

ных значениях σ_{don} дает возможность установить, соответствует ли возникающая ситуация в массиве пород безопасным, с позиции разрушения, условиям ведения горных работ, а также проследить по изменениям напряжений кинетику накопления дефектов и развития разрушения. В частности, по известным напряжениям профилактической обработки массива [2, 3] можно оценить как их эффективность, так и безопасные условия проведения.

Таким образом, полученная зависимость позволяет вести оценку состояния разрушающегося в локальных зонах массива, а по величине изменения напряжений при различных дополнительных воздействиях определять наиболее рациональные мероприятия по предотвращению вредных последствий или использованию состояния массива для получения максимального положительного эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников В.Г., Андреев С.Ю. Оценка прочности и поведения трещиновато-пористой среды с позиций твердого раствора // Геотехническая механика, 2001, №27. - С. 87-91.
2. Зорин А.Н., Халимендик Ю.М., Колесников В.Г. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых. - М.: Недра, 2001. - 413с.
3. Булат А.Ф., Колесников В.Г., Андреев С.Ю. Динамика изменения структуры массива и влияние на нее силовых факторов // Проблемы аэрологии горнодобывающих предприятий. - Днепропетровск: НГА Украины, 1998, вып. 5. - С. 126-128.

УДК 622831322

В.Я. Костыря, А.М. Брюханов,
Н.А. Альшев, Д.М. Житленок,
А.А. Подорванов, Н.В. Малеев

НЕКОТОРЫЕ СИНЕРГИЗИРУЮЩИЕСЯ АСПЕКТЫ МЕХАНИКИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Обґрунтовані питання формування навкруги польової гірничої виробки зони зниженої напруженості, та її вплив на рівень газодинамічної активності дільниці викидонебезпечного вугільного шару та характер деформування розвантажувальної виробки.

SOME SINERGETILIZE ASPECTS OF THE MECHANICS OF UNDERGROUND STRUCTURES

The questions of formation lowing intensity zone around field mine tunnel and its influence on gas-dynamic activity level of coal layer emission dangerous site and deformation character of unloading tunnel are proved.

В течение нескольких последних десятилетий большинство одиночных или частично защищенных выбросоопасных пластов Центрального района Донбасса переведено на полевую подготовку выемочных участков. Изменение характера подготовки связано с необходимостью устранения влияния выбросоопасности на темпы проведения подготовительных выработок, а также с широким внедрением очистной технологической схемы, основанной на выемке угля щитовыми агрегатами полосами по падению, для которой полевая подготовка является предпочтительной.

В этих условиях существенное значение приобретает регламентация параметров места заложения полевых выработок относительно выбросоопасных угольных пластов, так как формируемое в их окрестностях, в процессе проведения, поле напряжений неадекватно отражается на газодинамической активности угольного массива на участках пластов, находящихся в непосредственной близости от полевых выработок [1].

Кроме того, формирование зоны повышенного горного давления в краевой части пласта, отсекаемой над уровнем обрабатываемого горизонта наклонными вскрывающими выработками, в значительной степени осложняет условия поддержания полевых выработок в процессе их эксплуатации.

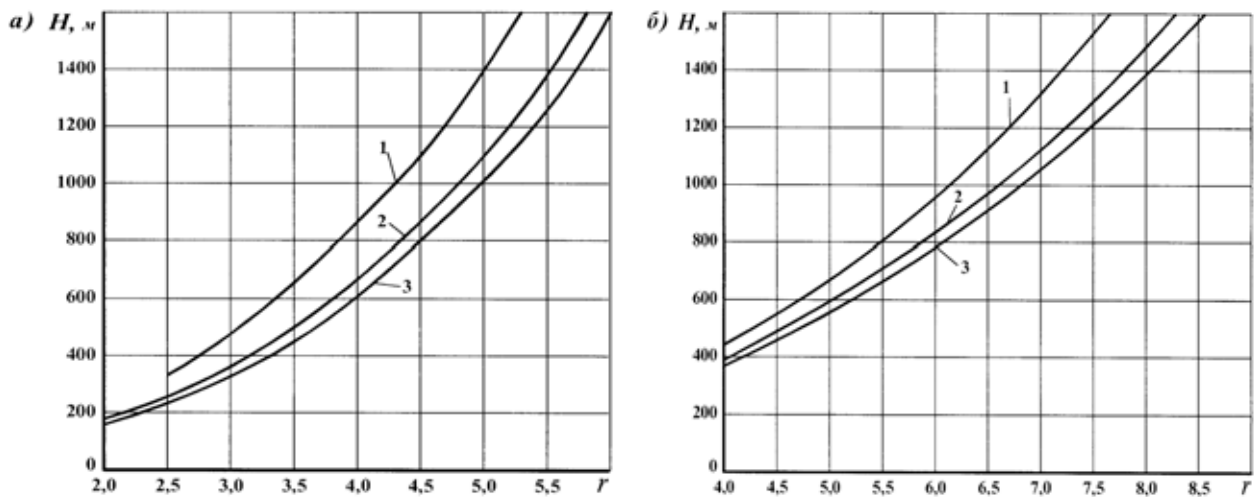
При проведении выработки за счет деформационных процессов вокруг ее контура формируются различные по уровню напряженности зоны: пониженных, повышенных и не подверженных ее влиянию геостатических напряжений. Заложение полевой выработки на расстоянии, исключающем ее влияние на выбросоопасный пласт или пригружающем его, нецелесообразно, так как это приводит либо к неоправданному увеличению протяженности вскрывающей выработки, либо к повышению его газодинамической активности. Наиболее оптимальным представляется вариант проведения полевой выработки на расстоянии, обеспечивающем возможность разгрузки локального участка выбросоопасного пласта для безопасного проведения пластовых подготовительных, нарезных или вскрывающих выработок.

Максимальный размер зоны пониженных напряжений в законтурном пространстве выработки образуется при формировании вокруг нее области запредельного состояния пород, предопределяющий переход выработки в категорию неустойчивых. Для оценки глубины H , с которой выработка переходит в названный разряд, для шахт Центрального района Донбасса [2] справедлив критерий вида:

$$H \geq 10\sigma_0, \text{ м} \quad (1)$$

где σ_0 - предел прочности вмещающих выработку пород одноосному сжатию, МПа.

Установление радиуса зоны с безопасным уровнем напряжений, исключающим проявление в ней выбросоопасности, было осуществлено на основании его отождествления [1] с радиусом зоны запредельного состояния вмещающих выработку пород, относительные значения которого r для различных литологических разностей и реакций крепи, рассчитанных на основании соответствующих зависимостей, характеризующих упруго-пластическое деформирование пород в разупрочняющейся среде, приведены на графических построениях рис. 1.



а - при реакции крепи $P=0,2$ МПа; б - при реакции крепи $P=0,1$ МПа;
 1 - песчаник; 2 - песчаный сланец; 3 - глинистый и песчано-глинистый сланец
 Рис. 1 – Графические зависимости величины относительного радиуса r от глубины ведения горных работ H :

Для конкретных горнотехнических условий величина радиуса разгрузки R для выработки арочной формы [3] определяется выражением:

$$R = r0,6\sqrt{S}K_n^{0,5\lambda}, \text{ м} \quad (2)$$

где S - площадь поперечного сечения полевой выработки в черне, м^2 ; K_n - коэффициент концентрации напряжений, определяемый по методике ВНИМИ обеспечивающее необходимый размер разгруженной зоны в его плоскости и исключающее его самовскрытие, $\lambda = \sin\rho / (1 - \sin\rho)$ - параметр, зависящий от угла внутреннего трения пород ρ .

Очевидно, что чем ближе к пласту проводится полевая выработка, тем больший его участок подвержен ее разгружающему действию. Ограничивающим фактором является минимально-допустимая величина породной толщи N между полевой выработкой и выбросоопасным угольным пластом, исключающая его самовскрытие, размер которой регламентируется нормативными требованиями.

Максимальное расстояние N_{\max} между полевой выработкой и угольным пластом, исходя из геометрических построений рис. 2, определяется выражением:

$$N_{\max} = \sqrt{R^2 - \left(\frac{b}{2} + C\right)^2} - 0,6\sqrt{S} - m, \quad (3)$$

где $b/2$ - полу пролет разгружаемой пластовой выработки, м; C - размер неснижаемого запаса разгруженной законтурной зоны в плоскости пласта, м; m - мощность пласта, м.

Расстояние $N \dots N_{\max}$ является рациональным параметром заложения полевой

выработки относительно выбросоопасного угольного пласта, как Исследованиями [5, 6] и др. установлено, что деформационные процессы в законтурном пространстве выработки затухают не более чем через шесть месяцев с момента ее проведения. В этом случае необходимое опережение L забоем полевой выработки забоя разгружаемой пластовой составит:

$$L \geq 6\vartheta, \text{ м} \quad (4)$$

где ϑ - среднемесячная скорость проведения разгружаемой пластовой выработки, м/мес.

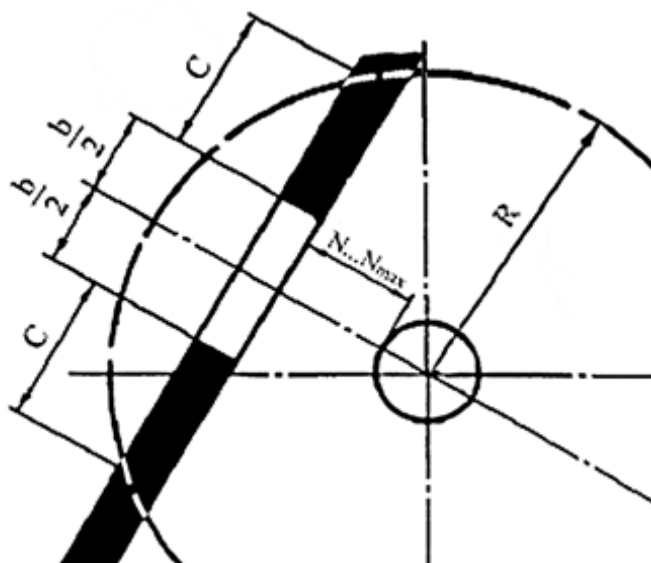


Рис. 2 – Принципиальная схема к установлению параметров разгружающего действия полевой выработки

Определяемые с помощью выражения (4) параметры пространственно-временного соотношения горных работ с достаточной степенью надежности могут использоваться на стадии предварительного проектирования.

При проведении экспериментальных работ, промышленных испытаний и, в ряде случаев, на стадии внедрения способа наблюдения за формированием разгруженной зоны осуществлялись с помощью контрольных станций, фиксирующих через разделяющую породную толщу изменение газодинамического состояния угольного массива по длине полевой выработки методом прогноза выбросоопасности угольных пластов в месте вскрытия [7]. Установление параметров пространственно-временного соотношения в динамическом режиме показало, что временной интервал формирования разгруженной зоны на расчетную величину не превышает 100 суток, в связи с чем для установления конкретных значений параметров пространственно-временного соотношения горных работ может быть рекомендован метод контрольных станций, изложенный в "Руководстве..." [8].

Апробация названных параметров разгружающего действия полевых выра-

боток для обеспечения безопасного проведения пластовых была осуществлена на выбросоопасных пластах k_7^{1-B} и l_1^B горизонтов 716 и 826 м шахты “Юный Коммунар”, k_7^{1-B} горизонта 865 м шахты “Красный Профинтерн”, l_3 горизонта 860 м шахты им. А. Гаевского, l_7^B горизонта 970 м шахты им. К.А. Румянцева, k_2^2 , k_3^H и m_5 горизонта 960 м шахты “Комсомолец”, l_7^B горизонта 970 м шахты “Кочегарка” и др.

В общей сложности пройдено более 7000 м пластовых выработок без предварительного выполнения противовыбросных мероприятий с оценкой газодинамического состояния разгруженного угольного массива текущим прогнозом выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров, причем, каких либо признаков начальной скорости газовыделения из газовых камер контрольных шпуров не было зафиксировано.

Опыт применения лекальной разгрузки выбросоопасных угольных пластов полевыми выработками на шахтах Центрального района Донбасса показывает, что использование данного способа устранения газодинамической активности обеспечивает [9]:

- беззатратное устранение газодинамической активности локального участка выбросоопасного угольного пласта при полевой его подготовке;

- полное устранение газодинамической активности особовыбросоопасного участка угольного пласта в условиях подработки его защитным при малых величинах междупластья;

- разделение в условиях подработки при значительных величинах междупластья выбросоопасного угольного пласта разгрузочной полевой выработкой на протяженные по простиранию и ограниченные по падению пласта блоки, инертные к проявлению газодинамической активности.

Эксплуатация пластовых выработок, проводимых в разгруженной полевыми зоне, характеризуется повышенной устойчивостью, обусловленной сравнительно невысокой, в сопоставлении с геостатической, напряженностью вмещающего их массива.

Вместе с тем, в процессе внедрения разгружающего действия полевых выработок при определенном комбинационном сочетании геомеханических факторов отмечено повышение устойчивости самих разгружающих выработок.

Согласно существующим в механике горных пород представлениям [10] разупрочнение краевой части пласта приводит к смещению максимума опорного давления в сторону нетронутого массива. Разупрочнение, при использовании разгружающего действия полевой выработки, до остаточной прочности краевой части пласта, отсекаемой вскрывающими выработками над уровнем отметки отрабатываемого горизонта, приводит к смещению нижней боковой зоны опорного давления по падению пласта, что обеспечивает расположение полевой выработки (рис. 3) вне зоны влияния угла давления ω , ограничивающего зону активного проявления горного давления от краевой части пласта, размер которой Z , в зависимости от литологических разностей пород почвы [10], может уста-

навливаться выражением:

$$Z \geq 0,01 \dots 0,02 \text{ Н, м} \quad (5)$$

На основании приведенной на рис. 3 схемы с достаточной для практических расчетов точностью расстояние по нормали между пластом и полевой выработкой N_ω , обеспечивающее повышение ее устойчивости, может определяться выражением:

$$N_\omega \leq R \cos \omega - 0,6\sqrt{S}(\text{ctg} \omega \cos \omega + 1), \text{ м.} \quad (6)$$

Следует отметить, что разупрочненный разгружающим действием полевой выработки углепородный массив находится преимущественно в стадии остаточной прочности, что, согласно [11] формирует уровень напряженности в нем в пределах $0,1 \dots 0,3\gamma$; здесь γ - объемный вес пород, КН/м^3 .

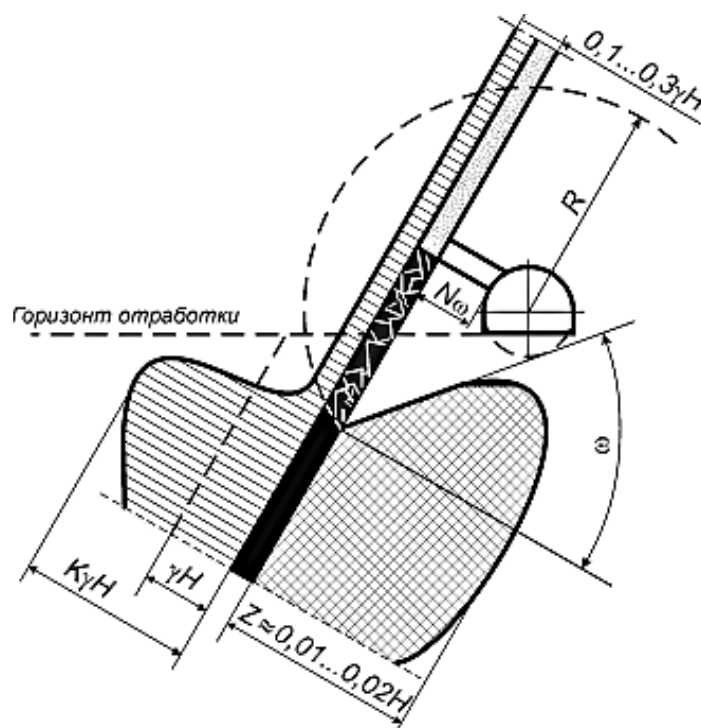


Рис. 3 – Характер формирования нижней боковой зоны опорного давления в краевой части пласта при использовании разгружающего действия полевой выработки.

Условие (5), будучи обязательным, не является достаточным.

Формирование в процессе отработки пласта зоны опорного давления впереди очистного забоя обуславливает ее воздействие на предварительно разупрочненный полевой выработкой углепородный массив. Как следует из выражения (2) это приводит к расширению области запредельного состояния пород вокруг выработки и, следовательно, к снижению ее устойчивости. Известно [11], что наиболее эффективным способом устранения влияния опорного давления на

горную выработку является опережающая очистной фронт надработка ее пластовой локальной выемкой. При определенных условиях роль локальной надработки могут выполнять опережающие очистной забой нижние печи (просеки). Вследствие того, что максимум зоны опорного давления движущегося очистного фронта сконцентрирован в призабойной части пласта и не превышает 1/3 ее размера по простиранию [10], опережение очистного забоя локальной надработкой l_n , достаточно регламентировать выражением:

$$l_n \geq 0,33l_o, \text{ м,} \quad (7)$$

где l_o - размер зоны опорного давления впереди очистного фронта, определяемый в соответствии с [7], м.

Для обеспечения более высокого уровня безопасности при проведении подготовительных выработок на выбросоопасных угольных пластах их опережение по отношению к очистным забоям нормативными требованиями [7] регламентируются не менее чем 100 м величиной. Геомеханическая интерпретация данного условия характеризуется исключением взаимного наложения зон опорного давления от очистных работ и призабойного упругого восстановления самой подготовительной выработки, что ограничивает интеграцию напряжений в законтурном пространстве опережающей части выработки до аномальных значений.

Из практики ведения горных работ, при прочих равных условиях, общеизвестным является снижение устойчивости подготовительных выработок, имеющих ограниченное опережение относительно очистного фронта по сравнению с выработками значительной протяженности.

Исходя из общности природы аномальных проявлений газодинамической активности угольных пластов и устойчивости горных выработок, дезинтегрирующий их фактор может быть сформулирован необходимой величиной опережения l_d забоя подготовительной выработки относительно очистных работ, которая, на основании известных положений геомеханики [2, 7] и др., характеризуется выражением:

$$l_d \geq l_o + 7,2\sqrt{S}, \text{ м.} \quad (8)$$

Апробация приведенных предпосылок была осуществлена при отработке пласта l_4^H -восток в условиях горизонта 1080 м шахты имени В.И. Ленина производственного объединения "Артемуголь" при отработке его на полевой откаточный штрек, проводившийся в породах почвы пласта.

Выбросоопасный и опасный по обрушениям угля пласт l_4^H , имеющий в пределах восточного крыла шахты многопачечное строение, при мощности 1,5 м и угле падения 42...45° отрабатывался с опережающей неэффективной надра-

боткой его пластом l_5 , залегающим в кровле на расстоянии до 45 м.

Отработка пласта l_4^H - восток от охранного целика под надшахтные здания и сооружения осуществлялась по сплошной системе разработки с потолкоуступной конфигурацией очистного забоя и опережением очистных работ нижней печью (просеком) высотой 8,0 м не менее 20 м. Проведение полевого откаточного штрека сечением 12,6 м² осуществлялось буровзрывным способом, крепление металлоарочной крепью из взаимозаменяемого спецпрофиля. Группирование производилось через 300 м подвигания штрека.

На рассматриваемом участке отработки пласта l_4^H породы его почвы были представлены следующими литологическими разностями (рис.4):

- сланец песчано-глинистый "кучерявчик" – 0,7 м крепостью $f=4$;
- песчаник – 3,2 м крепостью $f=10...11$;
- сланец глинистый – 3,0 м крепостью $f=4...5$;
- сланец песчаный – 3,6 м крепостью $f=8$;
- сланец глинистый – 9,0 м крепостью $f=5$.

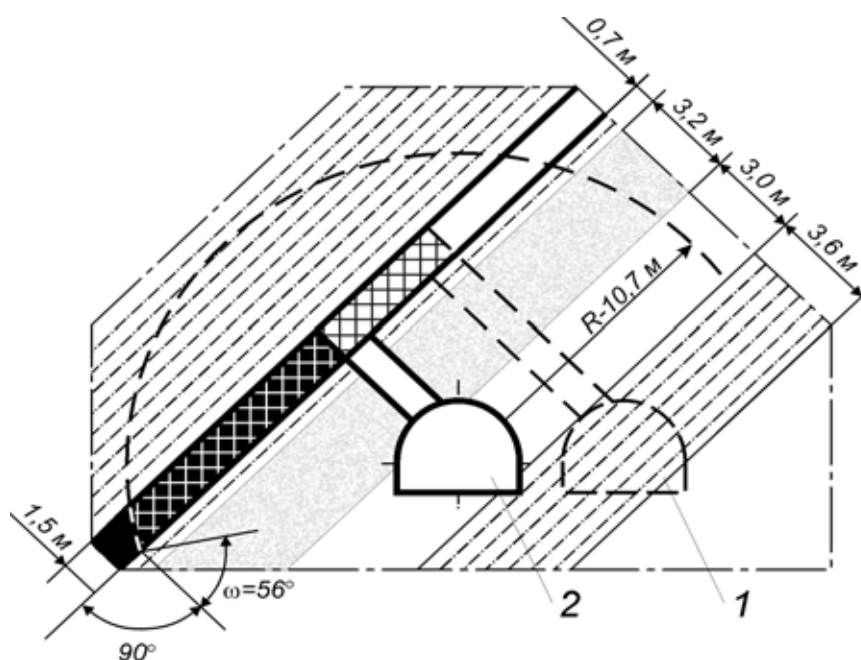


Рис. 4 – Заложение полевых выработок в почве пласта l_4^H - восток шахты им. В.И. Ленина: 1- при отработке на горизонтах 860 и 970 м; 2 - при отработке на горизонте 1080 м

Заложение полевых откаточных штреков при отработке пласта l_4^H - восток на горизонтах 860 и 970 м осуществлялось (рис.4) в крепких песчаных сланцах его почвы на расстоянии 7,0 м по нормали от пласта. При таком заложении штреков их разгружающее действие не могло оказать существенного влияния на напряженно-деформированное состояние пласта из-за дальности заложения и недостаточной геостатической напряженности массива на этих горизонтах, необходимой, согласно [1], для перехода слоя крепкого песчаника в почве пла-

ста в запредельное состояние. В этом случае формирование нижней боковой зоны опорного давления в краевой части пласта, отсекаемой над уровнем горизонта отработки наклонными вскрывающими выработками, предопределяло расположение полевой выработки в зоне активного (максимального) проявления горного давления [10]. На указанных горизонтах полевые откаточные штреки подвергались интенсивному деформированию и неоднократно перекреплялись в процессе отработки группируемого блока.

В условиях горизонта 1080 м уровень геостатической напряженности явился достаточным для перехода слоя песчаника в запредельное состояние и, по предложению авторов, заложение полевого откаточного штрека было осуществлено на расстоянии 2,5...3,0 м по нормали от пласта в глинистых сланцах с частичной присечкой песчаника в кровле выработки до 1,0...1,2 м (рис.4). При рассчитанной, согласно выражению (2), величине радиуса разгрузки $R = 10,7$ м формирование максимума нижней боковой зоны опорного давления в плоскости пласта происходило ниже уровня обрабатываемого горизонта 1080 м, что обеспечивало нахождение полевого откаточного штрека вне зоны активного проявления горного давления (вне зоны влияния угла давления ω).

При соблюдении требований, обусловленных выражениями (7) и (8), полевой откаточный штрек в период отработки 300 м блоков на горизонте 1080 м сохранял эксплуатационное сечение без каких-либо дополнительных ремонтных работ. Неустраняемые в данной ситуации деформации призабойного упругого восстановления полностью компенсировались пределами податливости металлокрепей.

Принятию приведенного технологического решения предшествовал всесторонний анализ опыта отработки на полевые штреки выемочных участков шахт Центрального района Донбасса.

Изложенное комбинационное использование геомеханических закономерностей, обеспечивающее беззатратную локальную разгрузку выбросоопасных угольных пластов полевыми подготовительными выработками и их безремонтную эксплуатацию с полным основанием может быть отнесено к разряду синергизирующихся аспектов механики подземных сооружений. По мнению авторов, привлечение элементов синергизма (комбинации взаимовлияющих и взаимодополняющих факторов) в ведение горных работ в значительной степени повысить эффективность отработки угольных пластов в условиях глубоких горизонтов шахт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костыря В.Я. Модель управления состоянием выбросоопасности участка угольного пласта //Охлаждение воздуха, борьба с пылью и выбросами в угольных шахтах. - Макеевка-Донбасс, 1982. - С. 82-88.
2. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. - М.: Недра, 1984. - 415 с.
3. Фисенко Л.Г. Предельные состояния горных пород вокруг выработок.-М.:Недра,1976. - 272 с.
4. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л.: ВНИМИ, 1986. - 222 с.
5. Заславский Ю.З., Зорин А.Н., Черняк И.Л. Расчет параметров крепи выработок глубоких шахт. - Киев: Техніка, 1972. - 155 с.
6. Те Коок Ю. Деформация полевых выработок в проходке и под действием очистных работ. //Глюкауф -

1980. - № 9. - С. 21-23.

7. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. - М.: Недра, 1977. - 159 с.

8. Костыря В.Я., Недосекин Б.Н. и др. Руководство по использованию разгружающего действия полевых выработок, проводимых вблизи крутых выбросоопасных пластов Центрального района Донбасса. Донецк, ЦБНТИ, 1992. - 13 с.

9. Костыря В.Я. Использование эффекта разгружающего действия полевых выработок при восходящем порядке отработки пластов крутого залегания //Эффективная и безопасная подземная добыча угля на базе современных достижений геомеханики. Международная конференция, Санкт-Петербург, ВНИМИ, 17-20 июня 1996. - С. 345-347.

10. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. - М.: Недра, 1980. - 360 с.11. Защитные пласты / Петухов И.М., Линьков А.М, Фельдман И.А. и др. - М.: Недра, 1972. - 306 с.

УДК 539: 622. 83.551

С.К. Мещанинов

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ И ПОРОДНЫХ ОБНАЖЕНИЙ

Розглянуті результати експериментальних дослідів процесу руйнування зразків гірських порід при циклічному навантаженні. Досліджувались діелектричні і акустичні параметри гірських порід. Показано, що наряду з механічними характеристиками, на основі яких може бути обчислене значення ентропії порід, для цієї цілі придатні також і діелектричні характеристики. Зроблено висновок у тому, що контроль діелектричних параметрів елементів порідного оголення може забезпечити достовірний прогноз їх стійкості.

ABOUT CORRELATION OF ROCK'S DAMAGING AND ITS PHYSICAL PARAMETERS IN ESTIMATION TASKS OF STEADINESS THE UNDERGROUND SPACE AND ROCK UNCOVERINGS

There are discussed the experimental results of fracture process of rock samples under the cyclic loading. Were researched dielectric and acoustical rock's parameters. It's showing that with mechanical characteristics, on the base of it may be calculated the entropy value of rocks, for this aim may be applied dielectric characteristics. It's formulated the conclusion that the control of dielectric characteristics of rock uncovering elements can to provide the reliable prognosis of its steadiness.

В настоящее время существует достаточно большое число работ, например [1-5], посвященных контролю и прогнозу устойчивости подземных пространств и породных обнажений. Все они непосредственно связаны с исследованием физико-механических свойств горных пород в лабораторных или шахтных условиях.

Зарегистрированная в 2000 году как открытие «Закономерность изменения устойчивости породных обнажений при периодических нагрузках» [6], устанавливает взаимосвязь между устойчивостью и ростом энтропии элементов этих обнажений. Однако для вычисления энтропии, которая непосредственно измерена быть не может, необходим контроль механических характеристик пород, слагающих обнажение. В большинстве случаев, определение механических характеристик горных пород представляет определенные трудности. В значи-