

# РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.1:622.831.3

Ю.М. Халимендик, д-р техн. наук, проф.,  
Ю.А. Заболотная

Государственное высшее учебное заведение  
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,  
Украина, e-mail: halimendik\_u@nmu.org.ua

## ПРОЯВЛЕНИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ БОКОВЫХ ПОРОД

Yu.M. Khalimendik, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Yu.A. Zabolotnaya

State Higher Educational Institution “National Mining University”,  
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: halimendik\_u@nmu.org.ua

## ABUTMENT PRESSURE BEHAVIOR IN CONDITIONS OF WEAK WALL ROCKS

**Цель.** Опорная зона при разработке пластовых месторождений характеризуется шириной зоны опорного давления, максимальным напряжением в ней, расположением максимума опорного давления относительно забоя лавы или границы очистных работ. Значения указанных параметров зависят от крепости боковых пород, что требует дополнительного изучения с подтверждением натурными наблюдениями. С целью установления фактических параметров зон повышенного горного давления проведен мониторинг состояния выработок в зонах повышенного горного давления в условиях шахт „Им. Героев Космоса“ и „Западно-Донбасская“ ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“.

**Методика.** Состояние крепи выработок и горного массива в зонах влияния очистных работ на 14 участках вышеуказанных шахт обследовалось с помощью линейных измерений и фотовизуализации.

**Результаты.** В результате проведенных исследований состояния выработок в зонах повышенного горного давления в условиях шахт „Им. Героев Космоса“ и „Западно-Донбасская“ ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“ выявлено несоответствие границ зон повышенного горного давления и размеров проявления горного давления в выработках, положения границ и размеров, рассчитанных по нормативным документам.

**Научная новизна.** На основании выполненного мониторинга горных выработок сделан вывод, что зона повышенного горного давления в условиях слабых боковых пород отличается наличием двух частей: зона дезинтеграции, как опасная по обрушениям, и зона с повышенным горным давлением без нарушения сплошности горного массива.

**Практическая значимость.** Разделение зоны повышенного горного давления на две составляющие: зону дезинтеграции, опасную по обрушениям, и зону с повышенным горным давлением, позволяет дифференцированно проводить планирование крепления выработок в зонах с повышенным горным давлением.

**Ключевые слова:** *горная выработка, зона повышенного горного давления, зона разгрузки, ширина зоны опорного давления, техногенные нарушения*

**Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими заданиями.** Отработка угольных пластов приводит к образованию в толще пород зон повышенного горного давления (ПГД) от влияния краевых частей надрабатывающих и подрабатывающих пластов. Анализ планов горных выработок действующих шахт показывает, что значительное количество выемочных участков, так или иначе, пересекают зоны ПГД в процессе отработки запасов.

Для обеспечения безопасной отработки запасов в зонах ПГД необходимо осуществлять дополнительные меры безопасности, которые предусматриваются

специальными нормативными документами [1, 2], действующими в Украине в настоящее время. В связи с этим прогноз параметров зон ПГД остается весьма актуальной задачей.

**Анализ исследований и публикаций.** Общепринятая схема распределения опорного давления впереди очистного забоя представлена в работах Борисова А.А. и дана на рис. 1. Опорная зона непосредственно над угольным пластом характеризуется шириной зоны опорного давления  $l$ , максимальным напряжением в ней  $P$ , расположением максимума относительно забоя лавы или границы очистных работ  $k$  и шириной зоны разгрузки  $r$ .

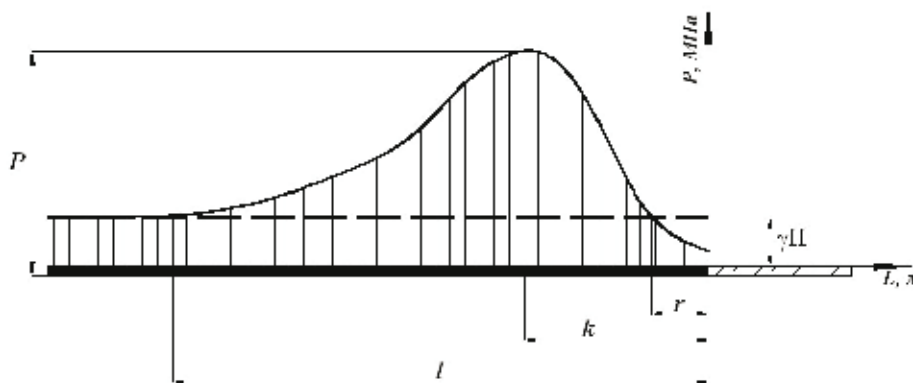


Рис. 1. Обиций характер распределения опорного давления впереди очистного забоя

На основании накопленного опыта были разработаны нормативные документы [3–5], позволяющие выполнить расчет и построение зон повышенного горного давления (ПГД).

При построении границ зон ПГД исходной величиной является ширина зоны опорного давления  $l$ , которую следует определять в зависимости от вынимаемой мощности пласта и глубины разработки пласта, на котором оставлен целик или краевая часть [3–5]. При этом не учитываются прочностные характеристики вмещающих пород. Размер зоны опорного давления также используется при охране выработок целиками. При охране выработок целиками ширину угольных целиков принимают равными не менее размеров зоны опорного давления, которые следует определять в зависимости от глубины расположения выработок и сопротивления пород сжатию на контуре выработки [6]. Как видим, при определении размеров зоны опорного давления используются разные исходные данные, что приводит к неодинаковым результатам.

Трудности возникают также при определении расположения максимума опорного давления относительно забоя лавы или границы очистных работ  $k$ . По данным немецких ученых размер этой величины зависит от прочности пород [7]. С увеличением крепости пород кровли положение максимума опорного давления приближается к забою [7], а по сведениям Донути [8] наоборот, чем крепче боковые породы, тем дальше от границы очистных работ располагается максимум опорного давления.

Величина  $r$  вызывает также большой интерес при исследованиях, т.к. она описывает ширину зоны разгрузки. Логически она должна зависеть от вынимаемой мощности пласта, крепости пород и глубины ведения горных работ.

Условия шахт Западного Донбасса характеризуются наличием слабых боковых пород. Вся толща горного массива представлена аргиллитами (42%), алевролитами (32%) и песчаниками (17%). Средняя прочность пород по шахтам изменяется от 12,5 до 24 МПа [9].

В связи с вышеизложенным, прогноз параметров зон ПГД и их плановое положение является актуальной задачей.

**Цель работы** – установление фактических параметров статических зон повышенного горного давления и их плановое положение для условий Западного Донбасса.

**Изложение основного материала исследований.** В условиях шахты „Западно-Донбасская“ ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“, на основании проведенных исследований состояния 854 лавы, очистные работы в которой велись в зоне ПГД от краевой части массива со стороны 928 сборного штрека пласта  $c_8^B$ , установлено, что по всей длине лавы зафиксировано множество техногенных трещин и нарушений залегания угольного пласта и пород в виде сбросов, взбросов и грабенов с амплитудой до 0,15 м (рис. 2) [10]. Количество техногенных нарушений увеличивается возле 854 сборного и 854 бортового штреков.

По результатам мониторинга очистных забоев в условиях шахт ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“ для краевой части угольного пласта установлена зависимость ширины нарушенной зоны  $r$  в очистном забое лавы от глубины разработки  $H$

$$r = 0,03H + 1,8, \quad (1)$$

где  $H$  – геометрическая глубина ведения горных работ.

Коэффициент корреляции составляет при этом 0,95.

В соответствии с нормативным документом [5], при движущемся очистном забое определяется зона разрушенного угля, размер которой зависит от угла внутреннего трения угля, коэффициента бокового распора и сцепления угля. Для статических зон ПГД определение зоны разрушенного угля нормативным документом [5] не регламентируется.

С целью установления фактических параметров зон ПГД сотрудниками кафедры маркшейдерии был проведен мониторинг состояния выработок в зонах ПГД в условиях шахты „Им. Героев Космоса“ ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“. В условиях шахты „Им. Героев Космоса“ были обследованы следующие выработки: вентиляционный штрек №3 пласта  $c_{10}$  (2 участка

с ПГД), 1068-й сборный штрек (1 участок ПГД), 1068-й бортовой штрек (2 участка с ПГД), 2 западный магистральный штрек гор. 370м (2 участка ПГД).

По результатам мониторинга выявлено несоответствие границ, размеров проявления горного давления в выработках, положения границ зон ПГД и размеров, рассчитанных по методике [3]. На рис. 3 и рис. 4 указаны границы расчетных зон ПГД и грани-

цы проявления повышенного горного давления при обследовании вентиляционного штрека №3 пл.  $c_{10}$ . Вентиляционный штрек №3 пласта  $c_{10}$  пересекает зоны ПГД, образованные от краевой части пласта вследствие ведения горных работ в 1166-й лаве пл.  $c_{11}$  (1166-я лава отработана в 2007 г.). По степени опасности проявления горного давления эти зоны относятся к зонам повышенной опасности (ЗПО).



Рис. 2. Техногенное нарушение в 854 лаве

В зоне ПГД выработка закреплена крепью КШПУ 11,7 с шагом крепи 0,5м и профилем СВП-22.

На рис. 5 представлен профиль вентиляционного штрека №3 пласта  $c_{10}$  в районе расположения ЗПО №738.

Состояние крепи выработки в начале расчетной зоны ПГД оценивается как удовлетворительное, деформация крепи выработки и пучение отсутствует (рис. 6). При выходе за пределы расчетных границ зоны ПГД наблюдается потеря высоты сечения вы-

работки до 110 см, деформация затяжки по всему контуру выработки, пучение (рис. 7).

При входе выработки в зону ПГД со стороны разгруженного горного массива на расстоянии до 60м состоянии выработки не указывает на присутствие повышенного давления. Противоположная ситуация наблюдается при выходе из зоны, где отмечено сильное деформирование крепи, пучение и потеря площади сечения. Состояние выработки в зоне ПГД характеризуется меньшим проявлением повышенного горного давления, чем за её пределами.

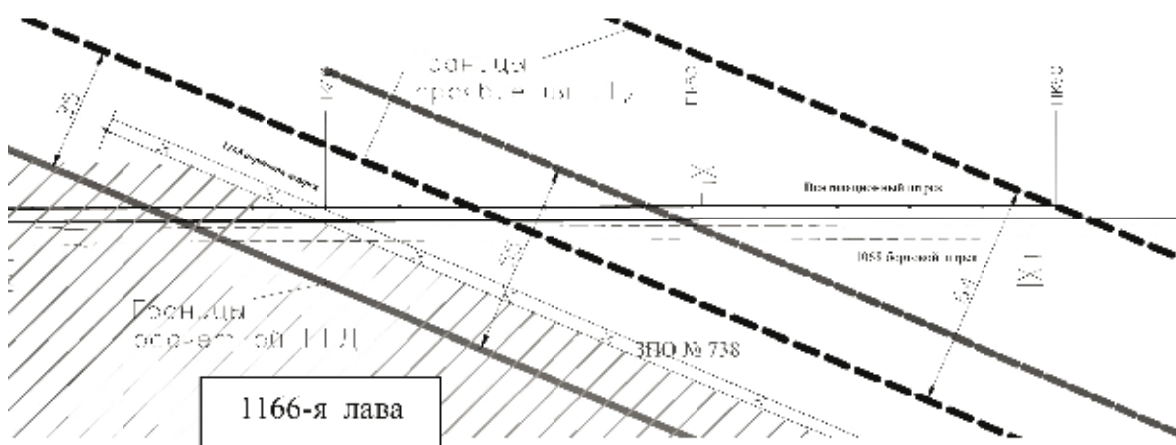


Рис. 3. Расположение зон повышенной опасности №738

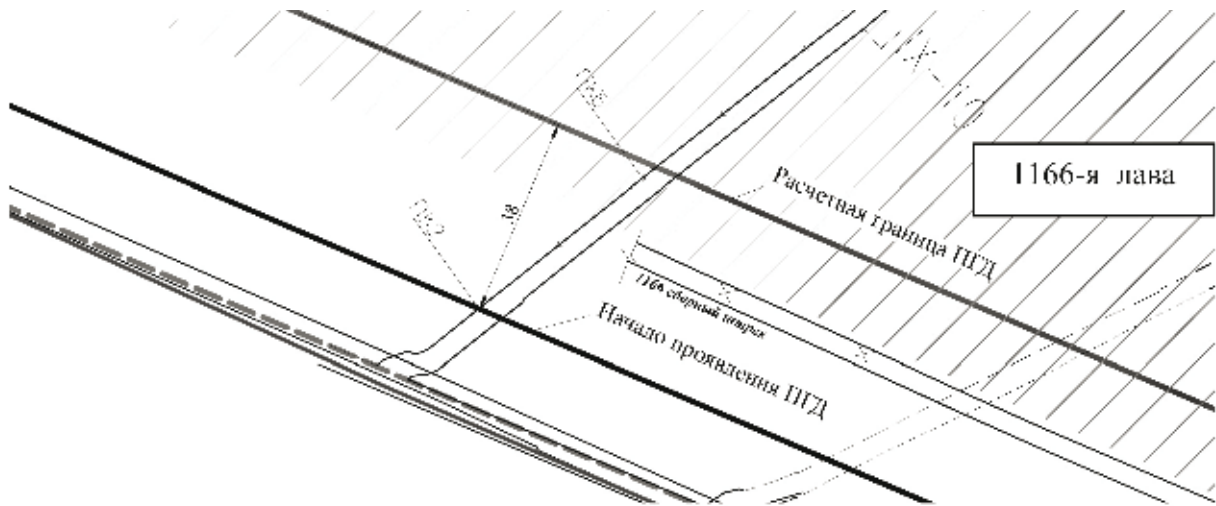


Рис. 4. Расположение зон повышенной опасности №736

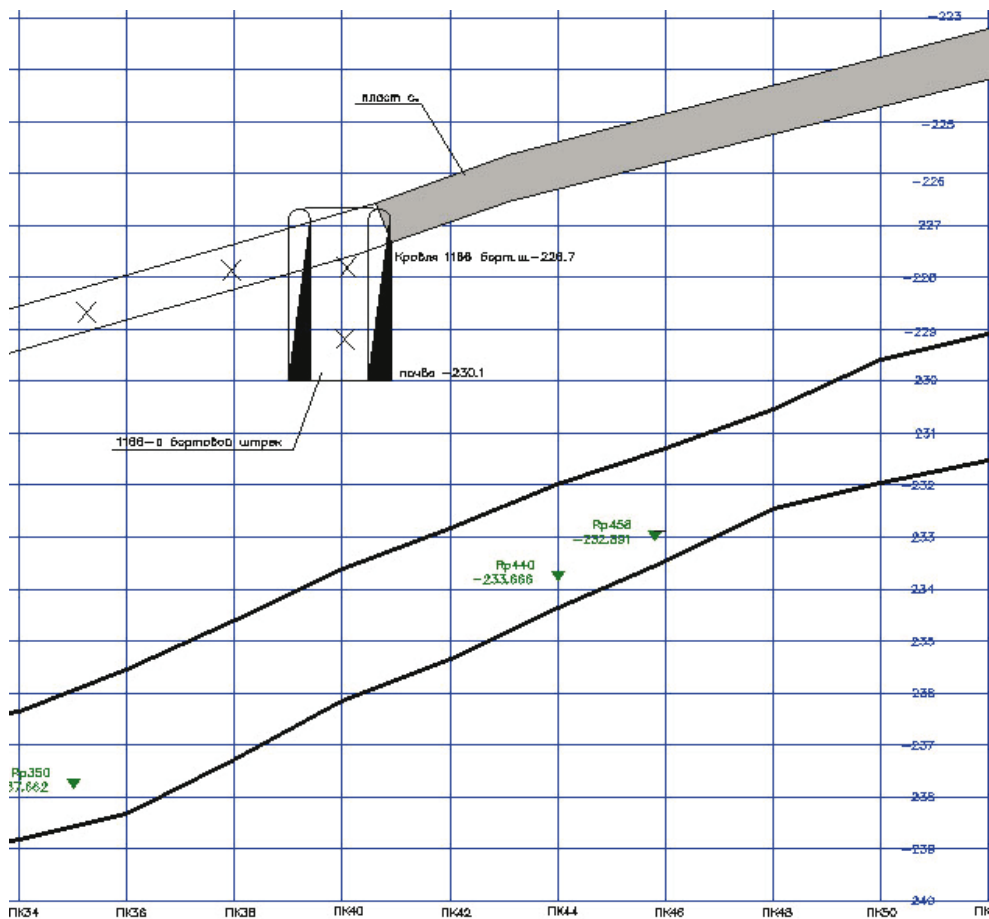


Рис. 5. Профиль вентиляционного штрека №3 пласта с<sub>10</sub> в районе расположения ЗПО №738

При проведении вентиляционного штрека сотрудниками маркшейдерского отдела шахты проводились замеры высоты сечения вентиляционного штрека №3. Результаты маркшейдерских замеров хорошо перекликаются с результатами обследования вентиляционного штрека. На рис. 8 представлен график изменения высоты сечения вентиляционного штрека №3 по пикетам. На графике цифрами от 1 до

6 обозначены даты проведения замеров: 1 – 15.11.2010г.; 2 – 26.11.2010г.; 3 – 01.12.2010г.; 4 – 13.12.2010г.; 5 – 17.12.2010г.; 6 – 22.12.2010 г. Интенсивное уменьшение сечения выработки по высоте (рис. 8) наблюдается с ПК42 по ПК70 пикеты. Наименьшая высота выработки зафиксирована на ПК48-ПК50. Следует предположить, что на этом участке сосредоточены максимальные напряжения массива.



Рис. 6. Состояние вентиляционного штрека №3 в начале расчетной зоны ПГД

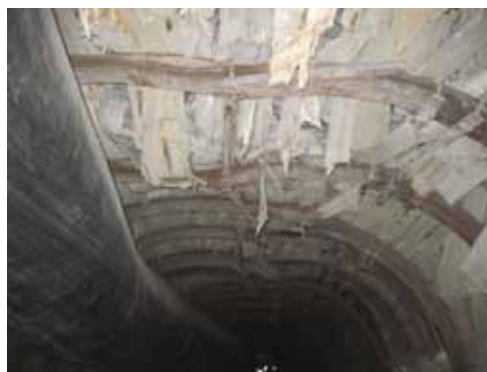


Рис. 7. Деформирование крепи вентиляционного штрека №3 за пределами расчетной зоны ПГД

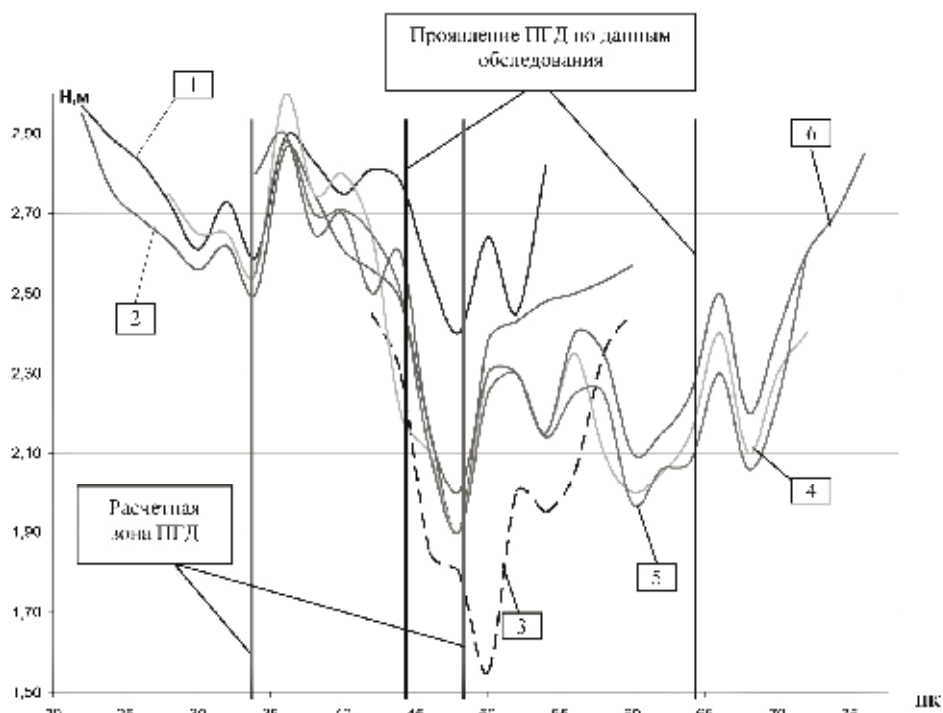


Рис. 8. Изменение высоты вентиляционного штрека №3 пл. с<sub>10</sub>

**Выводы.** Таким образом, для условий шахты „Им. Героев Космоса“ значение величины  $l$  перемещается примерно на величину  $r$ , которая близка к установленной в лавах, в соответствии с формулой (1). По результатам обследования величина  $r$  составила около 15 м.

Учитывая, что в зоне  $r$  горный массив представлен дезинтегрированными породами и, как правило, имеет большую опасность (склонность) к обрушениям, но не к повышенному давлению. Исходя из этого, в этой зоне следует применять меры по предотвращению вывалов. Саму зону ПГД [3] необходимо рассматривать как состоящую из двух частей: зону дезинтеграции, как опасную по обрушениям, и зону с повышенным горным давлением. Размер зоны ПГД, определенный по [3], необходимо увеличивать на величину  $r$ .

#### Список литературы / References

1. Правила безопасности в угольных и шахтах. – К.: Минтопэнерго, 2003. – 346с.

*Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh* (2003), [Safety Regulations in Coal Mines], Mintopenergo, Kiev, Ukraine.

2. Указания о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 42с.

*Ukazaniya o poryadke i kontrole bezopasnogo vedeniya gornykh robot v opasnykh zonakh* (1986), [Instructions on the Order and Control of Mining Operations in Hazardous Areas], VNIMI, Leningrad, Russia.

3. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35° / [С.Т. Кузнецов, Д.Г. Пекарский, В.В. Сычев и др.] – Л.: ВНИМИ, 1984. – 62с.

Kuznetsov, S.T., Pekarsky, D.G. and Sychev, V.V. (1984), *Ukazaniya po upravleniyu gornym davleniyem v ochistnykh zaboyakh pod (nad) tselikami i kravevymi chastyami pri razrabotke svity ugolnykh plastov mosh-*

*chnostyu do 3.5 m s uglom padeniya do 35°* [Guidelines on Rock Pressure Control in Lava Below (Above) Pillars and Boundary Parts During Development of Coal Seams With Thickness Less Than 3.5 m With Inclination of 35°], VNIMI, Leningrad, Russia.

4. Построение зон защиты и ПГД для условий больших глубин. Методика КД 12.07.301-96 / Руководящий нормативный документ. – К.: Министерство угольной промышленности Украины, 1997. – 46 с.

*Postroyeniye zon zashchity i PGD dlya usloviy bolshykh glubin. Metodika 12.07.301-96* (1997), [Construction of Protection Zones and Zones of High Rock Pressure in Deep Location. Methods 12.07.301-96.], Regulatory normative document, The Ministry of Coal Industry of Ukraine, Kiev, Ukraine.

5. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. Руководство КД 12.01.01.503-2001 / [Е.Д. Дубов, В.И. Ефремов, А.М. Ковтун и др.] – ДонУГИ, 2002. – 141 с.

Dubov, Ye.D., Yefremov, V.I. and Kovtun, A.M. (2002), *Upravleniye krovley i krepneniye v ochistnykh zaboyakh na ugolnykh plastakh s uglom padeniya do 35°* [Control of Roof and Fastening in Production Face of Coal Seams With Inclination of 35°. Manual 12.01.01.503-2001], DonUGI, Donetsk, Ukraine.

6. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах / Руководящий нормативный документ КД 12.01.01.201.98. – К.: Мінпаливенерго України, 1998. – 149 с.

*Raspolozheniye, okhrana i podderzhaniye gornyykh vyrabotok pri otrabotke ugolnykh plastov* (1998), [Location, Protection and Maintenance of Mine Workings during Mining of Coal Seams in Mines. Regulatory Document 12.01.01.201.98.], Mінpalivenergo of Ukraine, Kiev, Ukraine.

7. Junker, M. (2006), *Gebiqsbeherrschung von Flözstrecken*. Verlaq Gbuckauf GnbH, Essen, Germany.

8. Типовые материалы для проектирования „Сопряжения очистных забоев с подготовительными выработками, закрепленных рамной, анкерной и рамно-анкерными крепями. Типовые схемы поддержания“ ТМП 10.1.00185790.002:2010. – ДонУГИ, 2010. – 89 с.

*Tipovye materiay dlya proektirovaniya "ochistnykh zaboyev s podgotovitelnyimi vyrabotkami? zakreplennykh ramnoy, ankernoy i ramno-ankernymi krepuyami. Tipovye skhemy podderzhaniya"* (2010), [Typical Materials for Design "Conjugations of Production Faces with Preparatory Workings Supported by Frame Lining, Anchor-Frame and Roof Bolting. Typical Schemes of Maintenance" TMP 10.1.00185790.002:2010], DonUGI, Donetsk, Ukraine.

9. Усаченко Б.М. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса / Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. // – М.: ЦНИИЭИуголь, 1992. – 168 с.

Usachenko, B.M., Kirichenko, V.Ya. and Shmigol, A.V. (1992), *Okhrana podgotovitelnykh vyrabotok glubokikh gorizontov shakht Zapadnogo Donbassa* [Protection of development workings of deep horizons in Western Donbass Mines], TsNIEIugol, Moscow, Russia.

10. Халимендик Ю.М. Состояние горного массива в зонах повышенного горного давления / Халимендик Ю.М., Заболотная Ю.А. // Научный вестник НГУ. – Днепропетровск, 2011. – №3. – С. 49–53.

Khalimendik, Yu.M. and Zabolotnaya, Yu.A. (2011), "State of the rock mass in the high rock pressure zones", *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no.3, pp. 49–53.

**Мета.** Опорна зона при розробці пластових родовищ характеризується шириною зони опорного тиску, максимальним значенням напруг у ній, розташуванням максимуму опорного тиску відносно забою лави чи границі очисних робіт. Значення вказаних параметрів залежать від міцності бічних порід, що потребує додаткового вивчення з підтвердженням натурними спостереженнями.

З метою встановлення фактичних параметрів зон підвищеного гірського тиску проведено моніторинг стану виробок у зонах підвищеного гірського тиску в умовах шахт „Ім. Героїв Космосу“ та „Західно-Донбаська“ ПАТ „ДТЕК Павлоградвугілля“.

**Методика.** Стан кріплення виробок і гірського масиву в зонах впливу очисних робіт на 14 дільницях вищевказаних шахт обстежувався за допомогою лінійних вимірів і фотовізуалізації.

**Результати.** У результаті проведених досліджень стану виробок у зонах підвищеного гірського тиску в умовах шахт „Ім. Героїв Космосу“ та „Західно-Донбаська“ ПАТ „Павлоградвугілля“ виявлено невідповідність меж зон підвищеного гірського тиску та розмірів проявів гірського тиску у виробках і положення меж і розмірів, що розраховані за нормативними документами.

**Наукова новизна.** На основі виконаного моніторингу гірничих виробок зроблено висновок, що зона підвищеного гірського тиску в умовах слабких бічних порід відрізняється наявністю двох частин: зона дезінтеграції, як небезпечна за обваленнями порід, і зона з підвищеним гірським тиском без порушень суцільності гірського масиву.

**Практична значимість.** Розподіл зони підвищеного гірського тиску на дві складові: зону дезінтеграції, небезпечну за обваленнями порід, і зону з підвищеним гірським тиском, дозволяє диференційовано проводити планування кріплення виробок у зонах з підвищеним гірським тиском.

**Ключові слова:** гірничі виробки, зона підвищеного гірського тиску, зона розвантаження, ширина зони опорного тиску, техногенні порушення

**Purpose.** During the development of stratified deposits the abutment zone is characterized by the width of the bearing pressure zone, the maximum stress in it and by the location of maximum of bearing pressure in relation to the lava face or the boundary of extraction works. The values of these parameters depend on the strength of the wall rock, which requires additional studies with confirmation by means of field observations. In order to establish the actual parameters of high rock pressure

zones the monitoring of the excavations has been carried out in zones of high rock pressure at the mines “Imeni Geroev Kosmosa” and “Zapadno-Donbasskaya” of Public Joint Stock Company “DTEK Pavlogradugol”.

**Methodology.** The monitoring of the state of workings and rock massif in the zones influenced by extraction works was carried out at the 14 sites of mine workings at the mentioned mines by means of linear measurements.

**Findings.** The in compliance of the boundaries of zones of high rock pressure and spread of rock pressure in the mine workings and the position of the boundaries and dimensions, calculated according to Regulations, was established as the result of the study of the mine workings state in the high rock pressure zones at the mines “Imeni Geroev Kosmosa” and “Zapadno-Donbasskaya” of Public Joint Stock Company “DTEK Pavlogradugol”.

**Originality.** Based on the monitoring results we can draw the conclusion that the zone of high rock pressure in weak wall rocks is characterized by the presence of two components: the zone of disintegration with collapse danger, and the zone with high rock pressure where the continuity of the rock massif remains safe.

**Practical value.** The separation of high rock pressure zones into the above-mentioned two components makes it possible differentiate the scheduling of mine workings fastening in areas of high rock pressure.

**Keywords:** *mine working, area of high rock pressure, discharge zone, bearing pressure zone width, anthropogenic cracks*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 02.07.12.*

УДК 622.28.044.9: 678.5

А.В. Чесноков, д-р техн. наук, доц.,  
Л.Г. Косоногова, канд. техн. наук, доц.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля,  
г. Луганск, Украина, e-mail: chesnokov@snu.edu.ua

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

A.V. Chesnokov, Dr. Sci. (Tech.), Associate Prof.,  
L.G. Kosonogova, Cand. Sci. (Tech.), Associate Prof.

Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University,  
Lugansk, Ukraine, e-mail: chesnokov@snu.edu.ua

## PROSPECTS OF APPLICATION AND CONSTRUCTIVE FEATURES OF RUBBER-AIR REINFORCED LINING

**Цель.** Поиск технологических методов повышения эффективности производства композитных анкеров и определение направлений исследований для решения важной проблемы – снижение себестоимости крепления горных выработок.

**Методика.** Методической основой выполненных комплексных исследований являются: анализ и обобщение литературных источников, тенденций развития технологии закрепления горных выработок, применяемых крепежных средств и обобщение исследований авторов работы в области анкерной полимерной крепи.

**Результаты.** Обоснована эффективность применения анкерной крепи в горных выработках, что согласуется с мировыми тенденциями по применению анкеров из композита. Обоснована форма анкерного стержня – трубчатая с ячеистой поверхностной структурой. Проведен анализ армирующих материалов для анкера с учетом их характеристик, цены и наличия отечественного производства. Обоснован перечень необходимых добавок в связующее и определено их влияние на прочность материала. Определены прототипы для промышленной установки изготовления анкеров.

**Научная новизна.** Реализован комплексный подход к определению формы, структуры, армирующих материалов, добавок для обеспечения эффективного закрепления анкера и равнопрочности конструкции.

**Практическая значимость.** Определена конструкция, материалы и технология опытного производства анкерной полимерной крепи. Приведены направления исследований для создания эффективного массового производства анкерной полимерной крепи, которая соответствует техническим условиям, позволяющим снизить себестоимость крепления горных выработок.

**Ключевые слова:** *композит, анкер, стеклопластик, базальтопластик, эффективность, производство, горные выработки*

**Постановка проблемы.** Крепление горных выработок и поддержание их в рабочем состоянии в период эксплуатации шахт является одним из основных и очень важных производственных процессов при подземной добыче угля. Трудоемкость подготовительных работ составляет в настоящее время 18–19% общей

трудоемкости подземных работ и около 50% трудоемкости очистных работ. Внедрение экономичной анкерной крепи позволяет в несколько раз снизить материалоемкость, повысить темпы проходки и устойчивость выработок по сравнению с массивной рамной конструкцией. Анкерное крепление применяется приблизительно в 10% от общей протяженности выработок. Оно рассматривается как средство интенсификации производства, повышения производительности труда,