

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-57-62

УДК 622.831.3

### РАСЧЕТ МОЩНОСТИ СВОДОВ ДАВЛЕНИЯ НА КРЕПЬ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ЛАВЫ

Шинкевич Максим Валериевич<sup>1,2</sup>,

канд. техн. наук, старший научный сотрудник; доцент, max-valerich@rambler.ru

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского Отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10.

<sup>2</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28



#### Информация о статье

Поступила:

22 октября 2021 г.

Рецензирование:

30 ноября 2021 г.

Принята к печати:

05 декабря 2021 г.

#### Ключевые слова:

горное давление,  
периодичность, очистной  
забой, механизированная  
крепь, синусоида.

#### Аннотация.

При выемке пласта угля, происходят процессы сдвижений горных пород, которые, зачастую, имеют негативные следствия и создают трудности для горняков. Для снижения их негативного влияния необходимо учитывать закономерности процессов, возникающих в подрабатываемом массиве горных пород. Знание и прогнозирование геомеханической обстановки, параметры и элементы процессов сдвижений, вызываемых отработкой угольного пласта, необходимо учитывать при проектировании выемочного участка. Целью работы является определение мощности слоя пород, оказывающего давление на крепь. В статье приведены результаты построения поверхности давления при отработке лав пологих угольных пластов. Для построения поверхности давления и её профилей использовался программный продукт «Surfer». Поверхность давления получена преобразованием давления жидкости в стойках механизированной крепи в давление горных пород и показано изменение давления на крепь лавы при отработке угольного пласта. Предлагается алгоритм расчета мощности слоя давления на крепь лавы, учитывающий волнообразный характер её изменений по длине столба. Мощность горных пород, оказывающих давление на крепь составляет до 10 мощностей пласта.

**Для цитирования:** Шинкевич М.В. Расчет мощности сводов давления на крепь механизированной лавы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 6 (148). – С. 57-62 – DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-57-62

**Актуальность работы.** При подземной разработке угольных месторождений добывающее предприятие зачастую сталкивается с негативными следствиями геомеханических процессов, вызванных сдвигами горных пород, возникающих при вмешательстве в массив. Для снижения их негативного влияния необходимо учитывать закономерности процессов, возникающих в подрабатываемом массиве горных пород. Знание и прогнозирование геомеханической обстановки, параметры и элементы процесса сдвижений, вызываемого отработкой угольного пласта необходимо учитывать при проектировании выемочного участка.

Решение задачи управления геомеханическим состоянием как вмещающих пород кровли, так и угольного пласта сводится к установлению закономерностей процессов, протекающих в окружающем породном массиве в следствии непрерывного подвигания забоя. Этому вопросу посвящено много работ как за рубежом [1-6], так и в России [7-12].

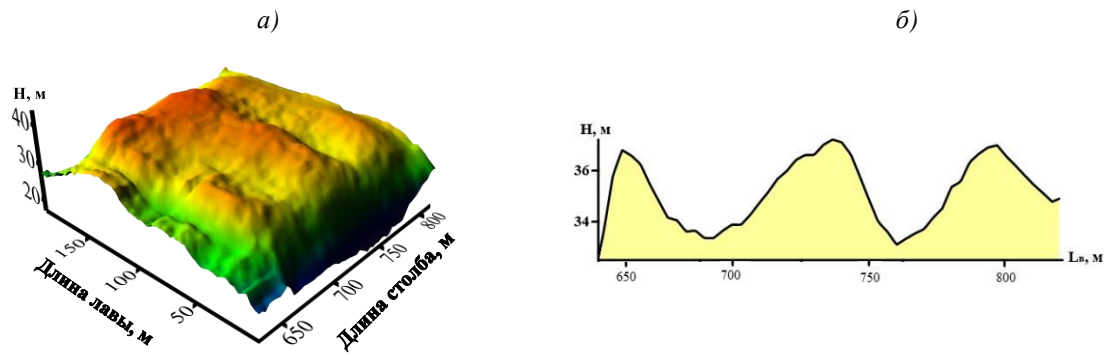


Рис. 1 - Поверхность давления по лаве 3-32 шахты Алардинская (а) и её профиль (б)  
Fig. 1 - Pressure surface along by long treatment face 3-32 of Alardinskaya mine (a) and its profile (b)

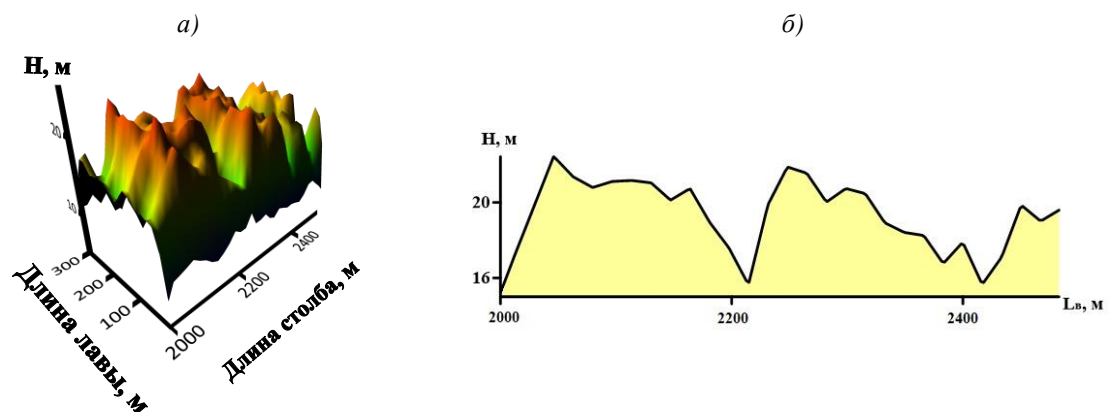


Рис. 2 – Поверхность давления по лаве 24-62 ш. им. С.М. Кирова (а) и её профиль (б)  
Fig. 2 - Pressure surface along by long treatment face 24-62 of the mine named after S.M. Kirov (a) and its profile (b)

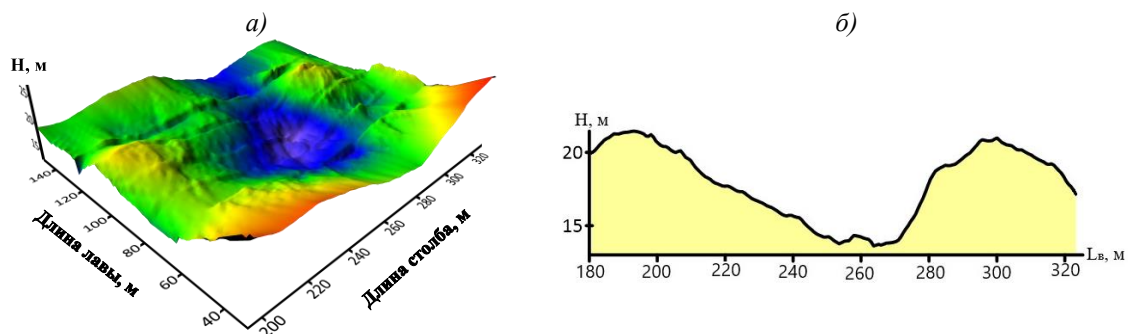


Рис. 3 - Поверхность давления по лаве 351 шахты Чертиска-Коксовая (а) и её профиль (б).  
Fig. 3 - Pressure surface according by long treatment face 351 of the Chertiskaya-Koksovaya mine (a) and its profile (b).

**Цель работы:** По показаниям давления на крепь рассчитать высоту слоя пород, давящего на крепь лавы, используя среднюю плотность пород.

**Методы исследования:** Давление на крепь горных пород получено из показаний давления в стойках механизированной крепи с учетом площади поверхности поршня обеих стоек, площади венчика крепи и с учетом средней плотности горных пород  $2,5 \text{ т/м}^3$ . Использовалась информация о давлении в стойках предоставляемой АО «СУЭК-Кузбасс» и фирмой Marco. Для построения поверхности давления используется программа *Surfer* и алгоритм, изложенный в [13], где определяется силовая реакция стоек механизированной крепи. В результате преобразований давления в стойках крепи находится мощность слоя пород, оказывающего давление на крепь лавы.

Были отстроены поверхности давления по лавам 3-32 шахты Алардинской пласта 3-3а, 24-62 шахты им. С.М. Кирова пласта Болдыревский и лава 351 шахты Чертинской-Коксовой.

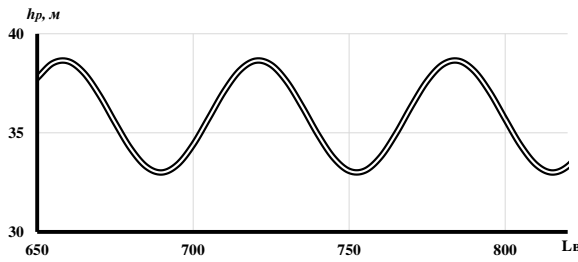


Рис. 4 - Расчетная мощность свода давления для лавы 3-32 ш. Алардинская.

Fig. 4 - Design power of pressure code for long treatment face 3-32 w. Alardinskaya.

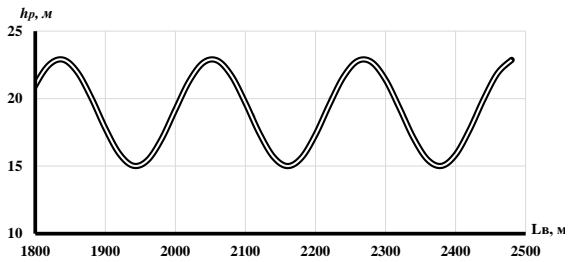


Рис. 5 - Расчетная мощность свода давления для лавы 3-32 ш. им. С.М. Кирова

Fig. 5 - Design power of pressure code for long treatment face 3-32 w. named after S.M. Kirov

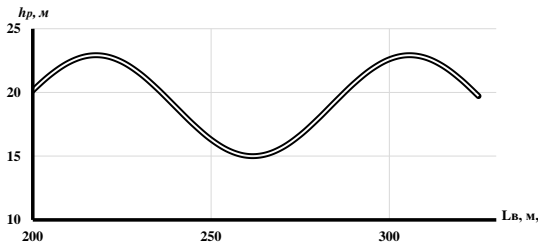


Рисунок 5 - Расчетная мощность свода давления для лавы 3-32ш. им. С.М. Кирова

Рис. 6 - Расчетная мощность свода давления для лавы 351 ш. Чертинская-Коксовая

Fig. 6 - Design power of pressure code for long treatment face 351 w. Chertinskaya-Koksovaya

Лавы 351 шахта Чертинская-Коксовая. Обрабатывается пласт 3 Чертинского месторождения. Глубина отработки изменяется от 345 м до 360 м. Длина выемочного столба 840 м. Длина лавы 180 м. Вынимаемая мощность пласта 2,80 м. Угол падения до 5 градусов. Коэффициент крепости угля  $f = 1$ . Ложная кровля пласта – алевролиты слабые ( $f=2-3$ ),  $m = 0,1-0,3$  м. Непосредственная кровля представлена алевролитами мелкозернистыми трещиноватыми, легкообрушающимися Fig. 6 - Design power of pressure code for lava 351 w. Chertinskaya-Cox я ( $f = 4$ ), мощностью до 14 м. Основная кровля пласта – песчаники мелкозернистые слаботрещиноватые ( $f = 6$ ),  $m = 24-30$  м, по длине выемочного столба местами наблюдается выход слоя песчаника непосредственно на пласт (рис. 3).

Лавы 3-32 шахта Алардинская. Обрабатывается пласт 3-3а Алардинского месторождения на глубине 520-660 м. Полная мощность пласта до 5,6 м, вынимаемая мощность 4,5 м с оставлением пачки угля у почвы пласта. Угол падения пласта  $14^\circ$ . Длина выемочного столба  $L_b$  - 1945 м, длина лавы 220 м. В кровле пласта залегает углистый алевролит мощностью от 0,4 до 0,95 м, средней крепости  $f = 2-3$ . Выше находится слоистый зернистый алевролит, средней устойчивости, мощностью 3,3 – 20,9 м, крепостью  $f=6$ . Основная кровля представлена устойчивым крупнослоистым песчаником крепостью  $f = 6-9$ , мощностью от 1,0 до 13,5 м (рис. 1).

**Результаты:** Выше сказанное и разбор рисунков, а также понимание о процессе структуризации массива [14] позволяют нам разработать алгоритм нахождения высоты свода давления.

Расчетная мощность свода давления на крепь определяется по следующему алгоритму

$$h_{p,x} = (h_n + A_n) + A_n \sin \left( 2 \frac{L_{b,x}}{l_p} - \sqrt{2} \right), \text{ м}, \quad (1)$$

здесь  $0 \leq L_{b,x} \leq L_b$  – текущая координата в пределах свода сдвижений;  $m$ ;  $h_n$  – мощность минимального свода в структурной иерархии, м [15];  $x$  – индекс, обозначающий положение забоя по длине столба  $L_b$ , м. Амплитуда синусоиды

$$A_n = \frac{0,1h_0 2^{n+1}}{\sqrt{2}}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $h_0$  – мощность критического слоя, численно равно величине вторичного обрушения кровли, м по Мурашеву В.И. [16];  $\sqrt{2}$  – величина канонического параметра геосреды [14].

Интервал изменения давления на крепь

$$l_p = 2^{n+k} h_0, \text{ м}. \quad (3)$$

где  $n = 2$  – уровень структурной иерархии,  $k$  – эмпирический коэффициент (для ш. Алардинская равен 0; для ш. им С.М. Кирова равен 1,3; для ш. Чертинская-Коксовая равен 0) (рис. 4, 5, 6).

Как мы видим из представленной статьи, мощность свода давления на крепь лавы равна до 10 мощностей разрабатываемого пласта. Это зона беспорядочного обрушения, которая в литературе [17] равна 2-6 кратной мощности вынимаемого пласта, отличие можно объяснить возросшей скоростью подвигания лавы. Меняется от 5 мощностей пласта (минимальная величина, пласт 3, шахты Чертинская – Коксовая) до 10 (максимальная величина, пласт 3-3а, шахта Алардинская), что зависит от категории

тяжести пород в конкретном случае.

Давление, оказываемое слоем пород, имеет волнообразный характер по длине столба, что объясняется боковым распором пород кровли в месте перелома.

Авторы выражают огромную благодарность коллективу АО «СУЭК-Кузбасс» за предоставленные материалы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бенявски, З. Управление горным давлением // Пер. с англ. М.: Мир, – 1990. – 254 с.
2. Gu, S. Case of rock burst danger and its prediction and prevention in tunneling and mining period at an irregular coal face / S. Gu, B. Jiang, C. Hu, W. Zhang // *Geotechnical and Geological Engineering*. – 2019. – Т. 37. – № 4. – С. 2545-2564.
3. Li, J. Spatio-temporal assessments of rockburst hazard combining b values and seismic tomography / J. Li, S.-Y. Gong, J. He, W. Cai, G.-A. Zhu, C.-B. Wang, T. Chen // *Acta REFERENCES Geophysica*. – 2017. – Т. 65. – № 1. – С.77-88.
4. Zhou, H. Estimation of the effective thermal properties of cracked rocks / H. Zhou, H. Liu, D. Hu, F. Yang, J. Lu, F. Zhang // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2016. – Т. 20. – № 8. – С.954-970.
5. Reuter, M. Zonal disintegration of rocks around breakage headings / M. Reuter, M. Krach, U. Kießling, Y. Veksler // *Journal of Mining Science*. – 2015. – Т. 51. – № 2. – С.237-242.
6. Yu, Y. Time fractal behavior of microseismic events for different intensities of immediate rock bursts / Y. Yu, D.-X. Geng, L.-H. Tong, X.-S. Zhao, X.-H. Diao, L.-H. Huang // *International Journal of Geomechanics*. – 2018. – Т. 18. – № 7. – С. 06018016.
7. Шадрин, А.В. Совершенствование методов автоматизированного прогноза опасности проявления динамических явлений в процессе разупрочнения кровли и профилактической гидрообработки угольных пластов / А.В. Шадрин, В.И. Клишин // *Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности*. – 2017. – № 3. – С. 31 – 35.
8. Черданцев, Н. В. Расчет траектории движения одиночной трещины, расположенной в массиве горных пород, нагруженной давлением жидкости / Н. В. Черданцев, А. В. Шадрин // *Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности*. – 2017. – № 4. – С. 18 – 26.
9. Прогноз метановой опасности угольных шахт при интенсивной отработке угольных пластов / Н. М. Качурин, В. И. Клишин, А. М. Борщевич, А. Н. Качурин // *Тула – Кемерово*. – ТулГУ, – 2013. – 220 с.
10. Portola, V. A. Indirect Negative Influence of Coal Mine Motor Vehicles on the Environment [Electronic resource] / V. A. Portola, E. S. Torosyan, A. S. Kuznetsova // *Applied Mechanics and Materials: Scientific Journal*. – 2015. – Vol. 770: Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering. – P. 690-694
11. Shadrin, A.V. Geophysical criterion of pre-outburst coal out squeezing from the face space into the working / Shadrin, Y. Diyuk. // *International Journal of Mining Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.11.001>
12. Kormin, A.N. Seismological survey of the coal fields based on the applying of the low-power sources of oscillation / A.N. Kormin, O.V. Tailakov, S.V. Sokolov, M.P. Makeev // *E3S Web of Conferences Electronic edition*, – 2018, –№01029, – pp. 1-5 (DOI: 10.1051/e3sconf/20184101029)
13. Shinkevich, M. V. Variability of rock pressure long he length of the working ace. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi hurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal* – 2020; – №3: – P.24–30. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-24-307
14. Опарин, В. Н., Танайно А. С. Каноническая шкала иерархических представлений в горном породоведении. – Новосибирск: Наука. – 2011. – 259 с.
15. Козырева, Е.Н. Газокинетические следствия нелинейных геомеханических процессов в массиве горных пород на шахтах Кузбасса /Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич, Родин Р.И.// 2–ая Российско–Китайская научная конференция «Нелинейные геомеханико–геодинамические процессы при отработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах» Сборник трудов. – Новосибирск: ИГД СО РАН, – 2012. – С. 267 – 272.
16. Мурашев В.И. Разработка научных основ безопасного ведения горных работ в угольных шахтах на основе исследования геомеханических процессов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук / Мурашев Вячеслав Иванович. — М., 1980. — 35 с.
17. Петухов, И.М. Теория защитных пластов / И.М. Петухов, А.М. Линьков и др. – М.: Недра, 1976. – 224 с.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-57-62

UDS 622.831.3

## CALCULATION OF POWER OF PRESSURE ARCHES ON MECHANIZED LONG FACE SUPPORT

Shinkevich Maksim V<sup>1,2</sup>,

C. Sc. in Engineering., Senior Researcher; Associate Professor, max-valerich@rambler.ru,

<sup>1</sup>Federal Research Center of Coal and Coal chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation

<sup>2</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation



### Article info

Received:

22 October 2021

Revised:

30 November 2021

Accepted:

05 December 2021

**Keywords:** mountain pressure, periodicity, cleaning face, mechanized support, sinusoid

### Abstract.

When excavating coal, processes of rock shifts occur, which, often, have negative consequences and create difficulties for miners. To reduce their negative impact, it is necessary to take into account the regularities of processes arising in the mined rock mass. Knowledge and forecasting of the geomechanical situation, parameters and elements of the processes of shifts caused by the development of the coal seam should be taken into account when designing the excavation section. The purpose of the work is to determine the power of the rock layer exerting pressure on the support. The article presents the results of the construction of the pressure surface during the development of sloping coal seams. To build the pressure surface and its profiles, the Surfer software product was used. The pressure surface is obtained by converting the pressure of the liquid in the posts of the mechanized support into the pressure of rocks and the change in pressure on the lava support during development of the coal bed is shown. An algorithm is proposed to calculate the power of the pressure layer on the lava support, taking into account the wave-like nature of its changes in the length of the column. The capacity of rocks exerting pressure on the support is up to 10 reservoir capacities.

**For citation** Shinkevich M.V. Calculation of power of pressure arches on mechanized long face support. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2021, no.6 (148), pp. 57-62. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-57-62

## REFERENCES

1. Benyavski, 3. Upravlenie gornym davleniem // Per. s angl. M.: Mir, – 1990. – 254 s.
2. Gu, S. Case of rock burst danger and its prediction and prevention in tunneling and mining period at an irregular coal face / S. Gu, B. Jiang, C. Hu, W. Zhang // *Geotechnical and Geological Engineering*. – 2019. – Т. 37. – № 4. – S. 2545-2564.
3. Li, J. Spatio-temporal assessments of rockburst hazard combining b values and seismic tomography / J. Li, S.-Y. Gong, J. He, W. Cai, G.-A. Zhu, C.-B. Wang, T. Chen // *Acta Geophysica*. – 2017. – Т. 65. – № 1. – S.77-88.
4. Zhou, H. Estimation of the effective thermal properties of cracked rocks / H. Zhou, H. Liu, D. Hu, F. Yang, J. Lu, F. Zhang // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2016. – Т. 20. – № 8. – S.954-970.
5. Reuter, M. Zonal disintegration of rocks around breakage headings / M. Reuter, M. Krach, U. Kießling, Y. Veksler

// Journal of Mining Science. – 2015. – Т. 51. – № 2. – S.237-242.

6. Yu, Y. Time fractal behavior of microseismic events for different intensities of immediate rock bursts / Y. Yu, D.-X. Geng, L.-H. Tong, X.-S. Zhao, X.-H. Diao, L.-H. Huang // International Journal of Geomechanics. – 2018. – Т. 18. – № 7. – S. 06018016.

7. Shadrin, A.V. Sovershenstvovanie metodov avtomatizirovannogo prognoza opasnosti proyavleniya dinamicheskikh yavleniy v protsesse razuprochneniya krovli i profilakticheskoy gidroobrabotki ugol'nykh plastov / A.V. Shadrin, V.I. Klishin // Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti. – 2017. – № 3. – S. 31 – 35.

8. Cherdantsev, N. V. Raschet traektorii dvizheniya odinochnoy treshchiny, raspolozhennoy v massive gornyx porod, nagruzhennoy davleniem zhidkosti / N. V. Cherdantsev, A. V. Shadrin // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2017. – № 4. – S. 18 – 26.

9. Prognoz metanovoy opasnosti ugol'nykh shakht pri intensivnoy otrabotke ugol'nykh plastov / N. M. Kachurin, V. I. Klishin, A. M. Borshchevich, A. N. Kachurin // Tula – Kemerovo. – TulGU, – 2013. – 220 s.

10. Portola, V. A. Indirect Negative Influence of Coal Mine Motor Vehicles on the Environment [Electronic resource] / V. A. Portola, E. S. Torosyan, A. S. Kuznetsova // Applied Mechanics and Materials: Scientific Journal. – 2015. – Vol. 770: Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering. – P. 690-694

11. Shadrin, A.V. Geophysical criterion of pre-outburst coal out squeezing from the face space into the working / Shadrin, Y. Diyuk. // International Journal of Mining Science and Technology. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.11.001>

12. Kormin, A.N. Seismological survey of the coal fields based on the applying of the low-power sources of oscillation / A.N. Kormin, O.V. Tailakov, S.V. Sokolov, M.P. Makeev // E3S Web of Conferences Electronic edition, – 2018, – №01029, – pp. 1-5 (DOI: 10.1051/e3sconf/20184101029)

13. Shinkevich, M. V. Variability of rock pressure long he length of the working ace. Izvestiya vysshikh uhebnykh zavedenii. Gomyi hurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal – 2020; – №3: – P.24–30. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-24-307

14. Oparin, V. N., Tanayno A. S. Kanonicheskaya shkala ierarkhicheskikh predstavleniy v gornom porodovedenii. – Novosibirsk: Nauka. – 2011. – 259 s.

15. Kozyreva, E.N. Gazokineticheskie sledstviya nelineynykh geomekhanicheskikh protsessov v massive gornyx porod na shakhtakh Kuzbassa /E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich, Rodin R.I.// 2-aya Rossiysko–Kitayskaya nauchnaya konferentsiya «Nelineynye geomekhaniko–geodinamicheskie protsessy pri otrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh na bol'shikh glubinakh» Sbornik trudov. – Novosibirsk: IGD SO RAN, – 2012. – S. 267 – 272.

16. Murashev V.I. Razrabotka nauchnykh osnov bezopasnogo vedeniya gornyx rabot v ugol'nykh shakhtakh na osnove issledovaniya geomekhanicheskikh protsessov: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. dokt. tekhn. nauk / Murashev Vyacheslav Ivanovich. — M., 1980. — 35 s.

17. Petukhov, I.M. Teoriya zashchitnykh plastov / I.M. Petukhov, A.M. Lin'kov i d.r. – M.: Nedra, 1976. – 224 s.

### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2021 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).