

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.7.53.005

УДК 622.23.02

© М.В. Шинкевич, 2018

М.В. ШИНКЕВИЧ

канд. техн. наук,

старший научный сотрудник

ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово

e-mail: max-valerich@rambler.ru



ИЗМЕНЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ДЛИНЕ ЛАВЫ

В статье рассмотрены изменения горного давления по длине лавы и его следствия в виде отжима угля и изменения сопротивления резанию разрабатываемого пласта. Определены волнообразные изменения горного давления по длине лавы, что подтверждается показаниями давления жидкости в стойках механизированной крепи и изменениями объёмов отжимаемого угля от забоя лавы. Отмечаемые особенности изменений горного давления необходимо учитывать при планировании производительности комбайна и нагрузки на очистной забой в разных горно-геологических условиях, для более точного планирования эффективности отработки угольного пласта и производительности выемочного участка.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-45-420001 р_а.

Ключевые слова: ГОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ, РАЗРАБОТКА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ, МЕХАНИЗИРОВАННАЯ КРЕПЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОМБАЙНА.

Введение

В последние десятилетия производительность выемочных участков возросла в разы. Тенденция к росту глубин ведения горных работ, росту газоносности отрабатываемых угольных пластов ставит вопросы о поддержке достигнутых уровней добычи угля и дальнейшего роста производительности. Известно, что основными факторами, сдерживающими эффективную разработку угольных месторождений, является горное давление и газовый фактор. Развитие техники и технологий добычи угля невозможно без учета современных знаний о процессах, возникающих в массиве горных пород при выемке угольных пластов. Проблемами безопасности разработки угольных месторождений занимаются многие ученые как в России [1–4], так и за рубежом [5–17]. Как отмечается в [18–20], процессы сдвижений и выделение газа из массива горных пород тесно взаимосвязаны. Рассмотрение процессов формирования горного

давления и соответствующего метановыделения имеет в настоящее время неоспоримую актуальность.

Горное давление по длине лавы

В работах [19–20] доказана волнообразность (нелинейность) геомеханического процесса применительно к пласту угля, отрабатываемому длинными выемочными столбами. Выводы о нелинейности геомеханических процессов основываются на применении методов рудничной газодинамики. Показана нелинейность изменения метанообильности выемочного участка с периодом несоизмеримо большим, чем шаг обрушения основной кровли. Приведены данные о давлении в стойках механизированной крепи [19], которые также подтверждают волнообразность процесса, но детально не рассматривается призабойная область массива и возможные следствия эффектов волнообразного горного давления. Упоминание о данных давления

в стойках механизированной крепи встречается у зарубежных авторов [21]. Отмечается волнообразный характер изменения давления, но не дается каких-то рекомендаций по практическому применению отмечаемых изменений горного давления. Все сводится к констатации отмечаемых особенностей.

Известны исследования влияния горного давления на пласт угля по длине очистного забоя [25–28] и на ослабление массива угля [25, 26]. Так, в статье [22] рассмотрено изменение объема отжатого угля по длине забоя лавы (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что объем отжимаемого угля по длине лавы меняется волнообразно. Т. е. горное давление, действующее на пласт угля, имеет волнообразный характер. В работе [29] волнообразное изменение горного давления объясняется техногенной структуризацией массива при выемке пласта угля. Пересчитав показания давления в стойках механизированной крепи по формулам (1–3), определим высоту слоя пород, оказывающего давление на крепь, приняв среднюю плотность пород 2,5 т/м³ (рис. 2).

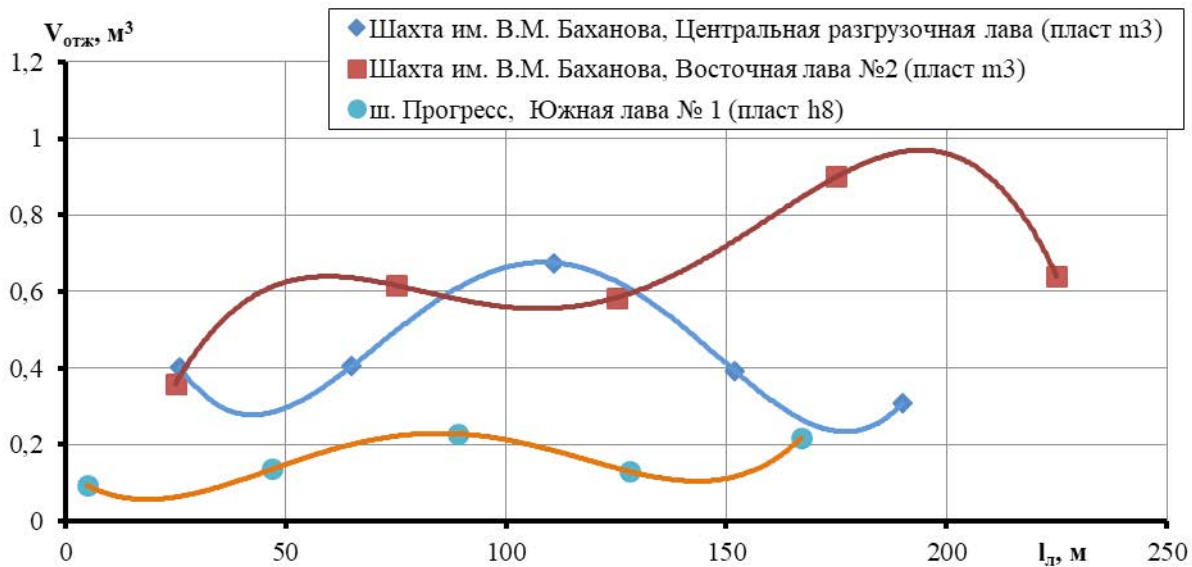


Рис. 1. Изменение объема отжатого угля по длине очистного забоя

Силовая реакция стоек механизированной крепи

$$F_{ст} = P_{ст.1} S_{ст.1} + P_{ст.2} S_{ст.2}, \text{ МН}; \quad (1)$$

давление стоек, распределенное по площади верхняка крепи

$$P_{ст} = F_{ст} / S_{ст}, \text{ МПа}; \quad (2)$$

высота слоя пород, оказывающего давление на крепь,

$$h_{сл} = P_{ст} / 0,025, \text{ м}, \quad (3)$$

где $P_{ст.1}, P_{ст.2}$ — давление жидкости в стойках механизированной крепи, МПа; $S_{ст.2}, S_{ст.1}$ — площади поршня стоек механизированной крепи, м²; $S_{ст}$ — площадь верхняка механизированной крепи, м².

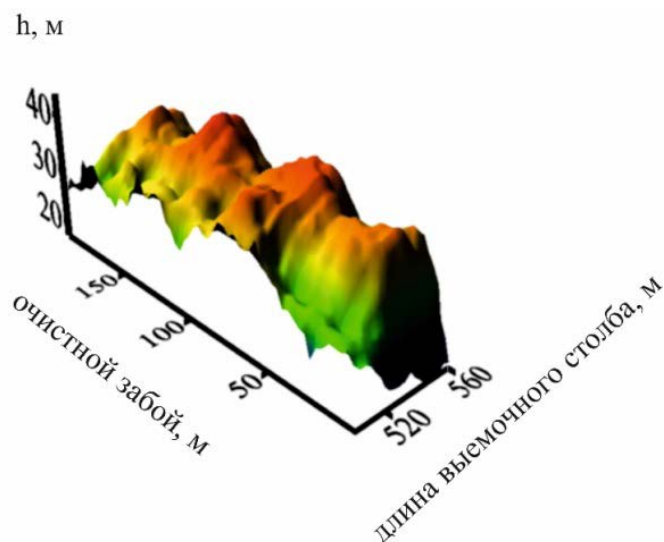


Рис. 2. Высота слоя пород, оказывающего давление на крепь лавы

Как показывает рисунок 2, величина мощности слоя пород ограничена 45-ю метрами. Можно сказать, что этот слой пород оказывает непосредственно давление на механизированную крепь, т. е. это мощность дезинтегрированного слоя пород, нагрузку от которого несет механизированная крепь. Данные представления полностью соответствуют схеме дезинтеграции горных пород [29]. Известно, что основную нагрузку на призабойную часть массива от вышележащих пород несет угольный пласт. Схема геомеханической структуризации показывает последовательность формирования сводов сдвижений дезинтегрированных пород. Величины оснований сводов кратны длине очистного забоя [29]. В пределах сводов нагрузка будет равна весу нарушенных пород в нём, и эта нагрузка приходится на крепь лавы, а между формируемыми сводами сдвижений горное давление действует на пласт угля, и оно будет равно величине геостатического горного давления, зависящего от глубины залегания угольного пласта, что на порядок выше регистрируемо-

го давления на крепь. Именно геостатическое горное давление и отражается на состоянии угольного пласта, и его влияние волнообразно. Возникает отжим угля и соответствующее изменение сопротивления резанию угольного пласта по длине лавы. Также газосодержание обрабатываемого пласта зависит от нормальных напряжений [30], поэтому следствия влияния горного давления, такие как отжим угля, меняются волнообразно по длине лавы.

Заключение

Таким образом, поскольку зачастую только при эксплуатации комбайна выясняется, что он не может дать достаточно высокую производительность, запланированную в проекте по очистной выемке пласта угля, определение величин изменений горного давления по длине лавы позволит избежать его негативного влияния и более обоснованно планировать производительность комбайна и нагрузку на очистной забой в разных горно-геологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черданцев Н.В., Шадрин А.В. Расчет траектории движения одиночной трещины, расположенной в массиве горных пород, нагруженной давлением жидкости // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2017. № 4. С. 18–26.
2. Шадрин А.В., Клишин В.И. Совершенствование методов автоматизированного прогноза опасности проявления динамических явлений в процессе разупрочнения кровли и профилактической гидрообработки угольных пластов // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2017. № 3. С. 31–35.
3. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Смыслов А.И., Кормин А.Н. Физическое моделирование изменения фильтрационных свойств угольных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 6 (106). С. 13–16.
4. Артемьев В.Б., Коршунов Г.И., Логинов А.К., Шик В.М. Динамические формы проявлений горного давления. СПб.: Наука, 2009. 347 с.
5. Хеллан К. Введение в механику разрушения / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 364 с.
6. Джевецки Я. Новые методы предотвращения опасности горных ударов // Глюкауф. 2002. № 2(3). С. 18–21.
7. Якоби О. Практика управления горным давлением / Пер. с нем. М.: Недра, 1987. 566 с.
8. Бенявски З. Управление горным давлением / Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 254 с.
9. Zhou H., Liu H., Hu D., Zhang F., Yang F., Lu J. Estimation of the effective thermal properties of cracked rocks // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2016. Vol. Iss. 8. pp. 954–970.
10. Xu J.L., Ni J.M., Xuan D.Y., Wang X.Z. Coal mining technology without village relocation by isolated grout injection into overburden // Coal Sci Technol., 43 (12) (2015), pp. 8–11.
11. Nie L., Wang H.F., Xu Y., Li Z.C. A new prediction model for mine subsidence deformation: the arc tangent function model // Nat. Hazards, 75 (3) (2015), pp. 2185–2198.
12. Xuan D.Y., Wang B.L., Xu J.L. A shared borehole approach for coal-bed methane drainage and ground stabilization with grouting / Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 86 (2016), pp. 235–244.
13. Антипов И.В., Стаднюк Е.Д., Козырь С.В. Взаимосвязь технологических операций в лаве с геомеханическими процессами в горном массиве // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. 2015. № 15. pp. 9–20.
14. Лобков Н.И., Козырь С.В., Крижановская Л.Н., Арутюнян Р.М. Механизм сдвижения породных слоев над выработанным пространством // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. 2015. № 15. С. 21–30.
15. Литвинский Г.Г. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вокруг лавы // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2016. № 3 (46). С. 16–24.
16. Котяшев А.А., Шеменев В.Г. Апробация технологии разрушения массивов скальных пород с применением рассредоточенных зарядов // Горный журнал Казахстана. 2015. № 7. С. 30–34.
17. Касьяненко А.Л. Новый способ обеспечения устойчивости пород почвы выемочных выработок // Проблемы горного давления / Донецкий национальный технический университет. Донецк, 2016. № 2 (29). С. 17–26.
18. Полевщиков Г.Я. Снижение газодинамической опасности подземных горных работ / Г.Я. Полевщиков, Е.Н. Козырева, Т.А. Киряева, М.В. Шинкевич, О.В. Брюзгина, А.А. Рябцев, Н.Ю. Назаров, М.С. Плаксин // Уголь. 2007. № 11 (979). С. 13–16.
19. Шинкевич М.В., Козырева Е.Н. Взаимосвязи основных особенностей процессов разгрузки и сдвижения вмещающих пород с динамикой выделения метана из разрабатываемого пласта при его отработке длинными выемочными столбами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6. С. 17–19.

20. Полевщиков Г.Я., Шинкевич М.В., Плаксин М.С. Газокинетические особенности распада углеметана на конвейерном штреке выемочного участка // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 8. С. 21–28.

21. Ройтер М., Курфюст В., Майрховер К., Векслер Ю. Волнообразное распределение горного давления вдоль забоя лавы // ФТПРПИ. 2009. № 2. С. 38–45.

22. Чехместеренко Н.В. Изменчивость отжима угля по длине очистных забоев // Уголь. 1992. № 6. С. 3–7.

23. Кравченко В.И. Отжим угля при разработке пологопадающих пластов Донбасса. М.: Углетехиздат, 1951. 50 с.

24. Позин Е.З. Сопrotивляемость углей разрушению режущими инструментами. М.: Наука, 1972. С. 2–78.

25. Позин Е.З. Изменчивость сопротивляемости угля разрушению резанием // Разрушение горных пород механическими способами. М.: Недра, 1966. С. 91–97.

26. Позин Е.З. Исследование влияния отжима на сопротивляемость угля резанию // Сопротивляемость горных пород разрушению при добычании. М., 1962. С. 47–53.

27. Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами. М.: Недра, 1984. 239 с.

28. Топчиев А.В., Солод В.И. Расчет производительности выемочных комплексов и агрегатов. М.: Госгортехиздат, 1966. 152 с.

29. Шинкевич М.В., Леонтьева Е.В. Моделирование техногенной структуризации вмещающего массива горных пород при ведении очистных работ // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 23–31.

30. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов. М.: ИАГН, 2000. 519 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.7.53.005

UDC 622.23.02

© M.V. Shinkevich, 2018

M.V. SHINKEVICH

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS (Institute of Coal), Kemerovo

e-mail: max-valerich@rambler.ru

ROCK PRESSURE CHANGES ALONG THE LENGTH OF LONGWALL

The paper describes changes in rock pressure along the length of coal face and its results in the forms of coal sloughing and changes of the working coal seam resistance to cutting. Determined undulating changes of rock pressure along the length of longwall are confirmed by liquid pressure indication in hydraulic legs of powered roof supports and changes of volume of sloughed coal from the face. Mentioned specific changes in rock pressure should be considered during the planning of shearer output and per face output in different mining and geological conditions in order to plan accurate productivity of both coal seam extraction and working area.

The work is done with the financial support of The Russian Foundation for Basic Research, project № 18-45-420001 p_a.

Keywords: ROCK PRESSURE, COAL SEAM MINING, POWERED ROOF SUPPORT, SHEARER OUTPUT.

REFERENCES

1. Cherdantsev N.V., Shadrin A.V. Fluid pressure-loaded single crack located in a rock massif propagation trajectory calculation. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti = Industrial Safety*. 2017. № 4. pp. 18–26. (In Russ.).
2. Shadrin A.V., Klishin V.I. The improvement of automated dynamic phenomena forecast methods during roof weakening and preventive hydrotreating. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti = Bulletin of Scientific Centre VostNII for Industrial and Environmental Safety*. 2017. № 4. pp. 18–26. (In Russ.).
3. Tailakov O.V., Utkaev E.A., Smyslov A.I., Kormin A.N. Physical modelling of coal seams filtration properties fluctuation. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Kuzbass State Technical University*. 2014. № 6 (106). pp. 13–16. (In Russ.).
4. Artemev V.B., Korshunov G.I., Loginov A.K., Shik V.M. Dynamic forms of rock pressure manifestations. St. Petersburg: Nauka, 2009. 347 p. (In Russ.).
5. Hellan K. Introduction to the mechanics of destruction. Trans. from English. Moscow: Mir, 1988. 364 p. (In Russ.).
6. Dzhevetski J. New methods for prevention of hazardous rock. *Glukauf*. 2002. № 2 (3). pp. 18–21. (In Russ.).
7. Jacobi O. Rock pressure control practice. Translated from German. Moscow: Nedra, 1987. 566 p. (In Russ.).
8. Bieniawski Z. Rock pressure control. Trans. from English. Moscow: Mir, 1990. 254 p. (In Russ.).
9. Zhou H., Liu H., Hu D., Zhang F., Yang F., Lu J. Estimation of the effective thermal properties of cracked rocks. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. 2016. Iss. 8. pp. 954–970.
10. Xu J.L., Ni J.M., Xuan D.Y., Wang X.Z. Coal mining technology without village relocation by isolated grout injection into overburden. *Coal Sci. Technol.*, 43 (12) (2015), pp. 8–11.
11. Nie L., Wang H.F., Xu Y., Li Z.C. A new prediction model for mine subsidence deformation: the arc tangent function model. *Nat Hazards*. 75 (3) (2015). pp. 2185–2198.
12. Xuan D.Y., Wang B.L., Xu J.L. A shared borehole approach for coal-bed methane drainage and ground stabilization with grouting. *Int J Rock Mech Min Sci.*, 86 (2016), pp. 235–244.
13. Antipov I.V., Stadnyuk E.D., Kozyr S.V. Interconnection of technological operations in longwall with geomechanical processes in rock massif. *Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukraini*. 2015. № 15. pp. 9–20.
14. Lobkov N.I., Kozyr S.V., Krizhanovskaya L.N., Arutyunyan R.M. Mechanism of rock layer movement over the waste area. *Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukraini*. 2015. № 15. pp. 21–30.
15. Litvinskiy G.G. Stress-strain state of rock massif around longwall. *Sbornik nauchnykh trudov Donbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of scientific works of Donbas State Technical University*. 2016. № 3 (46). pp. 16–24.
16. Kotyashhev A.A., Shemenev V.G. Testing of the technology of hard rock massif destruction with the use of deck charges. *Gornyy zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan*. 2015. № 7. pp. 30–34.
17. Kasyanenko A.L. New way to ensure the stability of coal face bedrocks. *Problemy gornogo davleniya = Problems of rock pressure*. 2016. № 2 (29). pp. 17–26. (In Russ.).
18. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Kiryaeva T.A., Shinkevich M.V., Brizgina O.V., Ryabtsev A.A., Nazarov N.Yu., Plaksin M.S. Reduction of gasdynamic hazard of underground mining. *Ugol' = Coal*. 2007. № 11 (979). pp. 13–16. (In Russ.).
19. Shinkevich M.V., Kozyreva E.N. Interrelations of the main features of the processes of unloading and shifting of the surrounding rocks with the dynamics of methane emission from the mined bed during longwall extraction. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta =*

Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2006. № 6. pp. 17–19. (In Russ.).

20. Polevshchikov G.Ya., Shinkevich M.V., Plaksin M.S. Gas-kinetic features of the carbon methane decomposition on the belt heading of the working area. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining information-analytical bulletin (scientific and technical journal). 2011. № 8. pp. 21–28. (In Russ.).

21. Reuter M., Kurfürst V., Mayrhofer K., Veksler J. Undulant rock pressure distribution along a longwall face. Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh = Journal of Mining Science. 2009. № 2. pp. 38–45. (In Russ.).

22. Chekhmerenko N.V. Variability of coal sloughing along the length of coal faces. Ugol' = Coal. 1992. № 6. pp. 3–7. (In Russ.).

23. Kravchenko V.I. The coal sloughing in the development of Donbass flat-dipping beds. Moscow: Ugletekhizdat, 1951. 50 p. (In Russ.).

24. Pozin E.Z. Resistance of coal to the destruction caused by cutting tools. Moscow: Nauka, 1972. 78 p. (In Russ.).

25. Pozin E.Z. Variability of the coal resistance to destruction by cutting. Sb. Razrushenie gornykh porod mekhanicheskimi sposobami = Col. Destruction of rocks by mechanical means. Moscow: Nedra, 1966. 97 p. (In Russ.).

26. Pozin E.Z. Investigation of the effect of coal sloughing on the resistance to cutting. Sb. Soprotivlyayemost gornykh porod razrusheniyu pri dobyvanii = Col. Resistance of rocks to fracture during mining. Moscow, 1962. 53 p. (In Russ.).

27. Pozin E.Z., Melamed V.Z., Ton V.V. Coal Cutting by Winning Machines. Moscow: Nedra, 1984. 239 p. (In Russ.).

28. Topchiev A.V., Solod V.I. Capacity calculations of excavating complexes and cutting machines. Moscow: Gosortekhzdat, 1966. 152 p. (In Russ.).

29. Shinkevich M.V., Leontyeva E.V. Simulation of enclosing rock mass technological structuring during coal face operations. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2015. № 3. pp. 23–31. (In Russ.).

30. Malyshev Yu.N., Trubetskoi K.N., Ayruni A.T. Fundamental and applied methods for solving the coal seams problems. Moscow: IAGN, 2000. 519 p.