

РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.02: 622.831.3

П.Н. Должиков, д-р техн. наук, проф.,
Н.Н. Палейчук

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Украина, dolpn@yandex.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

P.N. Dolzhikov Dr. Sc., Professor, (Tech.)
N.N. Paleychuk

Donbass State Technical University, Alchevsk, Ukraine,
dolpn@yandex.ua

RESEARCH OF INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE STABILITY OF HORIZONTAL WORKINGS IN DEEP MINES

Для условий Восточного Донбасса получены аналитические зависимости влияния различных факторов на показатели устойчивости горизонтальных подготовительных выработок глубоких антрацитовых шахт вне зон влияния очистных работ и параллельных выработок. Для характерных участков подготовительных выработок определены вероятности вывалообразований.

Ключевые слова: *подготовительная выработка, категория породы, фактор влияния, вывалообразование*

Ведение. К основным составляющим, которые определяют эффективность подземной добычи угля, относятся состояние подготовительных выработок. Их устойчивость, а соответственно и степень деформирования контура, определяется воздействием ряда факторов. В данной работе исследовалось влияние различных факторов на устойчивость горизонтальных выработок глубоких шахт. Определение закономерностей воздействия факторов на показатели устойчивости позволит отслеживать тенденцию изменения данных показателей вне зон влияния очистных работ и параллельных выработок в условиях Боково-Хрустальского и Должанско-Ровенецкого геолого-промышленных районов. Установленные зависимости могут использоваться для усовершенствования расчета паспортов проведения и крепления горных выработок в зависимости от значений соответствующих факторов.

Анализ состояния проблемы. Воздействие различных факторов на устойчивость выработок изучалось Ерофеевым Б.Н., Малининым С.И. и др. учеными [1–3]. Однако, закономерности такого влияния в условиях Восточного Донбасса, в частности Боково-Хрустальского и Должанско-Ровенецкого геолого-промышленных районов, мало изучены. В связи с этим, является актуальным установление аналитических зависимостей показателей устойчивости от различных факторов в горизонтальных пластовых подготовительных выработках.

Цель работы – исследование влияния различных факторов на показатели устойчивости горизонтальных

пластовых подготовительных выработок глубоких антрацитовых шахт.

В качестве объекта исследований выбраны 25 горизонтальных пластовых подготовительных выработок шахт Боково-Хрустальского и Должанско-Ровенецкого геолого-промышленных районов („Комсо-мольская“ и „Партизанская“ ГП „Антрацит“, а также ОП „Шахта имени В.В. Вахрушева“, ГП „Ровеньки-антрацит“).

Методика и результаты исследований. В силу значительного разброса деформационно-прочностных характеристик вмещающих пород, горно-геологические условия в рамках исследования разделены на две категории: 1-я категория включает в себя литологические разности, вмещающие пласт h_{10} , в основном это сланцы глинистые мощностью $m = 0,7-9,5$ м с длительной прочностью на сжатие $\sigma_c = 53,7-64,2$ МПа, песчано-глинистые $m = 2,8-16,2$ м, $\sigma_c = 67,5,6-71$ МПа и песчаные $m = 7-24,2$ м, $\sigma_c = 73-85,3$ МПа. Во 2-ю категорию входят породы, вмещающие пласт h_8 , как правило, сланцы песчаные $m = 11,8-25$ м, $\sigma_c = 78-90$ МПа и песчаники $m = 5-38$ м, $\sigma_c = 135,7-178$ МПа. Углы напластования пород в исследуемых выработках составляют $\alpha = 2 \div 19^\circ$ при диапазоне глубин $H = 694 \div 1115$ м.

Для выполнения анализа совокупность исследуемых факторов, влияющих на показатели устойчивости, представим в виде зависимостей

$$\omega_N = f(\sigma_c, m, S, L, \alpha, H, W, t, \lambda); \quad (1)$$

$$\omega_S = f(\sigma_c, m, S, L, \alpha, H, W, t, \lambda), \quad (2)$$

где ω_N – показатель устойчивости выработки по количеству разрушенных рам крепи

$$\omega_N = \frac{N - N_0}{N},$$

где N – общее число рам крепи, шт; N_0 – число деформированных рам крепи, шт; ω_S – показатель устойчивости выработки по относительной потере площади поперечного сечения

$$\omega_S = \frac{S_{\min}}{S},$$

где S – проектная площадь поперечного сечения выработки (в свету), m^2 ; S_{\min} – наименьшая площадь поперечного сечения выработки, m^2 ; σ_c – прочность пород на сжатие, МПа; m – мощность слоев вмещающих угольный пласт пород, м; S – площадь поперечного сечения выработки, m^2 ; L – длина выработки, м; α – угол напластования пород, град; H – глубина заложения выработки, м; W – водообильность, $m^3/час$; t – срок эксплуатации выработки, мес.; λ – густота трещин, m^{-1} .

Прочность пород определялась по результатам геологических отчетов [4, 5], а также лабораторными методами при помощи установки со сферическими инденторами. В дальнейшем использовалось среднее по длине выработки значение длительной прочности вмещающих пород на сжатие. Мощность литологических разностей определялась по результатам бурения разведочных скважин и маркшейдерским замерам. Для каждой выработки определялось значение удельного коли-

чества трещин на 1 м длины. Данный параметр определялся при помощи фотопланиметрического метода. При этом использовалась мерная лента длиной 20 м и цифровой фотоаппарат Canon EOS 5D Mark II KIT с разрешением 21.1 млн пикселей. Съемка производилась в 40 м от концевых участков, в центре выработок, а также в зонах вывалообразований с последующим определением среднего по длине выработки значения удельной трещиноватости. Погрешность при использовании данных методов составила 16%. Значения остальных факторов определялись по соответствующей геолого-маркшейдерской и технологической документации.

Методика исследования влияния факторов на показатели (1) и (2) пластовых, горизонтальных подготовительных выработок включает в себя два этапа. На первом этапе при помощи программы Microsoft® Office Excel® 2010 определялись коэффициенты парной корреляции r зависимости значений показателей устойчивости выработки от соответствующих факторов.

Наибольшие значения коэффициентов корреляции, при выполнении корреляционно-регрессионного анализа, соответствовали таким факторам: длине выработки L , мощности слоев пород кровли m , прочности пород кровли на сжатие σ_c , а также густоте трещин λ , значения которых представлены в табл. 1.

Одним из основных факторов, оказывающих отрицательное воздействие на устойчивость выработок, является время [1,3,7]. Однако, в силу того, что коэффициент корреляции для зависимостей $\omega_N = f(t)$ и $\omega_S = f(t)$ составил менее 0,5, для данного исследования ограничимся влиянием факторов, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции

Исследуемый фактор (x)	Значения коэффициентов корреляции			
	1-я категория пород		2-я категория пород	
	r_{M1} для зависимости $\omega_N = f(x)$	r_{S1} для зависимости $\omega_S = f(x)$	r_{M2} для зависимости $\omega_N = f(x)$	r_{S2} для зависимости $\omega_S = f(x)$
Прочность пород на сжатие σ_c , МПа	0,81	0,74	0,88	0,85
Мощность слоев пород m , м	0,82	0,81	0,81	0,80
Длина выработки L , м	-0,81	-0,79	-0,91	-0,73
Густота трещин массива λ , m^{-1}	-0,94	-0,83	-0,86	-0,61

Второй этап включает определение аналитического вида зависимости показателей ω_N и ω_S от соответствующих факторов.

Исходя из свойства множественной регрессии отражать влияние на исследуемый параметр (в данном случае – ω_N и ω_S) только одной переменной, при обязательном условии, что все другие переменные (факторы) постоянны, воспользуемся методом разделения переменных для наглядного представления вида зависимостей ω_N и ω_S от различных факторов, а также определения факторов, оказывающих наибольшее влияние на показатели устойчивости выработок.

При этом должно соблюдаться условие [6]

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i). \quad (3)$$

Для выбора наиболее оптимального вида зависимостей из множества существующих, использовался показатель достоверности аппроксимации R^2 . Выбирался такой вид зависимостей, которым соответствовало наибольшее значение показателя R^2 .

Регрессионные зависимости показателей ω_N и ω_S от длительной прочности пород кровли на сжатие σ_c (МПа) при значениях достоверности аппроксимации $R^2 = 0,66$ и $R^2 = 0,54$ для 1-й категории горно-геологических условий соответственно имеют вид

$$f(\sigma_c)_N = 0,2684 + 0,0062\sigma_{c*}; \quad (4)$$

$$f(\sigma_c)_S = 0,5494 + 0,0032\sigma_{c*}, \quad (5)$$

где $f(\sigma_c)_N = \omega_N$ при $f(m, L, \lambda)_N = const$,
 $f(\sigma_c)_S = \omega_S$ при $f(m, L, \lambda)_S = const$; σ_{c*} – приве-
 денное значение длительной прочности пород

$$\sigma_{c*} = \frac{\sigma_c}{\sigma'_c},$$

где σ_c – длительная прочность пород, МПа; σ'_c –
 значение прочности, соответствующее 1 МПа.

Выражения (4) – (7) графически представлены зави-
 симостями на рисунке 1. Анализ полученных зависимо-
 стей (4) – (5) показывает, что значения ω_N и ω_S линейно
 уменьшаются при уменьшении длительной прочности
 пород в диапазоне $60 \text{ МПа} \leq \sigma_c \leq 90 \text{ МПа}$. Коэффициент
 детерминации r^2 для выражения (4) составляет 0,656,
 для выражения (5) – 0,547, что, при условии постоянст-
 ва влияния остальных факторов в уравнениях (1) и (2)
 $f(m, L, \lambda)_N = const$ и $f(m, L, \lambda)_S = const$, отражает
 степень влияния на показатели ω_N и ω_S (65% и 55% со-
 ответственно) длительной прочности пород кровли на
 сжатие.

Для 2-й категории горно-геологических условий
 зависимости показателей устойчивости и прочности
 пород кровли на сжатие σ_c (МПа), при соответствую-
 щих значениях достоверности аппроксимации
 $R^2 = 0,72$ и $R^2 = 0,66$, описывается выражениями

$$f(\sigma_c)_N = 0,0800 \sigma_{c*}^{0,4516}; \quad (6)$$

$$f(\sigma_c)_S = 0,0951 \sigma_{c*}^{0,4281}. \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) имеют степенной возрастаю-
 щий тренд для исследованного диапазона значений
 прочности $137 \text{ МПа} \leq \sigma_c \leq 178 \text{ МПа}$. Коэффициенты
 детерминации r^2 составляют 0,774 и 0,722 соответ-
 ственно. Полученные зависимости (6) и (7) показыва-
 ют, что значения ω_N и ω_S уменьшаются при умень-
 шении длительной прочности пород.

Зависимости влияния мощности пород кровли m
 (м) на показатели ω_N и ω_S при соответствующих для 1-
 й категории горно-геологических условий значениях
 достоверности аппроксимации $R^2 = 0,65$ и $R^2 = 0,67$,
 представлены в виде

$$f(m)_N = 0,6045 + 0,0079m^*; \quad (8)$$

$$f(m)_S = 0,7134 + 0,0044m^*, \quad (9)$$

где $f(m)_N = \omega_N$ при $f(\sigma_c, L, \lambda)_N = const$,
 $f(m)_S = \omega_S$ при $f(\sigma_c, L, \lambda)_S = const$; m^* – приве-
 денное значение мощности пород

$$m^* = \frac{m}{m'},$$

где m – мощность слоев пород, м; m' – значение
 мощности, соответствующее 1 м.

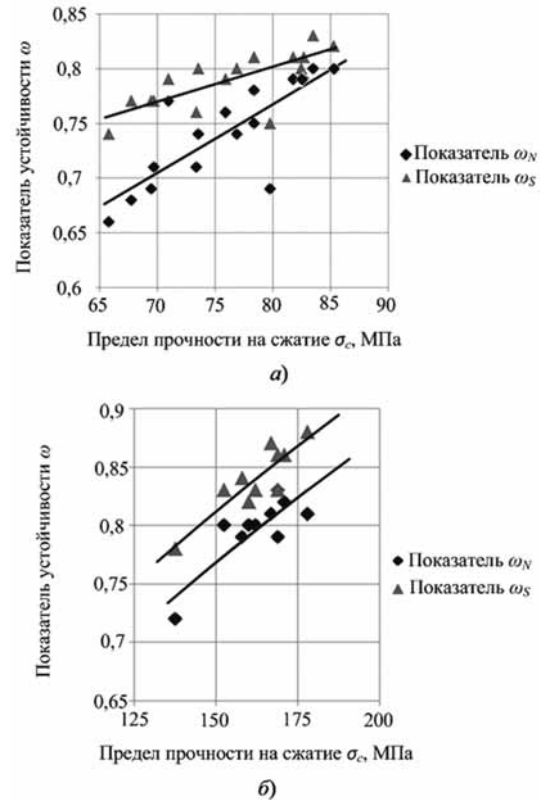


Рис. 1. Эмпирическая и аналитическая зависимость
 показателей устойчивости выработки и проч-
 ности на сжатие пород кровли: а – для 1-й ка-
 тегории горно-геологических условий; б – для
 2-й категории горно-геологических условий

Для 2-й категории горно-геологических условий
 зависимость показателей устойчивости от мощ-
 ности пород кровли m (м), при соответствующих значениях
 достоверности аппроксимации $R^2 = 0,12$ и $R^2 = 0,30$,
 описывается выражениями

$$f(m)_N = 0,6957 + 0,0034m^*; \quad (10)$$

$$f(m)_S = 0,6747 + 0,0056m^*. \quad (11)$$

Выражения (8) и (11) аппроксимируются линей-
 ными зависимостями на рис. 2.

Анализ полученных зависимостей (8) – (11) показы-
 вает их возрастающий характер, что можно интерпре-
 тировать следующим образом: значения показателей ω_N
 и ω_S прямо пропорциональны значениям мощ-
 ности слоев пород кровли. Коэффициент детерминации r^2 для
 выражения (8) составляет 0,672, для выражения (9) –
 0,656. Выражения (10) и (11) также имеют линейный
 возрастающий характер. Коэффициенты детерминации
 r^2 составляют 0,656 и 0,640 соответственно.

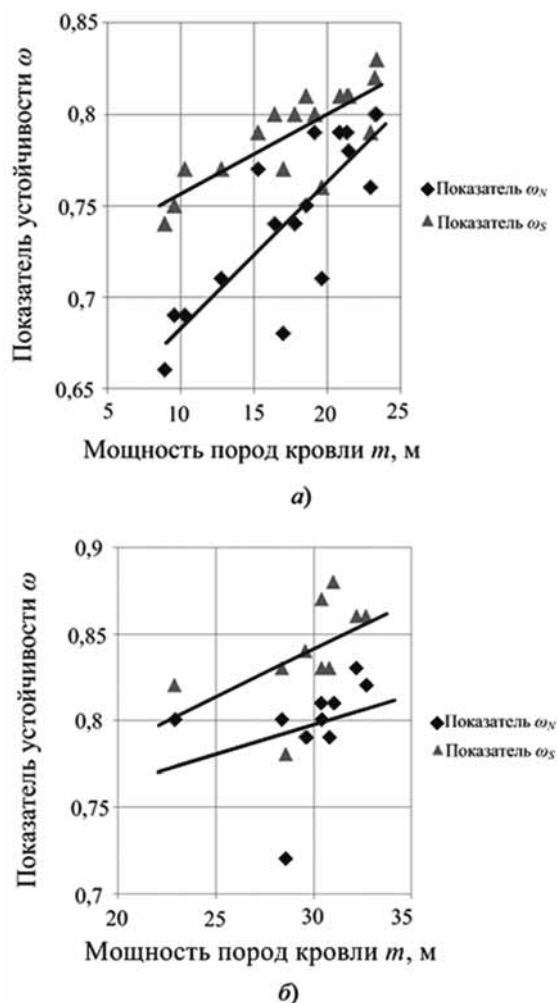


Рис. 2. Эмпирическая и аналитическая зависимость показателей устойчивости от мощности пород кровли: а – для 1-й категории горно-геологических условий; б – для 2-й категории горно-геологических условий

Зависимость показателей устойчивости от длины выработки L (м) для 1-й категории горно-геологических условий при соответствующих значениях достоверности аппроксимации $R^2 = 0,63$ и $R^2 = 0,62$ определена следующими уравнениями регрессии

$$f(L)_N = 0,8374 - 8 \cdot 10^{-5} L^* ; \quad (12)$$

$$f(L)_S = 0,8403 - 4 \cdot 10^{-5} L^* , \quad (13)$$

где $f(L)_N = \omega_N$ при $f(\sigma_c, m, \lambda)_N = const$, а $f(L)_S = \omega_S$ при $f(\sigma_c, m, \lambda)_S = const$; L^* – приведенное значение длины выработки

$$L^* = \frac{L}{l} ,$$

где L – длина выработки, м; l – значение длины, соответствующее 1 м.

Зависимости (12) и (13) имеют линейную убывающую тенденцию и представлены на рис. 3, а.

Для 2-й категории горно-геологических условий влияние длины выработки L (м) на показатели ω_N и ω_S при значениях достоверности аппроксимации $R^2 = 0,83$ и $R^2 = 0,84$ соответственно описывается выражениями

$$f(L)_N = 0,8374 - 8 \cdot 10^{-5} L^* ; \quad (14)$$

$$f(L)_S = 0,8374 - 8 \cdot 10^{-5} L^* , \quad (15)$$

Выражения (14) и (15) аппроксимируются линейными зависимостями на рис. 3, б.

Анализ полученных уравнений (12)–(15) показывает их линейный убывающий характер, т.е. значения показателей ω_N и ω_S линейно убывают в зависимости от увеличения значения длины выработки. Коэффициенты детерминации r^2 для выражений (12) и (13) составляют соответственно 0,656 и 0,624, для выражений (14) и (15) – 0,828 и 0,533.

Регрессионные зависимости показателей ω_N и ω_S от густоты трещин λ (m^{-1}) при соответствующих для 1-й категории горно-геологических условий значениях достоверности аппроксимации $R^2 = 0,49$ и $R^2 = 0,52$ имеют вид

$$f(\lambda)_N = 0,9631 - 0,0276 \lambda_*^2 ; \quad (16)$$

$$f(\lambda)_S = 0,9151 - 0,0157 \lambda_*^2 , \quad (17)$$

где $f(\lambda)_N = \omega_N$ при $f(\sigma_c, m, L)_N = const$, $f(\lambda)_S = \omega_S$ при $f(\sigma_c, m, L)_S = const$; λ_* – приведенное значение густоты трещин

$$\lambda_* = \frac{\lambda}{\lambda'} ,$$

где λ – густота трещин, m^{-1} ; λ' – значение густоты соответствующее 1 m^{-1} .

Для 2-й категории горно-геологических условий влияние густоты трещин λ (m^{-1}) на показатели ω_N и ω_S при соответствующих для 2-й категории горно-геологических условий значениях достоверности аппроксимации $R^2 = 0,88$ и $R^2 = 0,49$ описывается выражениями

$$f(\lambda)_N = 0,0398 + 0,2592 \lambda - 0,0217 \lambda_*^2 ; \quad (18)$$

$$f(\lambda)_S = 0,0238 + 0,2655 \lambda - 0,0213 \lambda_*^2 . \quad (19)$$

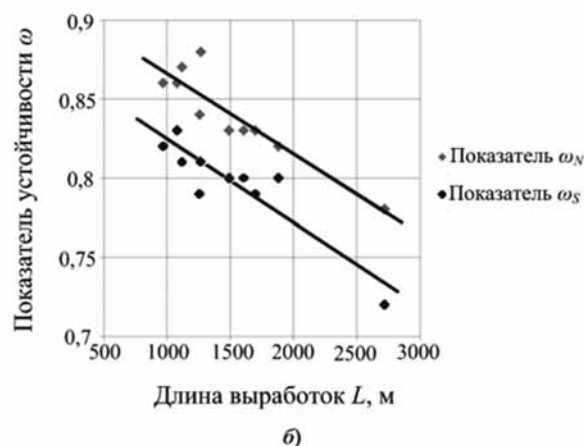
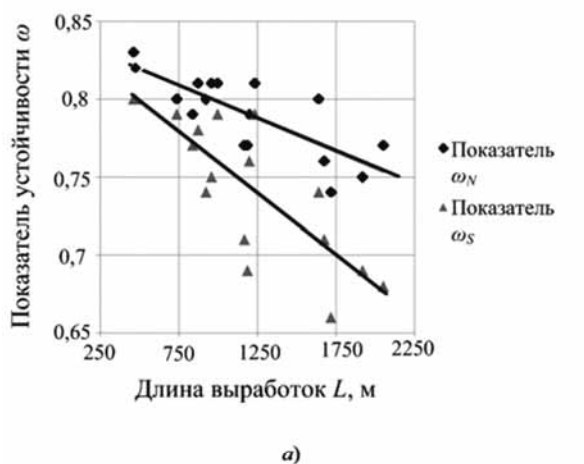


Рис. 3. Эмпирическая и аналитическая зависимость показателей ω_N и ω_S от длины выработки: а – для 1-й категории горно-геологических условий; б – для 2-й категории горно-геологических условий

Вышеприведенные выражения имеют убывающий тренд, следовательно, значения показателей ω_N и ω_S находятся в обратной зависимости от густоты трещин. Коэффициенты детерминации r^2 для выражений (16), (17), (18) и (19) составляют 0,884, 0,689, 0,740, 0,372 соответственно. Графически уравнения (16) – (19) представлены на рис. 4.

При необходимости учета влияния всей совокупности факторов на устойчивость выработки, в соответствии с уравнением (3), полученные зависимости представляется в следующем виде

$$\omega = \frac{1}{4} (f(\sigma_c) + f(m) + f(L) + f(\lambda)).$$

Исходя из того, что наибольшие значения коэффициентов детерминации соответствуют зависимостям воздействия факторов на показатель ω_N , в дальнейшем используется только показатель ω_N .

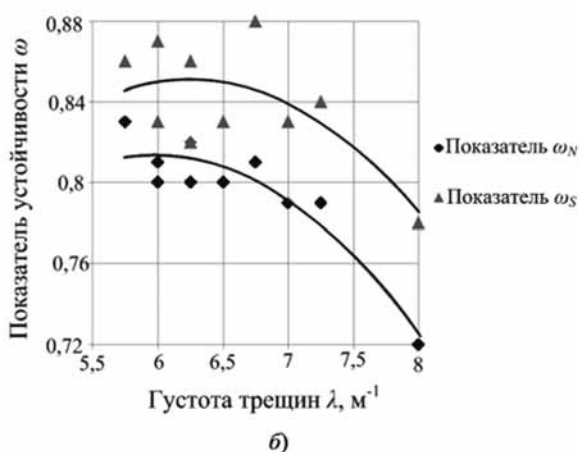
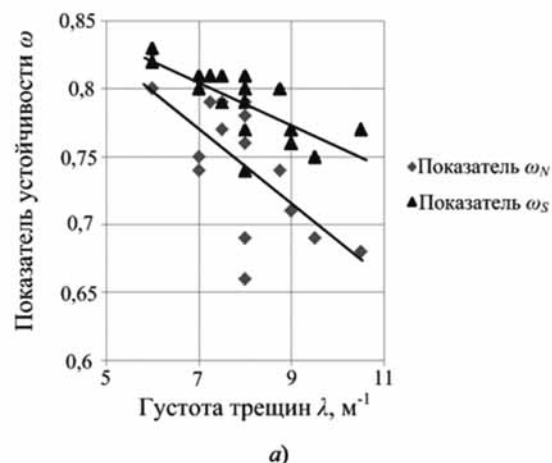


Рис. 4. Эмпирическая и аналитическая зависимость показателей устойчивости от густоты трещин: а – для 1-й категории горно-геологических условий; б – для 2-й категории горно-геологических условий

Для 1-й категории пород наибольшее влияние на показатель ω_N оказывает густота трещин: $r^2 = 0,884$, а для 2-й категории – длина выработки: $r^2 = 0,828$.

В результате разделения выработки на участки по 40 м, в связи с тем, что их длина составляла от 460 до 2720 м, количество вариаций значений показателя ω_N составляло 12 – 68.

Для удобства дальнейшего анализа результатов шахтных натурных исследований, в зависимости от значений показателя ω_N , участки выработок разделим на четыре типа: зоны I-го типа – с показателем $\omega_N < 0,5$, зоны II-го типа – $0,5 \leq \omega_N \leq 0,65$; зоны III-го типа – $0,65 < \omega_N \leq 0,8$ и зоны IV-го типа – при значении показателя $\omega_N > 0,8$. Численное распределение вывалообразований и их вероятностей для каждой зоны представлено в табл. 2.

Согласно результатам, представленным в табл. 2, наибольшее число вывалов происходит в зоне I типа. В связи с этим зоны I типа можно охарактеризовать как интенсивно трещиноватые, так как вывалообразованию предшествует увеличение числа и размеров технологических трещин [7].

В соответствии с результатами натурных исследований участков выработок по степени трещиноватости с учетом полученных зависимостей для

условий Восточного Донбасса разработана классификация зон различных типов, которая приведена в табл. 3.

Распределение вероятностей вывалов в зонах исследуемых выработок

Таблица 2

Параметры	Значения показателя ω_N на участках выработок			
	$\omega_N < 0,5$	$0,5 \leq \omega_N \leq 0,65$	$0,65 < \omega_N \leq 0,8$	$\omega_N > 0,8$
Общее число зон в исследуемых выработках n	71	89	282	400
Число вывалов в соответствующих зонах m	62	26	8	2
Вероятность вывалообразования $P(A)$	0,87	0,30	0,03	0,005

Классификация зон выработок

Таблица 3

Параметры	Значения показателя ω_N на участках выработок			
	$\omega_N < 0,5$	$0,5 \leq \omega_N \leq 0,65$	$0,65 < \omega_N \leq 0,8$	$\omega_N > 0,8$
Обозначение зоны	I типа	II типа	III типа	IV типа
Характеристика зоны	интенсивно трещиноватая зона	зона активного развития трещин	зона активизации трещинообразования	зона потенциального развития трещин
Значение густоты трещин λ , m^{-1}	> 10	8–10	6–8	< 5

Выводы. 1. Устойчивость протяженной горизонтальной подготовительной выработки в условиях Восточного Донбасса определяется характером воздействия превалирующих факторов: длины выработки L , мощности слоев пород кровли m , длительной прочности пород на сжатие σ_c , густоты трещин массива λ .

2. Для горно-геологических условий Боково-Хрустальского и Должано-Ровенецкого геолого-промышленных районов получены регрессионные зависимости показателей устойчивости от влияния различных факторов.

3. В исследуемых выработках существуют участки, на которых происходит деформирование контура выработки и крепления, обрушение пород кровли и вывалы. В результате разделения участков выработок на зоны, подавляющее большинство (65%) вывалообразований происходит в зонах I типа с показателем $\omega_N < 0,5$. Вероятность вывала в этой зоне составляет 87%.

4. На основании результатов натурных исследований участков выработок разработана классификация устойчивости зон различных типов в зависимости от густоты трещин.

Список литературы

1. Малинин С.И. Геологические основы прогноза поведения пород в горных выработках по разведочным данным / С.И. Малинин – М. : Недра, 1969. – 192 с.; ил., табл. – Библиогр.: с. 177 – 190 (146 наименований).

2. Исследование влияния породных полос на состояние подготовительных выработок: тезисы докладов и сообщений республ. межвуз. научн.-технич. совещ. по охране подготовительных выработок на шахтах Донецкого бассейна, (Коммунарск, 15–16 мая 1966 г.) / Министерство угольной промышленности СССР, Коммунарск. Донбасский горно-металлургический институт – Коммунарск: ДГМИ, 1966. – 168 с.; ил., табл.

3. Наумович А.В. Исследование устойчивости подготовительных выработок глубоких горизонтов вне зоны влияния очистных работ / А.В. Наумович, Р.Н. Терещук // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №11. – С. 3–5.

4. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel [Электронный ресурс]: [учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности „Коммерция“] / В.Р. Бараз – Электрон. данные. – Екатеринбург: ГОУ ВПО „УГТУ-УПИ“ – 2005. – 1 эл. опт. диск (CD-R); 12 см. – сист. требов.: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP, Vista, 7; MS Word 97-2010. – Назв. с титул. экрана.

5. Булат А.Ф. Фракталы в геомеханике: монография / А.Ф. Булат, В.И. Дырда; Национальная академия наук Украины, Инс-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова. – К.: Наукова думка, 2005. – 358 с. ил., табл. – (Научное издание). – Библиогр.: с. 336 – 355. – ISBN 966-00-0516-4.

Для умов Східного Донбасу отримано аналітичні залежності впливу різних чинників на показники стійкості горизонтальних підготовчих виробок глибоких антрацитових шахт поза зонами впливу очисних робіт і паралельних виробок. Для характерних ділянок підготовчих виробок визначено ймовірності вивалоутворень.

Ключові слова: підготовча виробка, категорія породи, чинники впливу, вивалоутворення

It has been resulted analytical dependences of influence of different factors on indexes of stability of hori-

zontal development workings of deep anthracitic mines out of the zones affected by second workings and bypasses for the environment of Eastern Donbas. Probabilities of intrushes have been ascertained for the typical areas of the development workings.

Keywords: development workings, category of rocks, factors of influence, intrush

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук
О.Ф. Борзих. Дата надходження рукопису 05.11.10

УДК 622.831.3:622.261.5

А.В. Мартовицкий¹, канд. техн. наук,
Р.Н. Терещук², канд. техн. наук, доц.,
С.Н. Гапеев², канд. техн. наук, доц.

1 – ОАО „Павлоградуголь“, г. Павлоград, Украина,
e-mail: Artur.martovitskij@pu.dtek.com.ua

2 – Государственное высшее учебное заведение
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

О РАЗМЕРАХ ЗОНЫ НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

A.V. Martovitskiy¹, Cand. Sc. (Tech.),
R.N. Tereshchuk², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
S.N. Gapeyev², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

1 – VAT “Pavlogradugol”, DTEK, General Director, Pavlograd,
Ukraine, e-mail: Artur.martovitskij@pu.dtek.com.ua

2 – State Higher Educational Institution “National Mining
University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

ABOUT THE SIZE OF INELASTIC DEFORMATION ZONE AROUND MINE WORKINGS WITH CROSS-SECTIONS OF DIFFERENT SHAPE

Рассмотрен один из методов решения задачи на основе феноменологического подхода, который учитывает нелинейные эффекты, протекающие в горных породах под нагрузкой за пределом прочности. Определены размеры зоны неупругих деформаций вокруг одиночной выработки различной формы поперечного сечения. Выполнен анализ влияния формы одиночной горной выработки с заданным соотношением ширины и высоты на размер и форму зоны неупругих деформаций вокруг выработки. Выполнено сравнение параметров зоны вокруг круглой выработки и выработки иного очертания.

Ключевые слова: неупругие деформации, форма поперечного сечения выработки

Введение. Существующие аналитические строгие решения геомеханических задач о напряженно-деформированном состоянии в большинстве своем выполнены для выработок (отверстий, полостей) круглой формы. Это связано, в частности, с тем, что описание круглого контура в таких задачах облегчает получение решения.

Вместе с тем, реальные горные выработки, как угольных шахт, так и рудников, имеют очертания контура, отличные от круглого. Таким образом, имеющиеся решения могут быть распространены на реальные объекты с известной долей вероятности.

Получение новых решений, например, для такой задачи, как установление границ зоны неупругих деформаций в окрестности одиночной выработки с учетом сложной структуры этой зоны, также проще всего выполнить для круглой выработки. Поэтому, имеет смысл

исследовать, каким же образом влияет изменение формы очертания контура выработки на размер зоны неупругих деформаций. Знание этих зависимостей позволит более обоснованно распространять аналитическое решение на ряд случаев, отличающихся от тех, для которых ставится и решается аналитическая задача.

Данные исследования удобнее всего производить, используя приближенные численные методы, которые позволяют сравнительно просто и быстро получить большое количество решений для разных вариантов постановки задачи. В нашем случае – для разных форм и размеров одиночных выработок, расположенных в однородном породном массиве.

Цель работы. Определить размеры зоны неупругих деформаций вокруг одиночной выработки различной формой поперечного сечения.

Основной материал исследований. В качестве рабочего метода для численных расчетов принимаем метод конечных элементов, достоинства которого для