

Теоретические и методические вопросы определения параметров опорного давления в горных выработках и практика их применения

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-6-21-25>

В статье раскрыты проблема определения опорного давления в условиях интенсификации технологий угледобычи и методы, позволяющие достоверно определять его параметры. Кроме того, аспект повышенных нагрузок на очистной забой формирует проблему возникновения рисков мета-ноопасности в очистном забое, что определяет точность расчетов количества воздуха для проветривания.

Ввиду увеличения скорости подвигания очистного забоя увеличивается площадь обнажения кровли, что предопределяет зависание плит большой площади. В связи с этим формируется повышенное опорное давление на кромке очистного забоя и на вентиляционном и конвейерном штреках под лавой. Особенно опасными являются зоны сопряжений штреков с очистным забоем.

Для достоверного определения параметров горного давления при составлении паспортов выемочного участка необходимо использовать комплексный подход как основной при гармоничном сочетании следующих методов исследования процессов и контроля геомеханического состояния массива пород: аналитических, экспериментально-аналитических, экспериментальных (натурных), лабораторных. Определение опорного давления в конкретных зонах требует разработки математических моделей с определением эмпирической площади свода «пригрузки», с последующей проверкой модели на адекватность как статистическими, так и инструментальными методами.

Ключевые слова: гипотезы формирования давления, теория свода, теория балок, теория плит, опорное давление, концентрация напряжений, эмпирическая площадь свода.

ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМАТИКУ ВОПРОСОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Одной из основных проблем при подземной угледобыче является опорное давление, возникающее в массиве вмещающих пород пластов при подвигании очистного забоя в зоны пересечения горных выработок, а также характер его проявления и параметры. Основными причинами опорного давления являются обрушение пород кровли над выработанным пространством и суммарное воздействие изгибающих моментов зависающих консолей пород непосредственной и основной кровель угольного пласта. Опорное давление проявляется в широких диапазонах в зависимости от структуры породного массива, геометрических параметров



РЕМЕЗОВ

Анатолий Владимирович
Доктор техн. наук,
профессор кафедры
«Горные машины и комплексы»
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: lion742@mail.ru



НОВОСЕЛОВ

Сергей Вениаминович
Канд. экон. наук,
доцент кафедры
«Экономической безопасности
и менеджмента»
филиала КузГТУ в г. Белово,
652644, г. Белово, Россия,
тел.: +7 (950) 273-31-86,
e-mail:
nowosyolow.sergej@yandex.ru

выработанного пространства, при этом его максимальный уровень может превышать первоначальное геостатическое давление до 20 раз по О. Якоби. Исследования горного давления описаны в ряде зарубежных источников [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Сложность определения параметров опорного давления уже начинается с различия его толкования как термина рядом видных ученых, которые дают следующие определения:

- опорное давление – повышенные по сравнению с гидростатическим нормальные к пласту сжимающие напряжения, связанные с ведением горных работ и перераспределением веса пород над выработанным пространством на нетронутые части пласта (А.А. Борисов);

- опорное давление – повышенные напряжения впереди забоя выработки, сосредоточивающиеся и перемещающиеся по мере продвижения забоя (П.В. Егоров);

- опорное давление – сила тяжести пород над выработанным пространством, не получивших опоры на почве выработки, перераспределяющиеся на нетронутые части пласта, пригружая их (И.М. Петухов);

- опорное давление – при разработке пластов резкое перераспределение напряжений в обрабатываемой и надрабатываемой толще вмещающих пород, приводящее к созданию зон повышенных напряжений – зон опорного давления (К.А. Ардашев).

Данное обстоятельство заставляет подходить комплексно к расчету опорного давления, так как вопрос определения параметров «пригрузки» остается открытым и по теории определяется коэффициентами концентрации и деконцентрации напряжений в диапазоне 1,3-3. Кроме того, диапазон опорного давления по сравнению с геостатическим, по различным теориям, находится в пределах 5-20 раз.

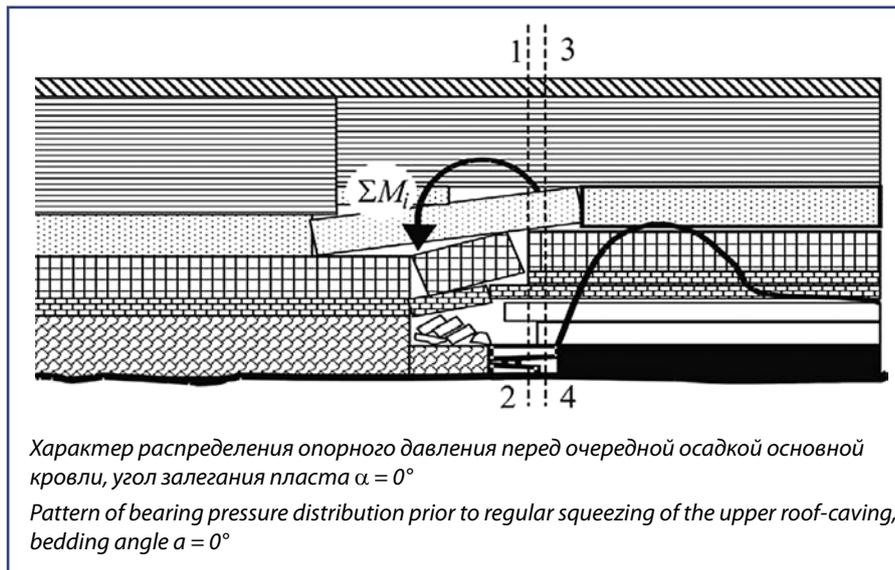
Кроме того, не следует забывать при расчетах горного давления классификацию горных пород, разработанную ВНИМИ классификацию видов поверхностей.

Вопрос полного раскрытия закономерностей формирования напряженного состояния массива горных пород в различных горно-геологических условиях еще долгое время будет актуальным. Решение задачи определения опорного давления состоит в определении факторов, зависимостей и конкретных условий, определяющих параметры концентрации и деконцентрации напряжений в столбах выемочных участков в характерных зонах.

Современная интенсификация добычи угля предполагает высокую скорость продвижения очистных забоев и, соответственно, скоротечное образование больших площадей посадки кровли (плит, балок), возможное их зависание, что формирует определенный характер опорного давления. В сентябре 2016 г. сразу две шахты АО «СУЭК-Кузбасс»: «Талдинская-Западная-1» и им. В. Д. Ялевского перешагнули рубеж месячной добычи угля из одного очистного забоя 1 млн. т, а в мае 2017 г. на шахте им. В.Д. Ялевского установлен абсолютный рекорд добычи – 1,407 млн т угля из лавы за месяц, что определяет, в некоторых случаях, скорость продвижения забоя порядка 20-25 м/сут. Вопрос о влиянии скорости продвижения забоя на состояние кровли в призабойном пространстве лав изучен недостаточно, и в настоящее время нет достоверных количественных показателей. Кроме того, необходим учет фактора метановыделения и рисков возможных аварий, методы расчета которых раскрыты в ряде зарубежных источников [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГИПОТЕЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

А.А. Борисов считает наиболее достоверной расчетную схему, проверенную шахтными и лабораторными исследованиями в разрезе по простиранию (см. рисунок).



Зависания пород покрывающей толщи создают суммарный изгибающий момент $\sum M_i$, который в определенные моменты достигает абсолютного максимума. Доля влияния $\sum M_i$ на интенсивность опорного давления и характер его распределения, как правило, преобладают и могут в несколько раз превосходить влияние литостатического давления, а пределы изменений максимальной интенсивности опорного давления превышают вертикальные напряжения в пять раз.

В покрывающей толще в моменты, когда зависания пород стремятся к максимумам, происходит расслоение пород (см. рисунок), вследствие чего среда не является сплошной. Характер распределения опорного давления в плоскости пласта зависит от влияния опорного давления лавы на околострековый целик и массив пласта, залегающий по падению от штрека.

Ниже приведена краткая характеристика существующих гипотез определения горного давления:

- гипотеза пластичности (Р. Феннер). Для горизонтальных выработок зона текучести может рассматриваться приближенно в форме эллипса, в общем случае в форме круга, с радиусом зоны текучести – r . Выработки следует располагать в нижнем фокусе эллипса:

$$r = \frac{k-2}{2}h, \quad (1)$$

где: $k = 2/(1-\sin\varphi)$, φ – угол внутреннего трения; h – глубина;

- гипотеза упруго-пластичной среды (А.П. Соколов). Теоретически рассматривалась упругая пластина в состоянии двухосного растяжения. Можно принимать в качестве исходного решения при разработке методов расчета горного давления для горизонтальных выработок глубокого заложения.

Уравнение внутренней границы пластичной зоны:

$$r = \frac{1}{2-(p+q)} + \frac{2(p-q)}{[2-(p+q)]^2} \cos\theta, \quad (2)$$

где: q, p – безразмерные параметры, характеризующие напряженное состояние;

- гипотеза упруго-пластичной среды (А. Лабасс). Вокруг горизонтальных выработок образуются три зоны: ослабленных пород, повышенных напряжений, напряжений,

не вызывающих разрушений. Не учитываются характеристики работы крепи.

Давление со стороны крепи на массив (уравновешивающее усилие крепи):

$$p_i = (1 - \sin \varphi) \gamma H \left(\frac{a}{b} \right)^{\frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}}, \quad (3)$$

где: γH – гидростатическое давление; a – радиус выработки; b – радиус зоны повышенных напряжений;

- гипотеза упруго-пластичной среды (К.В. Руппенейт). Определено уравнение контура ослабленных пород. Расчеты дают результаты, далекие от действительности. Активное давление на крепь выработки:

$$\sigma_n = \frac{1 - \sin \rho}{1 + \sin \rho} (q + K \operatorname{ctg} \rho) e^{-\pi \operatorname{ctg} \rho} - K \operatorname{ctg} \rho, \quad (4)$$

где: q – нагрузка на крепь; K – коэффициент сцепления; ρ – угол внутреннего трения;

- гипотезы, основанные на реологических моделях (А. Салустович, М.И. Розовский, Ю.Н. Работнов). Использована реологическая модель Кельвина. Допущение плотного примыкания крепи к породам по всему контуру в момент ее установки.

Максимальное давление на крепь горизонтальной выработки круглого сечения:

$$p_{0 \max} = \gamma H - \frac{2G(\gamma H + k_t U_0)}{2G + ak_t}, \quad (5)$$

где: G – модуль сдвига при длительном нагружении; k_t – коэффициент жесткости крепи; U_0 – податливость крепи; a – реологическая постоянная;

- гипотеза упругой среды (А.Н. Динник). Гипотеза согласуется с экспериментальными данными о наиболее вероятном разрушении кровли выработки в середине пролета. Толщ горных пород в вертикальном сечении можно уподобить бесконечно упругой полуплоскости, а выработку круглого сечения – круглому вырезу в ней. Экстремальные значения нормальных напряжений:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{2} + \sqrt{4\tau_{r\theta}^2 + (\sigma_r - \sigma_\theta)^2};$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{2} - \sqrt{4\tau_{r\theta}^2 + (\sigma_r - \sigma_\theta)^2}. \quad (6)$$

где: r ; θ – полярные координаты, определяющие положение точки на плоскости; σ_r , σ_θ – нормальное напряжение на площадке, перпендикулярной радиусу, и нормальное напряжение на площадке, совпадающей с радиусом, соответственно; $\tau_{r\theta}$ – касательное напряжение, действующее на указанных взаимно перпендикулярных площадках:

$$\sigma_z = \gamma H (1 - ke^{-\frac{2x}{l}}),$$

где k – коэффициент концентрации напряжений на кромке пласта ($k=1,3-3$);

- гипотеза свода (В. Риттер). Границей свода является парабола $y = \frac{\gamma}{4\sigma_{\text{пч.п}}} x(l-x)$. Не учтены дефекты изменчивости прочностных характеристик (не введены коэффициенты запаса).

Давление на крепь:

$$P = \frac{l}{48\sigma_{\text{пч.п}}} (l^2 \gamma^2 - 48\sigma_{\text{пч.п}}^2), \quad (7)$$

где: $\sigma_{\text{пч.п}}$ – предел прочности породы на разрыв; l – пролет выработки; γ – удельный вес породы;

- гипотеза свода (М.М. Протождяконов). Предполагается, что крепь несет вес пород в объеме свода, то есть работает в независимом режиме. Область допустимого применения ограничивается однородными связными породами и условием сводообразования.

Давление на 1 м крепи выработки:

$$P = \frac{4}{3} \gamma \frac{a^2}{f}. \quad (8)$$

Условие сводообразования:

$$\sigma_p < \frac{1}{3} \gamma l,$$

где: a – полупролет выработки; l – пролет выработки; f – коэффициент крепости пород;

- гипотеза плит (Д.С. Ростовцев, проф. В.Д. Слесарев, В. Штокке и Г. Герман). Высота обрушения соответствует пересечению линий обрушения $b = 0,5l \operatorname{tg} \delta$. В стадии образования трехшарнирных арок крепь штрека может нести весьма большие нагрузки.

Максимальная интенсивность нагрузки на крепь для породы-моста:

$$q_n = 0,5 \gamma_{\text{ср}} l \operatorname{tg} \delta, \quad (9)$$

где: δ – угол обрушения; $\delta = 60-85^\circ$;

- гипотеза сыпучей среды (А.А. Борисов). Характер перемещения сыпучих пород в кровле зависит от отношения L/a , где: L – длина устойчивого пролета породного слоя; a – крупность зерен породы. Зона обрушения в трещиноватых породах имеет форму неправильной трапеции.

Условие обрушения: $L/a > 5$ – возможны обрушения на большую высоту, $L/a \leq 3$ – условие образования подобия трехшарнирных арок;

- гипотеза трещиноватой среды (А.А. Борисов). Предельная высота свода обрушения $b_{\max} = 0,5(L \cos \alpha - L_t) \operatorname{tg} \delta$; $a_i/L_i \leq 1/5$, $a_i \geq 0,25$ м.

Длина устойчивого пролета породного слоя:

$$L = \xi \sqrt{0,04 \frac{\sigma_{\text{пч.п}} a_i}{n \gamma}}, \quad (10)$$

где: ξ – коэффициент ползучести пород при сжатии; $\xi = 0,5-0,7$; a_i – расстояние между трещинами; n – запас несущей способности, $n = 4$.

Ввиду того, что для одной и той же горной выработки могут быть применены различные гипотезы определения опорного давления, то априори можно утверждать, что будут получены различные параметры опорного давления. Поэтому возникает задача выбора гипотезы. Следовательно, принятые решения будут иметь лишь определенную степень достоверности.

Кроме того, необходимо учитывать изменчивость входных данных горно-геологических условий, которые могут значительно меняться даже в пределах одного выемочного столба и выдавать широкий диапазон выходных параметров. Поэтому аналитические расчеты опорного давления необходимо проверять инструментальными измерениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ШАХТАХ АО «СУЭК-КУЗБАСС»

По договорам научных исследований, заключенных между АО «СУЭК-Кузбасс» и КузГТУ, под руководством авторов в течение длительного времени на ряде шахт проводились научные исследования в аспекте проявления опорного давления в сложных зонах, то есть в зонах взаимного влияния выработок и динамических процессов очистного забоя. Результат исследований показал, что суммарное опорное давление ($P_{оп}$) формируется при подвигании очистного забоя в зонах пересечения горных выработок, от давления покрывающих пород массива ($P_{п}$), зависящих консолей ($P_{зк}$) и свода давления ($P_{св}$) над выработками в зоне взаимовлияния (11):

$$P_{оп} = P_{п} + P_{зк} + P_{св}. \quad (11)$$

Были изучены десятки выемочных столбов на различных пластах шахт АО «СУЭК-Кузбасс» в аспекте определения деформаций и напряжений в сложных зонах, разработаны математические модели суммарного опорного давления, рассчитаны эмпирические площади свода «пригрузки», влияние давления на целики и ранее пройденные выработки.

Для разработки адекватной модели формирования горного давления необходимо учитывать:

- динамику подвигания линии очистного забоя и площадь устойчивых обнажений в очистном забое при определении оптимальной скорости подвигания очистного забоя, рекомендуемый предел скорости – не менее 3 м/сут;
- фактор суммирования опорного давления в характерных зонах очистного забоя и при подходе его к демонтажной камере или переезде сложных зон – пересечение ранее пройденных горных выработок;
- фактор сопротивления механизированной крепи, который оказывает значительное влияние на вывалы пород кровли в призабойном пространстве очистного забоя (учет параметрического соответствия механизированной крепи выбранному очистному комбайну).

Было установлено, что для устранения причин неудовлетворительного состояния и несоответствия крепления демонтажной камеры в связи с суммированием развизивающегося горного давления необходимо:

- при заблаговременной подготовке демонтажных камер, в кровле пласта заранее пройденной выработки учитывать расслоение пород непосредственной и основной кровли с образованием значительного горного давления. Этот процесс зависит от времени проведения демонтажных камер;
- при расчете крепи демонтажных камер учитывать величину опорного давления наезжающего очистного забоя;
- проводить необходимые измерения величины максимального опорного давления впереди очистного забоя и шага обрушения основной кровли;
- считать, что формирование демонтажных камер в результате доработки очистного забоя является наиболее благоприятным вариантом подготовки демонтажных камер;
- предложить технологию подготовки демонтажных камер при доработке запасов в выемочном столбе как достаточно апробированную и успешно применяемую в ми-

ровой практике на основе анкерного крепления демонтажных камер;

- для более точного определения шага обрушения кровли и нагрузки на перекрытие секций механизированной крепи необходимо оснащать все приобретаемые механизированные комплексы автоматизированной системой контроля за воздействием горного давления на перекрытия секций механизированной крепи.

Наилучшим вариантом мониторинга опорного давления будут автоматизированные системы мониторинга с использованием датчиков на секциях механизированной крепи, как показала серия исследований, проводимых в течение ряда лет ЗАО ЦАК г. Ленинска-Кузнецкого. В результате была получена высокая сходимость результатов аналитических расчетов по гипотезе балок и плит с параметрами давления, полученными при экспериментальных исследованиях автоматизированными системами мониторинга.

ВЫВОДЫ

При определении параметров опорного давления необходимо использовать комплексный подход как основной при гармоничном сочетании следующих методов исследования процессов и контроля геомеханического состояния массива пород: аналитических, экспериментально-аналитических, экспериментальных (натурных), лабораторных. Для достоверного определения опорного давления в конкретных зонах необходимо разрабатывать математическую модель с определением эмпирической площади свода «пригрузки», с последующей проверкой модели на адекватность как статистическими, так и инструментальными методами.

Список литературы

1. Phillips W. Rock Bursts and Bumps in Coal Mines. Trans. Inst. Mining England. 1944. P. 55-94.
2. Tectonics in Mining // Colliery England. 1948; 1958. P. 1-12.
3. Holland C.T., Thomas E. Coal-Mine Bumps: Some Aspects of Occurrence, Cause and Control. U.S. Bureau of Mines Bulletin 535, 1954, 37 p.
4. Zanski J. Podziemna Eksploologia. Katowice: Zios Publ., 1964 (Engl. trans.).
5. Spalding J. Deep Mining. London: Mining Publ., 1948.
6. Salnstowier A. Szinnik craskw Zagadmeniach mechaniki // Przegląd Gorniczy. 1959. N 1-2.
7. Shrivastava K.N., Singh K. The effect of penny-shaped crack on the distribution of in semi-infinite solid // International Journal of England Science. 1969. Vol. 7. N 5.
8. Ritter W. Die Static der Tunnel – gowölbe. Berlin, 1879.
9. Coal Mining Safety and Health Act 1999 / Current as at 28 September 2017. State of Queensland 2017. 215 p. URL: <https://www.legislation.qld.gov.au/view/html/inforce/2017-09-28/act-1999-039> (дата обращения: 15.03.2018).
10. Coal Mining Safety and Health Regulation 2017 / Reprint current from 1 September 2017. URL: <https://www.legislation.qld.gov.au/view/html/inforce/2017-09-01/sl-2017-0165> (дата обращения: 15.03.2018).
11. Geoff Nugent. Queensland and NSW Mines Rescue Services. Emergency Mine Entry/Re-entry and Knowledge Management. URL: <http://slideplayer.com/slide/3463132/> (дата обращения: 15.03.2018).

12. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. Australia. Department of Industry, Tourism and Resources, 2007. 79 p.

13. MINE HEALTH AND SAFETY ACT No. 967. 14 June 1996. URL: <http://www.kznhealth.gov.za/occhealth/17242.pdf> (дата обращения: 15.03.2018).

14. Risk and emergency preparedness analysis. NORSOK STANDARD Z-013. Rev. 2, 2001-09-01. 126 p. URL: <http://www.standard.no/pagefiles/955/z-013.pdf> (дата обращения: 15.03.2018).

15. Risk Management. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. September 2016. Commonwealth of Australia, 2016. 125 p. URL: <https://industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/LPSDP-RiskHandbook.pdf> (дата обращения: 15.03.2018).

16. Mining Risk Review 2017. The future of mining is now. Willis Towers Watson Natural Resources Industry Group., 2017. 87 p. URL: <https://www.willistowerswatson.com/-/media/WTW/PDF/Insights/2017/09/mining-review2017.pdf> (дата обращения: 15.03.2018).

17. United Nations (UN). Rio Declaration on Environment and Development 1992. SiSU (<http://www.jus.uio.no/sisu>), 1992. URL: <http://www.jus.uio.no/lm/en/html/environmental.development.rio.declaration.1992/> (дата обращения: 15.03.2018).

18. The Precautionary Principle World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST). UNESCO, 2005. 52 p. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf> (дата обращения: 15.03.2018).

UDC 622.831.3.001 © A.V. Remezov, S.V. Novoselov, 2018

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 6, pp. 21-25

Title

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ISSUES OF DETERMINING PARAMETERS OF BEARING PRESSURE IN MINE WORKINGS AND PRACTICE OF THEIR IMPLEMENTATION

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-6-21-25>

Authors

Remezov A.V.¹, Novoselov S.V.²

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

² Belovo branch Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Belovo, 652644, Russian Federation

Authors' Information

Remezov A.V., Doctor of Engineering Sciences, "Mining Machines and Plants" Department Professor, e-mail: lion742@mail.ru

Novoselov S.V., PhD (Economic), Associate Professor of Department "Economic safety and Management", tel.: +7 (950) 273-31-86, e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

Abstract

The paper deals with the problem of determining bearing pressure in conditions of intensification of coal mining technologies and the methods which allow to determine reliably its parameters. In addition, the aspect of increased highwall mining loads will form the problem of occurrence of methane hazard risks in the highwall mining, which determines the accuracy of the calculation of ventilation air amount. In view of increase in highwall mining rate advance, the roof exposure area increases, which predetermines hanging of the large area plates. Due to this, increased bearing pressure is created at the highwall mining edge and on ventilation and conveyor drifts under the lava. Especially hazardous are highwall mining – drift interface areas.

In order to determine reliably the rock pressure parameters when drawing up working area chart, an integrated approach as the basic one must be used, with a harmonious combination of the following methods for studying the processes and controlling of the geodynamic condition of the rock massif: analytical, experimental and analytical, experimental (full-scale) and laboratory ones. Determination of bearing pressure in specific areas requires the development of mathematical models, with determination of the empirical area of the arch "overloading" followed by the model check for adequacy, using both statistical and instrumental methods.

Figures:

Fig. Pattern of bearing pressure distribution prior to regular squeezing of the upper roof-caving, bedding angle $\alpha = 0^\circ$

Keywords

Pressure formation hypotheses, Arch theory, Beam theory, Plate theory, Bearing pressure, Accumulation of stresses, Empirical area of arch.

References

1. Phillips W. Rock Bursts and Bumps in Coal Mines. Trans. Inst. Mining England, 1944, pp. 55-94.
2. Tectonics in Mining. *Colliery England*, 1948; 1958, pp. 1-12.
3. Holland C.T. & Thomas E. Coal-Mine Bumps: Some Aspects of Occurrence, Cause and Control. U.S. Bureau of Mines Bulletin 535, 1954, 37 p.

4. Zanski J. Podziemna Eksploacja. Katowice, Zios Publ., 1964 (Engl. trans.).

5. Spalding J. Deep Mining. London, Mining Publ., 1948.

6. Salnstowier A. Szinnik craskw Zagadnieniach mechaniki. *Przeglad Gorniczy*, 1959, N 1-2.

7. Shrivastava K.N. & Singh K. The effect of penny – shaped crack on the distribution of in semi – infinite solid. *International Journal of England Science*, 1969, Vol. 7, No. 5.

8. Ritter W. Die Static der Tunnel – gowölbe. Berlin, 1879.

9. Coal Mining Safety and Health Act 1999. Current as at 28 September 2017. State of Queensland 2017, 215 p. Available at: <https://www.legislation.qld.gov.au/view/html/inforce/2017-09-28/act-1999-039> (accessed 15.03.2018).

10. Coal Mining Safety and Health Regulation 2017 / Reprint current from 1 September 2017. Available at: <https://www.legislation.qld.gov.au/view/html/inforce/2017-09-01/sl-2017-0165> (accessed 15.03.2018).

11. Geoff Nugent. Queensland and NSW Mines Rescue Services. Emergency Mine Entry/Re-entry and Knowledge Management. Available at: <http://slideplayer.com/slide/3463132/> (accessed 15.03.2018).

12. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. Australia. Department of Industry, Tourism and Resources, 2007, 79 p.

13. MINE HEALTH AND SAFETY ACT No. 967. 14 June 1996. [Electronic resource]. Available at: <http://www.kznhealth.gov.za/occhealth/17242.pdf> (accessed 15.03.2018).

14. Risk and emergency preparedness analysis. NORSOK STANDARD Z-013, Rev. 2, 2001-09-01, 126 p. [Electronic resource]. Available at: <http://www.standard.no/pagefiles/955/z-013.pdf> (accessed 15.03.2018).

15. Risk Management. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. September 2016. Commonwealth of Australia, 2016, 125 p. [Electronic resource]. Available at: <https://industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/LPSDP-RiskHandbook.pdf> (accessed 15.03.2018).

16. Mining Risk Review 2017. The future of mining is now. Willis Towers Watson Natural Resources Industry Group., 2017, 87 p. [Electronic resource]. Available at: <https://www.willistowerswatson.com/-/media/WTW/PDF/Insights/2017/09/mining-review2017.pdf> (accessed 15.03.2018).

17. United Nations (UN). Rio Declaration on Environment and Development 1992. SiSU (<http://www.jus.uio.no/sisu>), 1992. [Electronic resource]. Available at: <http://www.jus.uio.no/lm/en/html/environmental.declaration.rio.declaration.1992/> (accessed 15.03.2018).

18. The Precautionary Principle World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST). UNESCO, 2005, 52 p. Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf> (accessed 15.03.2018).

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ **ЖУРНАЛ**

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРGETИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

6-2018



ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВО СЕРВИС

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СОСТАВЫ
ПОЛИМЕРНЫЕ ПОЛЫ



**Опыт работы в отрасли
более 25 лет**

Заказчики: ЕВРАЗ (Распадская, Междуречье), УГМК (Кузбассразрезуголь, Угольный перегрузочный комплекс «Восточный порт»), СУЭК, Стройсервис, Русская угольная компания, Угольная компания «Сибирская» и другие

Бесплатный звонок по России
8-800-500-98-50
www.vmp-lkm.ru

Главный редактор
ЯНОВСКИЙ А.Б.

Заместитель министра энергетики
Российской Федерации,
доктор экон. наук

Зам. главного редактора
ТАРАЗАНОВ И.Г.

Генеральный директор
ООО «Редакция журнала «Уголь»,
горный инженер, чл.-корр. РАН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АРТЕМЬЕВ В.Б., доктор техн. наук

ВЕРЖАНСКИЙ А.П.,

доктор техн. наук, профессор

ГАЛКИН В.А., доктор техн. наук, профессор

ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.,

доктор техн. наук, профессор

ЗАХАРОВ В.Н., чл.-корр. РАН,

доктор техн. наук, профессор

КОВАЛЬЧУК А.Б.,

доктор техн. наук, профессор

ЛИТВИНЕНКО В.С.,

доктор техн. наук, профессор

МАЛЫШЕВ Ю.Н., академик РАН,

доктор техн. наук, профессор

МОХНАЧУК И.И., канд. экон. наук

МОЧАЛЬНИКОВ С.В., канд. экон. наук

ПЕТРОВ И.В., доктор экон. наук, профессор

ПОПОВ В.Н., доктор экон. наук, профессор

ПОТАПОВ В.П.,

доктор техн. наук, профессор

ПУЧКОВ Л.А., чл.-корр. РАН,

доктор техн. наук, профессор

РОЖКОВ А.А., доктор экон. наук, профессор

РЫБАК Л.В., доктор экон. наук, профессор

СКРЫЛЬ А.И., горный инженер

СУСЛОВ В.И., чл.-корр. РАН, доктор экон.

наук, профессор

ЩАДОВ В.М., доктор техн. наук, профессор

ЩУКИН В.К., доктор экон. наук

ЯКОВЛЕВ Д.В., доктор техн. наук, профессор

Иностранные члены редколлегии

Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ**,

доктор техн. наук, Германия

Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ**,

доктор техн. наук, Германия

Проф. **Юзеф ДУБИНЬСКИ**,

доктор техн. наук, чл.-корр. Польской
академии наук, Польша

Сергей НИКИШИЧЕВ, комп. лицо FIMMM,
канд. экон. наук, Великобритания, Россия,
страны СНГ

Проф. **Любен ТОТЕВ**,

доктор наук, Болгария

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1925 года

УЧРЕДИТЕЛИ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

ИЮНЬ

6-2018 /1107/

УГОЛЬ

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ ТЕХНИКИ

Глинина О.И.

XXVI Международный научный симпозиум «Неделя горняка – 2018» _____ 4

АО «СУЭК»

Информационные сообщения _____ 10

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Ефимов В.И., Корчагина Т.В., Попов А.И., Музафаров Г.Г.

Опыт отработки крутых угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения _____ 12

Ремезов А.В., Новоселов С.В.

Теоретические и методические вопросы определения параметров опорного давления в горных выработках и практика их применения _____ 21

Международная научно-практическая конференция

«Подземная угледобыча XXI век» _____ 26

Фам Д.Т., Виткалов В.Г., Агафонов В.В., Нгуен З.Ф.

Обоснование рациональных вариантов технологии отработки наклонных угольных пластов средней мощности с использованием камерно-столбовой системы разработки бассейна Куангнинь _____ 27

АО «СУЭК»

Врио губернатора Кемеровской области Сергей Цивилев встретился с проходчиками бригады Героя Труда России Александра Куличенко _____ 32

ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

Бурцев С.В., Каранов Д.Н., Супрун В.И., Левченко Я.В.

Оконтуривание карьерных и отвальных полей на основе минимума транспортной работы по перемещению карьерных грузов _____ 33

Зеньков И.В., Нефедов Б.Н., Рагозина М.А., Логинова Е.В.

Использование ресурсов ДЗЗ в создании информационного обеспечения развития горного машиностроения для угледобывающего сектора российской экономики _____ 42

ТРАНСПОРТ

ООО «СТЛЦ «БЕЛАЗ-УРАЛ»

Самосвалы серии БЕЛАЗ-7558: надежны, эффективны, экономичны _____ 45

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Побегайло П.А., Крицкий Д.Ю., Мутыгуллин А.В., Шигин А.О.

Обоснование выбора точек контроля металлоконструкций экскаваторов-драглайнов _____ 48

ЭКОНОМИКА

Якунчиков Е.Н., Копылов К.Н., Агафонов В.В.

Выбор и обоснование функциональной структуры и стратегии развития угольного сектора экономики _____ 54

Лапаев В.Н., Каплан А.В., Терешина М.А., Милославская К.С.

Стратегии сбалансированного социально-экономического развития угледобывающего предприятия _____ 59

ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819
Тел.: +7 (499) 237-22-23
E-mail: ugol1925@mail.ru
E-mail: ugol@land.ru

Генеральный директор

Игорь ТАРАЗАНОВ
Ведущий редактор

Ольга ГЛИНИНА

Научный редактор

Ирина КОЛОБОВА

Менеджер

Ирина ТАРАЗАНОВА

Ведущий специалист

Валентина ВОЛКОВА

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

в Перечень ВАК Минобрнауки и науки РФ
(в международные реферативные базы
данных и системы цитирования) –
по техническим и экономическим наукам
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,647
(без самоцитирования – 0,528)
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,385
(без самоцитирования – 0,313)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

www.ugolinfo.ru
www.ugol.info

и на отраслевом портале
«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

www.rosugol.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Ведущий редактор О.И. ГЛИНИНА

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 01.06.2018.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,0 + обложка.

Тираж 4700 экз.

Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 6500 экз.

Отпечатано:

ООО «РОЛИКС»

117218, г. Москва, ул. Кржижановского, 31

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 50369

Журнал в **App Store** и **Google Play**



Разовский Ю.В., Вишняков Я.Д., Киселева С.П., Рубан М.С., Горенкова Е.Ю.

Экономическая политика формирования стратегического видения

угледобывающей компании _____ **63**

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Дудченко О.Л., Федоров Г.Б., Андреев А.А.

Инновационный способ виброакустической классификации угольных пульп _____ **67**

ЭКОЛОГИЯ

Алексеев Г.Ф., Бурцев С.В., Тургенева Л.А.

Комплексный подход к реконструкции очистных сооружений карьерных вод – приоритетная задача АО ХК «СДС-Уголь» _____ **72**

ХРОНИКА

Глинина О.И.

Первая международная выставка «ГОРПРОМЭКСПО-2018» стартовала в Москве _____ **74**

ЗА РУБЕЖОМ

Халявко Ю.О.

Эволюция восприятия местными жителями деятельности угольного терминала Брисбена _____ **81**

ЮБИЛЕИ

Федченко Юрий Анатольевич (к 70-летию со дня рождения) _____ **87**

Галкин Владимир Иванович (к 75-летию со дня рождения) _____ **88**

Список реклам:

ВМП	1-я обл.	INTESMO	11
Назаровский ГМНУ	2-я обл.	МУФТА ПРО	41
Конгресс IMPC-2018	3-я обл.	НПП Завод МДУ	53
Журнал Уголь	4-я обл.	binder+co	71

* * *

Журнал «Уголь» входит

в международные реферативные базы данных и систем цитирования

SCOPUS, GeoRef, Chemical Abstracts**Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF**

Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA).

Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

Журнал «Уголь» является партнером EBSCO

Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США). Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO Publishing (www.ebsco.com), предоставляющей свою базу данных для академических библиотек по всему миру. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10 мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой являются популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований и повышение цитируемости российской науки. Это третья в мире электронная библиотека по степени видимости материалов в Google Scholar.

Подписные индексы:

– Каталог Роспечати «Газеты. Журналы» – **71000, 71736, 73422**

– Объединенный каталог «Пресса России» – **87717, 87776, 887717**

– Каталог «Почта России» – **П3724**

– Каталог «Российской прессы» – **11538**

– Каталог «Урал-Пресс» – **71000; 007097; 009901**

UGOL' / RUSSIAN COAL JOURNAL**UGOL' JOURNAL EDITORIAL BOARD****Chief Editor**

YANOVSKY A.B., Dr. (Economic), Ph.D. (Engineering), Deputy Minister of Energy of the Russian Federation, Moscow, 107996, Russian Federation

Deputy Chief Editor

TARAZANOV I.G., Mining Engineer, Moscow, 119049, Russian Federation

Members of the editorial council:

ARTEMIEV V.B., Dr. (Engineering), Moscow, 115054, Russian Federation

VERZHANSKY A.P., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 125009, Russian Federation

GALKIN V.A., Dr. (Engineering), Prof., Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

ZAIDENVARG V.E., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 119019, Russian Federation

ZAKHAROV V.N., Dr. (Engineering), Prof., Corresp. Member of the RAS, Moscow, 111020, Russian Federation

KOVALCHUK A.B., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 119019, Russian Federation

LITVINENKO V.S., Dr. (Engineering), Prof., Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

MALYSHEV Yu.N., Dr. (Engineering), Prof., Acad. of the RAS, Moscow, 125009, Russian Federation

MOKHNACHUK I.I., Ph.D. (Economic), Moscow, 109004, Russian Federation

MOCHALNIKOV S.V., Ph.D. (Economic), Moscow, 107996, Russian Federation

PETROV I.V., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119071, Russian Federation

POPOV V.N., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119071, Russian Federation

POTAPOV V.P., Dr. (Engineering), Prof., Kemerovo, 650025, Russian Federation

PUCHKOV L.A., Dr. (Engineering), Prof., Corresp. Member of the RAS, Moscow, 119049, Russian Federation

ROZHKOV A.A., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119071, Russian Federation

RYBAK L.V., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119034, Russian Federation

SKRYL' A.I., Mining Engineer, Moscow, 119049, Russian Federation

SUSLOV V.I., Dr. (Economic), Prof., Corresp. Member of the RAS, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SHCHADOV V.M., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 119034, Russian Federation

SHCHUKIN V.K., Dr. (Economic), Ekibastuz, 141209, Republic of Kazakhstan

YAKOVLEV D.V., Dr. (Engineering), Prof., Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

Foreign members of the editorial council:

Prof. **Guenther APEL**, Dr.-Ing., Essen, 45307, Germany

Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering), Freiberg, 09596, Germany

Prof. **Jozef DUBINSKI**, Dr. (Engineering), Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland

Sergey NIKISHICHEV, FIMMM, Ph.D. (Economic), Moscow, 125047, Russian Federation

Prof. **Luben TOTEV**, Dr., Sofia, 1700, Bulgaria

Ugol' Journal Edition LLC

Leninsky Prospekt, 2A, office 819
Moscow, 119049, Russian Federation
Tel.: +7 (499) 237-2223
E-mail: ugol1925@mail.ru
www.ugolinfo.ru

MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC, TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS

Established in October 1925

FOUNDERS

MINISTRY OF ENERGY
THE RUSSIAN FEDERATION,
UGOL' JOURNAL EDITION LLC

JUNE

6' 2018

UGOL' / RUSSIAN COAL JOURNAL**CONTENT****TECHNICAL NEWS**

Glinina O.I.

XXVI International Academic Symposium "Miner's week – 2018" _____ 4

SUEK

Information messages _____ 10

UNDERGROUND MINING

Efimov V.I., Korchagina T.V., Popov A.I., Muzafarov G.G.

Experience working off of steep coal seam Prokopevsko-Kiselevskiy deposit _____ 12

Remezov A.V., Novoselov S.V.

Theoretical and methodological issues of determining parameters of bearing pressure in mine workings and practice of their implementation _____ 21

International scientific and practical conference "Underground Coal Mining 21st Century" _____ 26

Pham Duc Thang, Vitcalov V.G., Agafonov V.V., Nguyen Duyen Phong

Substantiation of rational variants technology in the working of the medium thick inclined coal seams with the room and pillar systems in the Quang Ninh coal basin _____ 27

SURFACE MINING

Burtsev S.V., Karanov D.N., Suprun V.I., Levchenko Ya.V.

Open-pit and dump fields delineation based on minimum pit loads transportation _____ 33

Zenkov I.V., Nefedov B.N., Ragozina M.A., Loginova E.V.

Earth Remote Sensing resources deployment for mining machinery manufacturing information support development for the Russian economy coal mining industry _____ 42

TRANSPORT

"STLC" BELAZ-URAL"

BELAZ-7558 dump trucks: reliable, efficient and cost saving _____ 45

COAL MINING EQUIPMENT

Pobegaylo P.A., Kritskij D.Yu., Mutygullin A.V., Shigin A.O.

The rationale for the selection of control points critical stress states of steel structures of dragline excavators _____ 48

ECONOMIC OF MINING

Iakunchikov E.N., Kopylov K.N., Agafonov V.V.

Selection and justification of the functional structure and development strategy of the economic of coal sector _____ 54

Lapaev V.N., Kaplan A.V., Tereshina M.A., Miloslavskaya K.S.

Strategies of balanced socio-economic development for coal mining enterprises _____ 59

Razovskiy Yu.V., Vishnyakov Ya.D., Kiseleva S.P., Ruban M.S., Gorenkova E.Yu.

Economic policy of strategic vision formation coal mining company _____ 63

COAL PREPARATION

Dudchenko O.L., Fedorov G.B., Andreev A.A.

Innovative method for the classification of coal slurries _____ 67

ECOLOGY

Alekseev G.F., Burtsev S.V., Turgeneva L.A.

Comprehensive approach to open pit mine water treatment facilities upgrading – "SBU-Coal" Holding Company JSC priority task _____ 72

CHRONICLE

Glinina O.I.

The First International mining exhibition "GORPROMEXPO-2018" opened in Moscow _____ 74

ABROAD

Khalyavko Yu.O.

Evolution of Brisbane coal terminal perception by local residents _____ 81

ANNIVERSARIES

Fedchenko Yury Anatolyevich (to a 70-anniversary from birthday) _____ 87

Galkin Vladimir Ivanovich (to a 75-anniversary from birthday) _____ 88