхні за двома існуючими методиками для умов горизонтального залягання пластів.

E. ANDRIANOVA

EVALUATING RELIABILITY OF CALCULATING PROBABLE DEFORMATIONS OF SURFACE IN HORIZONTAL COAL SEAMS

This paper proposes a procedure for evaluating the reliability of calculating probable deformations of the surface in mining areas. The author carried out the reliability analysis and calculated the reserve for the surface probable deformations according to two existing methods for horizontal coal seams.

© Е.Д. Андрианова, 2010