

УДК 622.831.1

Г.Г. СТОРЧАК (асистент)

Национальный горный университет, Днепропетровск

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫРАБОТОК

В статье приведены результаты исследований, направленных на разработку наиболее достоверной методики оценки состояния протяженных выработокугольных шахт, входящих в состав ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», которая позволит производить различные прогнозные оценки в части устойчивости выработок.

Ключевые слова: устойчивость, оценка состояния, экспертная оценка, условия эксплуатации, методика обследования.

Введение. Разработка методики оценки состояния протяженных выработок является актуальной научно-технической задачей. На основании прогнозных оценок формируется ряд мероприятий, направленных на обеспечение благоприятных условий проведения и поддержания горных выработок. В частности, при наличии достоверной информации об основных геомеханических параметрах углевмещающего породного массива можно прогнозировать проявление различных факторов, оказывающих вредное влияние на состояние выработки, усложняющие ведение горных работ и, как следствие, повышающие себестоимость добываемого угля.

Целью настоящей статьи является разработка методики оценки состояния протяженных выработок шахт, входящих в состав ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

Основная часть. Анализ статистической информации о состоянии горных выработок, поданной шахтами, входящими в состав ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» по состоянию на август месяц 2012 года, позволил проследить тенденцию к увеличению глубины разработки продуктивных пластов до глубин близких к 800 м, таб. 1.

Отличительной особенностью месторождения является крепкий и вязкий уголь и слабые, склонные к пучению, которые при увлажнении размокают, теряя при этом 50-80% прочностных свойств. Поступление даже незначительного количества воды в рабочее пространство лав или подготовительных выработок приводит к размоканию почвы, расслоению и обрушению пород кровли.

Учитывая невысокую прочность углевмещающих пород, низкую степень их метаморфизма и растущую глубину ведения горных работ, можно сделать вывод, что проявления горного давления, такие как вывалообразование и пучение пород почвы, со временем интенсифицируются, это неизбежно приведет к ухудшению условий разработки угольных пластов и снижению устойчивости протяженных выработок в том числе капитальных, расположенных вне зоны влияния очистных работ.

Перечисленные выше факторы стали предпосылкой для разработки методики оценки состояния протяженных выработок, которая является необходимой для проведения дальнейших исследований в области повышения устойчивости выработок.

Обобщение результатов исследований, выполненных в Западном Донбассе, позволило охарактеризовать горно-геологические и горнотехнические особенности этого угольного месторождения и определить основные факторы, осложняющих ведение горных работ, к которым относятся:

1. Весьма неустойчивые породы непосредственной кровли пласта, проявляющие признаки «ложной» кровли;
2. Локальные размывы пласта;
3. Сложная гипсометрия пласта;
4. Низкие прочностные свойства пород непосредственной почвы, размокающих в воде со значительным снижением прочностных свойств и несущей способности;
5. Частая смена литологии пород кровли «аргиллит-песчаник»;
6. Образование значительных зон неупругих деформаций (повышенной трещиноватости техногенного происхождения) мощностью 8-10 м вдоль контуров подготовительных выработок;
7. Значительная вероятность вывалов на участках смены литологии;
8. Интенсивно пучащие породы почвы (0,5-1,0 м);
9. На площадях, где аргиллит имеет мощность до 2 м, в связи с отсутствием сцепления с вышележащим обводненным песчаником он может обрушаться на всю мощность;
10. Наличие тектонических нарушений с развитием дизъюнктивных (в основном сбросового типа с амплитудой: мелкоамплитудная – с амплитудой смещения 0.02-12 м; средне и крупно-амплитудная – с амплитудой смещения до 350 м) и пликативных (с амплитудой до 50 м) форм дислокации.

Таблица 1 – Современное состояние и перспектива увеличения глубины ведения работ

Шахта	Число отработываемых пластов	Глубина ведения работ, м	Число пластов с балансовыми запасами	Ожидаемая глубина ведения работ, м
Терновская	4	216	8	370
Павлоградская	4	230	5	400
им. Героев космоса	3	424	7	760
Благодатная	3	331	10	340
Степная	3	400	11	560
Юбилейная	2	368	6	500
Самарская	2	195	6	310
Днепровская	3	290	8	500
Западно-Донбасская	3	567	8	600
им. Сташкова	3	343	8	500

Количественной оценкой одного из важных факторов, оказывающих влияние на состояние протяженных выработок, а именно – склонность пород к расслоению, является коэффициент анизотропии (k_a), описанный в работе [1] А.В. Безастьяном, представляющий собой частное от деления значений пределов прочности на разрыв параллельно (σ_p) и перпендикулярно (σ) напластованию. Как показывает опыт поддержания горных выработок и инструментальные наблюдения, при $k_a \geq 10$ для слабых тонкослоистых пород Западного Донбасса сцепление между слоями практически отсутствует.

Помимо структурной характеристики пород, при решении вопросов устойчивости их обнажений необходимо также учитывать прочностные параметры.

Для определения сравнительной прочности пород в массиве с учетом их структурного ослабления и влажности, можно воспользоваться выражением [2]:

$$R_c = R_c^l k_c k_{вл} k_{дл}, \text{ МПа,}$$

где R_c^l – прочность пород, определенная в лабораторных условиях на образцах стандартных размеров, МПа; k_c – коэффициент структурного ослабления пород; $k_{вл}$ – коэффициент влияния влажности на прочностные характеристики пород; $k_{дл}$ – коэффициент длительной прочности.

Величина коэффициента структурного ослабления k_c принимается на основе результатов лабораторных испытаний образцов горных пород, выполненных различными исследователями разными методами, в той или иной степени учитывающих анизотропию, трещиноватость, дефектность и различные элементы ослабления породного массива.

Определению величины коэффициента структурного ослабления посвящены работы Д.Н. Кима [3], И.С. Попов [4], Б.М. Усаченко [5], И.В. Баклашова [6] и других исследователей. Значительный объем исследований по определению в лабораторных и природных условиях коэффициента структурного ослабления трещиноватого массива выполнили В.Т. Глушко, Н.Е. Костомаров, Г.Т. Кирничанский, А.В. Безазьян, Г.П. Фисенко и др. [7-10]. Значения коэффициента k_c они рекомендуют принимать в пределах 0,1-0,5 в зависимости от степени трещиноватости массива, ориентации систем трещин относительно друг друга и элементов залегания, прочностных характеристик пород, слагающих массив и т. д.

Величина коэффициента структурного ослабления может быть также определена по методике, изложенной в [11].

Учитывая результаты указанных исследований, значения коэффициента структурного ослабления трещиноватого массива угольных шахт Западного Донбасса рекомендуется принимать равными $k_c = 0,2$ и $0,3$ соответственно для аргиллитов и алевролитов.

Важнейшим фактором, влияющим на состояние выработок, является влажность, существенно снижающая прочность пород приконтурной зоны. Исследованиями Павлоградской КГРЭ установлено, что при влажности 7-8 % аргиллиты, залегающие в кровле и почве угольных пластов C_7^H и C_8^H , полностью теряют прочность, превращаясь в пластическую массу [12].

По данным корреляционного анализа, величина влажности (W) является факториальным признаком прочности (σ), которая хорошо коррелирует с коэффициентом текстурной анизотропии (k_a). С увеличением W прочность пород снижается, а k_a увеличивается вплоть до расслоения породы (при $\sigma_{\text{р}} \rightarrow 0$) на слойки [13].

В настоящее время на шахтах, входящих в состав ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», для оценки степени сложности условий разработки на шахтах принято их разделение по средней глубине работ:

- до 250 м (шахты Терновская, Павлоградская, Самарская);
- до 400 м (шахты Благодатная, Юбилейная, Днепроовская, им. Сташкова);
- свыше 400 м (шахты Западно-Донбасская, им. Героев космоса, Степная).

Предварительную оценку геомеханических условий разработки на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» по показателю $\theta = R_c k_c / \gamma H$ можно сделать, приняв среднюю прочность вмещающих пород (аргиллиты, алевролиты) $R_c = 20$ МПа, коэффициент структурного ослабления, в соответствии с рекомендациями [2] $k_c = 0,3$, объемный вес горных пород $\gamma = 2600$ кг/м³ и среднюю глубину разработки приведенную выше, в табл 1.

Расчетные значения показывают, что по величине показателя условий разработки $\theta < 1,0$ все шахты, за исключением Самарской, Терновской и Павлоградской, относятся к категории «больших глубин разработки» (рис. 1). При этом следует отметить шахты, условия поддержания на которых относятся к наиболее тяжелым – им. Героев космоса, Степная, Юбилейная и Западно-Донбасская. Показатель условий разработки на этих шахтах составляет $\theta < 0,67$.

В результате проведенных исследований были установлены функциональные связи между показателем условий разработки θ и состоянием выработок (формулы 1, 2 и рис. 3), что может являться основой для прогноза объемов выработок, требующих ремонта и, соответственно, затрат на поддержание выработок:

– для участков выработок не удовлетворяющим по сечению (рис. 1):

$$P = 0,5\theta^{-3,3}, \quad (1)$$

– для участков выработок не удовлетворяющим по сечению, высоте и зазорам (рис. 2):

$$P = 2.6\theta^{-1.25}, \quad (2)$$

где P – доля выработок (в %), от общей длины поддерживаемых, не соответствующих требованиям правилам безопасности.

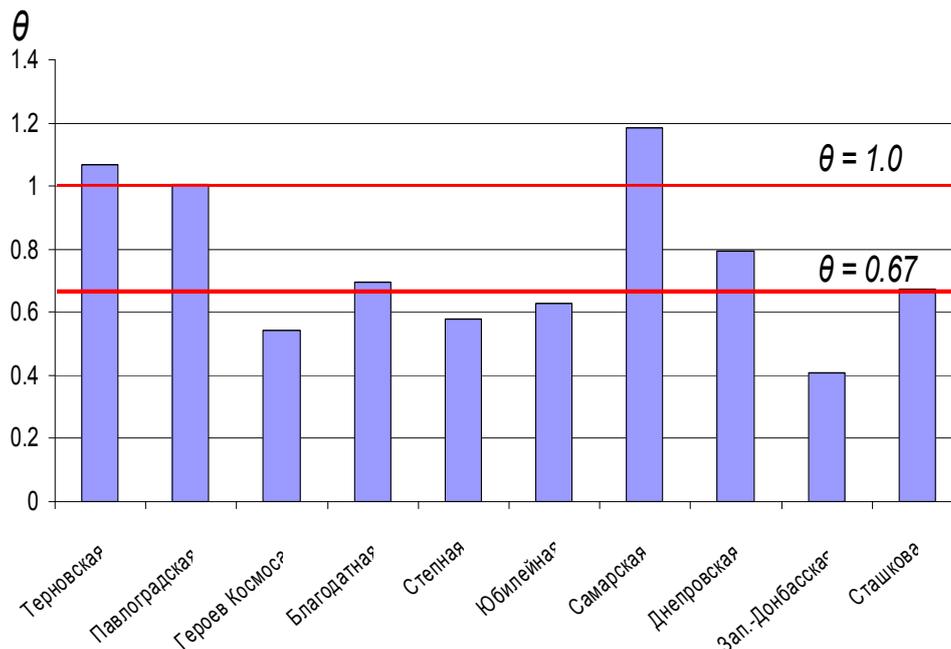


Рис. 1. Величина показателя условий разработки θ по шахтам ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

Важный вопрос, который необходимо выяснить на данном этапе – насколько достоверно рассмотренные показатели описывают состояние выработок и могут быть использованы для различных прогнозных оценок.

Одним из методов, который часто используется для описания достаточно сложных объектов, какими в данном случае являются протяженные выработки, является экспертная оценка.

Методика экспертной оценки, которая использовалась в рассматриваемых исследованиях, заключалась в следующем.

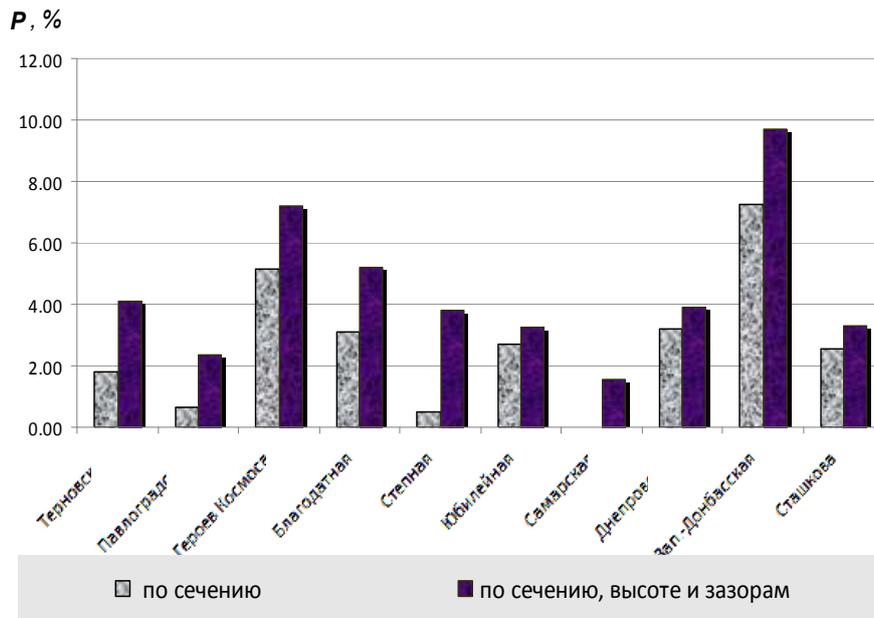


Рис. 2. Доля выработок, не соответствующих требованиям правил безопасности по шахтам ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

Эксперты, в качестве которых выступали сотрудники кафедры строительства и геомеханики НГУ и инженерно-технические работники ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», давали количественную оценку состояния выработки (или группы выработок одинакового назначения и условий эксплуатации) по категориям показателей, влияющих на их устойчивость и определяющих в конечном счете протяженность участков, требующих проведения ремонтных работ. Оцениваемые параметры, перечень показателей и критерии их балльной оценки представлены в анкете (табл. 2).

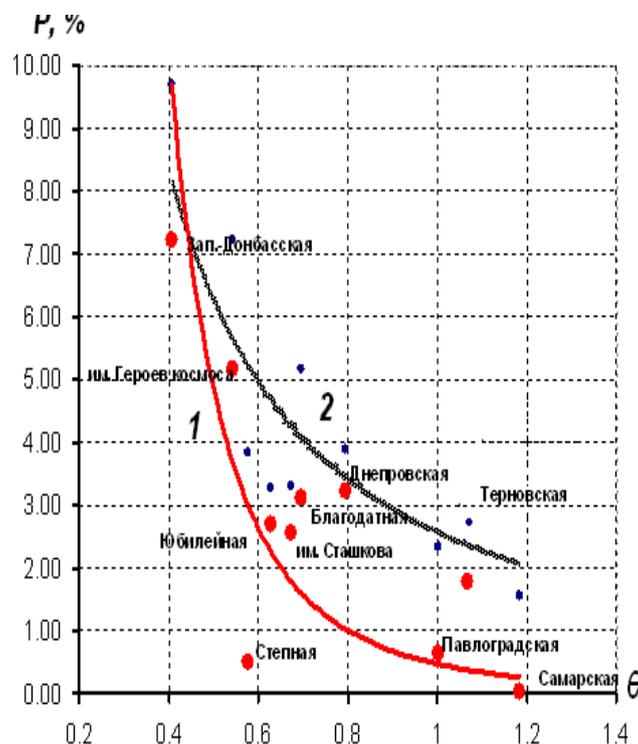


Рис. 3. Зависимость протяженности выработок не соответствующих требованиям правил безопасности от показателя условий разработки θ

Результаты экспертной оценки состояния магистральных выработок приведены в табл.3.

Таблица 2 – Анкета экспертной оценки состояния выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

Оцениваемый параметр	Качественные характеристики оцениваемого параметра	Степень проявления	Балл 1...5
Качество установки крепи	Комплектность, соответствие паспорту крепления, наличие расклинки, забутовка закрепного пространства и др.	Соответствие паспорту – 5 ... Недопустимые для эксплуатации выработки отклонения от паспорта крепления – 1	
Общее состояние крепи на момент обследования	Состояние верхняка; стоек крепи; замков податливости; затяжек; работа замка податливости	Выработка без видимых нарушений крепи и рельсового пути – 5 ... Значительные деформации верхняка; деформации стоек, сведение стоек внутрь выработки; деформации или разрыв замков, срыв гаек на замках; значительные деформации затяжек; разрушение затяжек; просадка верхняка в замках выше паспортного значения; разрывы тела верхняков и стоек – 1	
Состояние почвы выработки	Поднятие почвы, приводящее к нарушению эксплуатационного состояния выработки	Пучение отсутствует – 5; ... Пучение вызывает недопустимые правилами безопасности уменьшение сечения или деформации крепи, недопустимые нарушения рельсового пути (конвейера) – 1	
Степень обводненности выработки	Количество воды (водоприток)	Сухая – 5 ... Водоприток непрерывающимися струями – 1	

Для сравнения результатов, полученных по данным объемов (протяженности) выработок, не соответствующих правилам безопасности и экспертной оценки состояния выработок, последние могут быть представлены следующим образом.

Таблица 3 – Результаты экспертной оценки состояния протяженных выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

Шахта	Сумма баллов экспертной оценки, $\sum B_i$	Протяженность выработок, не соответствующих ПБ, $F = 23 - \sum B_i$, (балл)
Терновская	20,0	3,0
Павлоградская	21,0	2,0
Им. Героев космоса	16,5	6,5
Благодатная	18,0	5,0
Степная	17,0	6,0
Юбилейная	17,5	5,5
Самарская	21,0	2,0
Днепроовская	18,7	4,3
Западно-Донбасская	17,0	6,9
Им. Сташкова	17,0	6,0

Сумма баллов экспертной оценки состояния выработок может меняться в пределах от 4 (самая низкая оценка показателей качества выработки) до 20 (идеальное состояние выработки) при среднем значении $\sum B = 12$.

Протяженность выработок, не удовлетворяющих ПБ на шахтах, отнесенных по показателю условий разработки к наиболее сложным по геомеханическим условиям, не превышает 10%, что также является средним показателем по шахте.

Если рассмотреть разность между максимальной суммой баллов экспертной оценки $\sum B_{max}$ (20 баллов) и суммой баллов, которой оценена выработка $\sum B_i$, то масштаб полученной разницы будет соответствовать масштабу данных о протяженности выработок с неудовлетворительным состоянием (в %):

$$\sum B_{max} - \sum B_i = 23 - \sum B_i = F \quad (3)$$

где F – сумма баллов экспертной оценки, характеризующих протяженность выработок, не соответствующих требованиям ПБ.

Проведенные исследования так же показали, что результаты экспертной оценки которые точками показаны на графике так же хорошо согласуются с расчетами по геомеханическому показателю.

На основании проведенных исследований и сравнения их результатов можно сделать вывод, что комплексный показатель θ дает объективную оценку состояния выработки, тогда как экспертная оценка проводимая по вышеуказанной методике показывает субъективные факторы (к ним можно отнести человеческий).

Таким образом, перспектива развития горных работ и ухудшение геомеханических условий разработки приведет к тому, что все шахты ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» будут вынуждены работать в особо сложных условиях, характеризующихся категорией «большие глубины», что требует проведения комплекса меро-

приятый по обеспечению длительной устойчивости выработок и повышению работоспособности крепи.

Выводы

Анализ состояния протяженных выработок шахт Западного Донбасса показал, что их следует разделить на две большие группы по показателю θ : неглубокие и глубокие.

Тенденция развития горных работ в Западном Донбассе такова, что в ближайшие 10 лет все шахты будут работать в условиях, которые следует отнести к тяжелым.

Учитывая невысокую прочность углевмещающих пород и низкую степень их метаморфизма проявления горного давления такие как вывалообразования, и пучение пород почвы интенсифицируются, что неизбежно приведет к ухудшению условий разработки угольных пластов, и снижению устойчивости протяженных выработок в том числе капитальных расположенных вне зоны влияния очистных работ.

Применение разработанной методики поспособствовало проведению дальнейших исследований в области обеспечения устойчивости протяженных выработок угольных шахт Западного Донбасса.

Список использованной литературы

1. Безазьян А.В. Обобщение результатов и изучение физико-механических свойств угля и вмещающих пород для прогнозирования горнотехнических условий эксплуатации угольных месторождений Западного Донбасса / А.В. Безазьян // Геологический отчет. – Фонды ДГШ. – 1976.
2. Выгодин М.А. Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса. Дисс... канд.техн.наук: спец. 05.15.04 / Михаил Александрович Выгодин. – Днепропетровск, 1990. – 139 с.
3. Ким Д.Н. Исследование структурного ослабления трещиноватых пород моделированием прочностных свойств в лабораторных условиях / Д.Н. Ким // Вопросы исследования горного давления и сдвига пород. – 1963. – Вып. 5. – С. 97-105.
4. Свойства горных пород и методы их определения / И.С. Попов, Е.И. Ильницкая. – М.: Недра, 1969. – 388 с.
5. Усаченко Б.М. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизированных породах / Б.М. Усаченко, В.П. Чередниченко, И.Е. Головчанский. – К.: Наук. думка, 1990. – 144 с.
6. Баклашов И.В. Оценка устойчивости горных выработок / И.В. Баклашов, Б.А. Картозия // Шахтное строительство. – 1978. – № 2. – С. 13-16.
7. Костомаров Н.Е. Влияние прочности массива на размер зоны неупругих деформаций пород вокруг горной выработки / Н.Е. Костомаров // Горное давление и горные удары. – 1977. – № 103. – С. 67-70.
8. Глушко В.Т. Инженерно-геологическое прогнозирование устойчивости выработок глубоких шахт / В.Т. Глушко, Г.Т. Кирничанский. – М.: Недра, 1974. – 175 с.
9. Фисенко Г.Л. Методы количественной оценки структурных ослаблений массива горных пород в связи с анализом их устойчивости / Г.Л. Фисенко // Современные проблемы механики горных пород. – Л.: Наука, 1972. – С. 21-29.
10. Безазьян А.В. Определение величины коэффициента структурного ослабления прочности горных пород в массиве / А.В. Безазьян // Шахтное строительство. – 1987. – № 7. – С. 15-17.
11. Шашенко А.Н. Механика горных пород: Учебник для вузов / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Новый друк, 2003. – 400 с.
12. Лишин В.П. Изучение геологических условий пучения горных пород в Западном Донбассе / В.П. Лишин, В.Я. Кириченко. – Геологический отчет. Фонды ПГРЭ. – 1982.
13. Пиньковский Г.С. Определение прочностных характеристик горных пород при естественной влажности / Г.С. Пиньковский, А.В. Безазьян // Уголь Украины. – 1979. – № 8. – С. 21-22.

Надійшла до редакції 29.11.2013

Г.Г. Сторчак

ДО ПИТАННЯ ПРО НЕОБХІДНІСТЬ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СТАНУ ПРОТЯЖНИХ ВИРОБОК

У статті наведено результати досліджень, спрямованих на розробку найбільш достовірної методики оцінки стану протяжних виробок вугільних шахт, що входять до складу ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», яка дозволить проводити різні прогностичні оцінки в частині стійкості виробок.

Ключові слова: стійкість, оцінка стану, експертна оцінка, умови експлуатації, методика обстеження.

G.G. Storchak

NECESSITY OF DEVELOPING THE ESTIMATION TECHNIQUE OF EXTENDED MINING WORKING CONDITIONS

The paper provides the results of research aimed at developing of the most reliable technique to estimate the condition of extended workings of coal mines comprising PC "DTEK Pavlogradugol", which will allow carrying out different predictive estimations in terms of working stability.

Keywords: stability, state assessment, expert evaluation, maintenance conditions, investigation technique.