

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ

DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-7-15

A roller press parameter selection method taking account of the briquetted material characteristics

Evgenii A. Shishkin^{1*}, Alena A. Mikheeva¹

¹ Pacific National University, Khabarovsk, Russia

*e-mail: 004655@pnu.edu.ru

Abstract

Introduction. Briquetting is an effective way to improve technological, environmental and economic indicators of waste utilization in various industries. Roller presses hold a special place among the aggregates for briquetting materials, since they are characterized by high reliability and productivity, as well as low energy consumption. It is known that the density of the source material conditions the compression force the press rollers apply to the material to obtain briquettes of the required quality. Thus, a press with given design parameters provides the required quality of briquettes in a certain range of the source material densities. However, there is currently no method for selecting the design parameters of a roller press depending on the density of the material to be briquetted. A discrepancy between the source material density and the roller press parameters can either result in the poor-quality of briquettes due to insufficient power, or in the employment of a press with excess capacity. Both alternatives are unacceptable, so the development of a method for choosing the roller press design parameters, depending on the density of the source material, can be considered relevant.

Research objective is to develop a method for selecting the design parameters of a roller press depending on source material density.

Methods of research. The paper considers the roller press pressing zone showing an increased density of the source material. The boundary of the pressing zone is determined by the pressing angle, which depends on the source material density and press roller radius. To determine the pressing angle value, a laboratory method has been developed, which consists in pressing batches of preheated source material in a special form at different force values. The quality indicators of the obtained briquettes are compared with the standard ones, and a briquette with the required values of quality indicators obtained with the least effort is selected. Then, the briquette density and compaction coefficient are determined by hydrostatic weighing. Based on the results obtained, the pressing angle is calculated. The values of the pressing force and the roller rotation resistance moment are obtained by employing the obtained pressing angle value, given roller press design parameters, as well as the pressed material physical and mechanical characteristics. Taking into account the obtained value of the resistance moment, as well as the specified operating speed of rollers rotation, the drive power required to obtain high-quality briquettes from a given source material is determined. Comparison of the calculated capacity and the nameplate capacity of the press indicates whether the considered roller press model can produce high-quality briquettes from the source material with a given density.

Conclusions. The developed method allows to take into account specific production conditions when choosing a roller press model, and, consequently, reduce the expenditures for pressing equipment. The proposed method can also be used when designing new roller press models when determining rational design parameters of rollers.

Keywords: production waste; briquetting; roller press; pressing angle; density; roller radius; pressing force; drive power.

Introduction. Briquetting is an effective way to improve technological, environmental and economic indicators of waste utilization in various industries [1, 2].

Roller presses (Figure 1) hold a special place among the aggregates for briquetting materials, since they are characterized by high reliability and productivity, as well as low energy consumption [3–5]. Briquettes 4 are produced from source material 1 by compacting it with counter-rotating rollers 2.

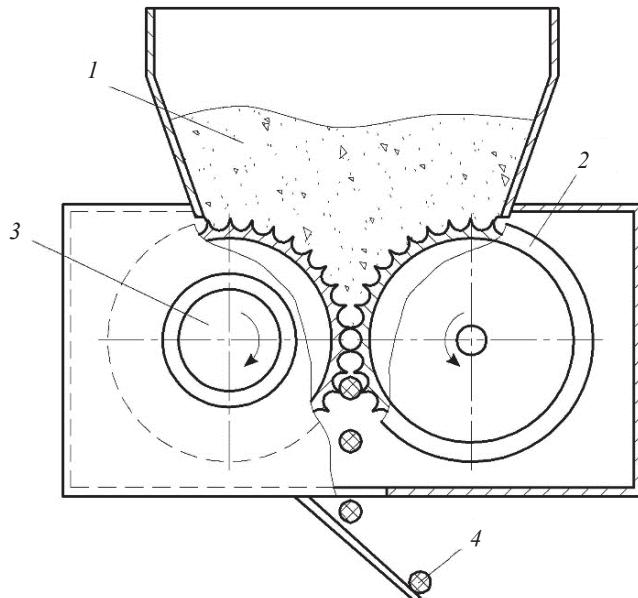


Figure 1. Roller press:
1 – source material; 2 – roller; 3 – drive; 4 – briquette
Рисунок 1. Валковый пресс:
1 – исходный материал; 2 – валок; 3 – привод; 4 – брикет

It is known that the density of the source material conditions the compression force the press rollers apply to the material to obtain briquettes of the required quality [6–8]. Thus, a press with given design parameters provides the required quality of briquettes in a certain range of the source material densities [9, 10]. However, there is currently no method for choosing roller press design parameters depending on the briquetted material density. A discrepancy between the source material density and the roller press parameters can either result in poor-quality briquettes due to insufficient power, or to the employment of a press with excess capacity. Both alternatives are unacceptable, so the development of a method for choosing the roller press design parameters, depending on the density of the source material, can be considered relevant.

Methods of research. Let us consider a certain volume of the source material subject to compression by the press rollers (Figure 2). It is known that a material density increase is observed below the boundary of the pressing zone [11] determined by the pressing angle α_{pr} [12, 13].

The pressing angle (Figure 2) is determined by the following expression [13]:

$$\alpha_{pr} = \arccos \left[1 - \frac{(K_c - 1) H_{br}}{2 R_0} \right], \quad (1)$$

where K_c is the briquette compaction coefficient; R_0 is the circle radius of the dents on the working surface of the rollers, m; H_{br} is the thickness of a briquette, m.

The briquette compaction coefficient is determined by the following expression [13]:

$$K_c = \frac{\rho_{br}}{\rho_{bulk}}, \quad (2)$$

where ρ_{br} is the density of a briquette, kg/m^3 ; ρ_{bulk} is the density of the source material, kg/m^3 .

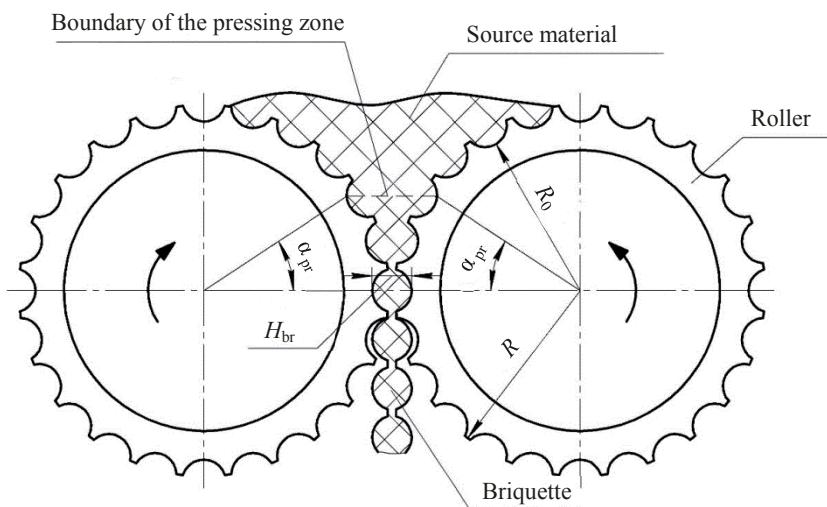


Figure 2. Roller press operation diagram
Рисунок 2. Схема работы валкового пресса

The circle radius of dents on the working surface of the rollers according to Figure 2 is defined by the following expression:

$$R_0 = R - \frac{H_{br}}{2}, \quad (3)$$

where R is the circle radius of humps in the working surface of the rollers, m.

Considering (2) and (3), expression (1) takes the following form

$$\alpha_{pr} = \arccos \left[1 - \frac{(\rho_{br}/\rho_{bulk} - 1)H_{br}}{2R - H_{br}} \right]. \quad (4)$$

Analysis of equation (4) shows that the value of α_{pr} determines the maximum density of a briquette at given parameters of the press [14].

To determine the value of α_{pr} , laboratory tests of the source material are carried out. Figure 3 shows the layout of a test setup used in this research. The test setup can change the strain rate and record the “force–strain” diagram.

The scheme of a test form is shown in Figure 4. Fine coal was used as the source material. A batch of the source material preheated in a dewatering box [15] is fed in

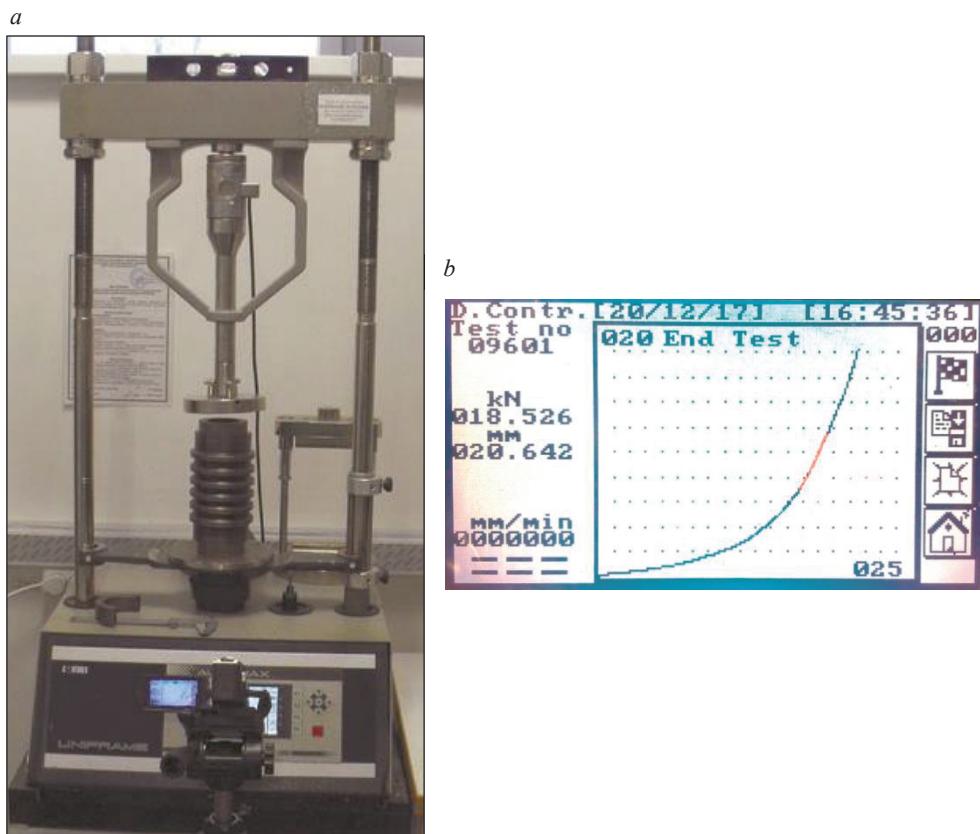


Figure 3. Test scheme:

a – general view of the test setup; b – “force–deformation” diagram

Рисунок 3. Схема испытаний:

a – общий вид испытательной установки; b – диаграмма «усилие–деформация»

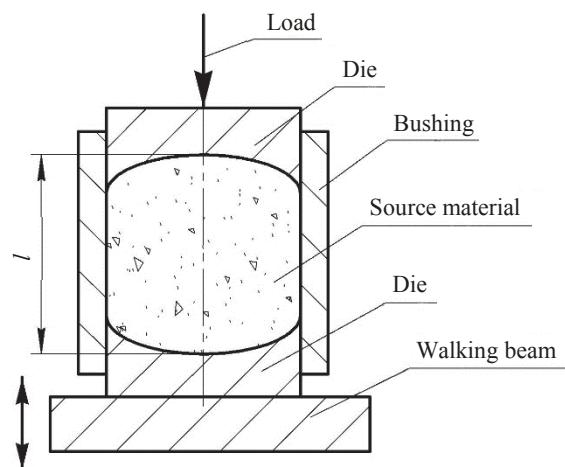


Figure 4. Diagram of the test form

Рисунок 4. Схема испытательной формы

a cylinder bushing between two dies. The dies shape coincides with the shape of the roller working surface in a roller press.

Laboratory tests involve a series of tests using batches of material of various masses (Figure 5). The minimum batch of the source material is determined according to the given briquette geometry

$$m_{\min} = \rho_{\text{bulk}} V_{\text{br}}, \quad (5)$$

where V_{br} is the volume of the briquette, m^3 .

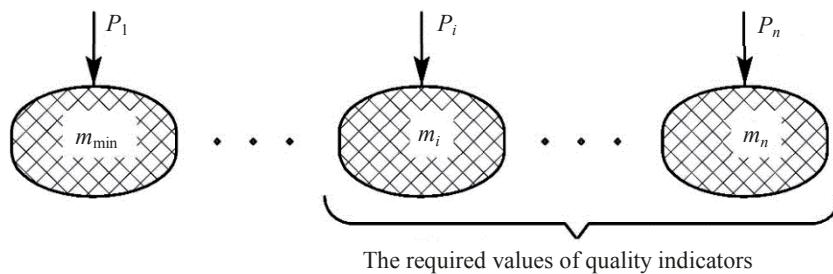


Figure 5. Series of uniaxial compression tests of specimens of different masses
Рисунок 5. Серия испытаний образцов разной массы на одноосное сжатие

The batches with mass m_{\min} , m_2 , ..., m_n are compressed up to the value l equal to the given briquette thickness H_{br} .

After compression, the density of briquettes ρ_{br} is determined by the hydrostatic method (Figure 6). The design density is the density of the i -th briquette $\rho_{\text{br},i}$ with the required values of quality indicators [16, 17], obtained under the minimum force P_i . The compaction coefficient of the i -th briquette K_c is calculated according to (2).

Using (3), from the outer circle radius of the humps on the working surface of the rollers R known for a given roller press model, the circle radius of dents on the working surface of the rollers R_0 is calculated. Then according to (1), the value of the pressing angle α_{pr} is determined.

The values of the pressing force and the roller rotation resistance moment are obtained using the obtained value of the pressing angle, the design parameters of a given roller press, as well as the physical and mechanical characteristics of the pressed material, according to [18]. The press drive power P_{required} , kW, required to obtain high-quality briquettes from a given source material is determined taking account of the obtained value of the resistance moment and rollers specified operating speed. The possibility



Figure 6. Installation of hydrostatic weighing
Рисунок 6. Установка гидростатического взвешивания

of obtaining briquettes of the required quality using a given roller press model is estimated by the condition

$$P_{\text{nameplate}} \geq P_{\text{required}}, \quad (6)$$

where $P_{\text{nameplate}}$ is the nameplate capacity of the roller press, kW.

If condition (6) is met, then the roller press model under consideration ensures the quality of briquettes made of a given source material.

Conclusions. The developed method makes it possible to consider specific production conditions when choosing a roller press model and, consequently, to reduce the expenditures for press equipment.

The proposed method can also be used when designing new models of roller presses to determine the rational design parameters of the rollers.

REFERENCES

1. Nazimko E. I., Korchevskii A. N., Zviagintseva N. A., Kholodov K. A. Briquetting of iron-containing wastes of the metallurgical industry as a method of rational nature management. *Monitoring. Nauka i tekhnologii = Monitoring. Science and Technologies*. 2019; 4(42): 62–67. (In Russ.) Available from: doi: 10.25714/MNT.2019.42.009
2. Nikishanin M. S., Zagrudinov R. Sh., Senachin P. K. Briquetting of local fuels and waste for energy supply systems in rural areas. *Polzunovskii vestnik = Polzunov Bulletin*. 2016; 1: 88–95. (In Russ.)
3. Sevostianov M. V. Theory and practice of briquetting of polydisperse materials and production waste in press-roller installations. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova = Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*. 2020; 9: 89–96. (In Russ.)
4. Janewicz A. Badania porównawcze brykietowania w nowych asymetrycznych układach zagęszczania pras walcowych. *Przemysł Chemiczny*. 2018; 1: 169–172. Available from: doi: 10.15199/62.2018.8.25
5. Bembeneck M. Badania i perspektywy nowych obszarów stosowania pras walcowych. *Przemysł Chemiczny*. 2017; 1: 39–41. Available from: doi: 10.15199/62.2017.9.3
6. Loginov Iu. N., Babailov N. A., Polianskii L. I. Effect of pre-pressing pressure on distribution of metallurgical briquette density at roller pressing. *Metallurg = Metallurgist*. 2017; 10: 22–24. (In Russ.)
7. Bayul K. V. Effect of the geometrical parameters of roller press forming elements on the briquetting process: Analytical study. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2012; 51; 3–4: 157–164. Available from: doi: 10.1007/s11106-012-9411-8
8. Polianskii L. I., Babailov N. A., Loginov Iu. N. Density distribution along the briquette obtained in the roller briquetting press. *Innovationsnaia nauka = Innovation Science*. 2015; 2; 5(5): 128–131. (In Russ.)
9. Wilczyński D., Berdychowski M., Talaśka K., Wojtkowiak D. Experimental and numerical analysis of the effect of compaction conditions on briquette properties. *Fuel*. 2020; 288: 119613. Available from: doi: 10.1016/j.fuel.2020.119613
10. Bembeneck M. Modeling of loads in the drive system of a roller press on an example of a press for briquetting brown coal. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2018; 84. Available from: doi: 10.20535/2521-1943.2018.84.150889
11. Noskov V. A. The mechanism of formation of the deformation focus during briquetting of fine-fraction charges in roller presses. *Metallurgicheskaiia i gornorudnaia promyshlennost = Metallurgical and Mining Industry*. 1998; 2: 137–139. (In Russ.)
12. Babailov N. A., Loginov Iu. N., Polianskii L. I. Determination of the angle of bite during roller briquetting of finely dispersed materials. *Chernye metally = Ferrous Metals*. 2020; 2: 52–56. (In Russ.)
13. Bayul K. V. Synthesis of a rational design of a roller press for the production of composite solid fuel. *Problemy regionalnoi energetiki = Problems of Regional Energetics*. 2019; 2(43): 103–116. (In Russ.) Available from: doi: 10.5281/zenodo.3367048
14. Noskov V. A., Bayul K. V. Investigation of the stress-strain state of fine-fraction charges during their briquetting. In: *Fundamental and Applied Problems of Ferrous Metallurgy: Collection of Studies*. 2006; 13: 271–280. (In Russ.)
15. Arinova S. K., Sarkenov B. B., Ashkeev Zh. A. Study on the technology of coal briquettes producing with given physical and mechanical characteristics under laboratory conditions. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii = Modern Scientific Research and Innovation*. 2015; 5–1(49): 127–133. (In Russ.)
16. Khakimov A. A., Vokhidova N. Kh. K. Determination quality of coal briquette. *Universum: khimiia i biologiya = Universum: Chemistry and Biology*. 2021; 5–2 (83): 40–44. (In Russ.)
17. Ajimotokan H., Ehindero A., Kabiru S. A., Adeleke A., Ikuwanni P., Shuaib-Babata Y. Combustion characteristics of fuel briquettes made from charcoal particles and sawdust agglomerates. *Scientific African*. 2019; 6. Available from: doi: 10.1016/j.sciaf.2019.e00202

18. Dorofeev O. A., Shishkin E. A., Serebrennikov A. A., Abramakov D. E. Theoretical justification of the roller press force parameters. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2021; 5: 87–98. Available from: doi: 10.21440/0536-1028-2021-5-87-98

Received 20 December 2021

Information about the authors:

Evgenii A. Shishkin – PhD (Engineering), assistant professor of the Department of Transport and Technological Systems in Construction and Mining, Pacific National University. E-mail: 004655@pnu.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4387-0228>

Alena A. Mikheeva – student, Department of Transport and Technological Systems in Construction and Mining, Pacific National University. E-mail: 2018102154@pnu.edu.ru

УДК 622.788.32

DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-7-15

Методика выбора параметров валкового пресса, учитывающая характеристики брикетируемого материала

Шишкин Е. А.¹, Михеева А. А.¹

¹ Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия.

Реферат

Введение. Брикетирование является эффективным способом улучшения технологических, экологических и экономических показателей использования отходов различных производств. Особое место среди агрегатов для брикетирования материалов занимают валковые прессы, характеризующиеся высокой надежностью и производительностью, а также низким энергопотреблением. Известно, что от плотности исходного материала зависит усилие сжатия материала валками пресса для получения брикетов требуемого качества. Таким образом, пресс с заданными конструктивными параметрами обеспечивает требуемое качество брикетов в определенном диапазоне плотности исходного материала. Однако в настоящее время отсутствует методика выбора конструктивных параметров валкового пресса в зависимости от плотности материала, подлежащего брикетированию. Несоответствие плотности исходного материала параметрам используемого валкового пресса может привести либо к получению некачественных брикетов по причине недостаточной мощности, либо к использованию пресса с избыточной мощностью. Оба варианта являются недопустимыми, поэтому задачу разработки методики выбора конструктивных параметров валкового пресса в зависимости от плотности исходного материала можно считать актуальной.

Цель работы. Разработка методики выбора конструктивных параметров валкового пресса в зависимости от плотности исходного материала.

Методология. Рассмотрена зона прессования валкового пресса, в которой наблюдается рост плотности исходного материала. Граница зоны прессования определяется углом прессования, который зависит от плотности исходного материала и радиуса валка пресса. Для определения значения угла прессования разработана лабораторная методика, заключающаяся в прессовании порций предварительно нагретого исходного материала в специальной форме при различных значениях усилия. Показатели качества полученных брикетов сравниваются с нормативными и выбирается брикет с требуемыми значениями показателей качества, полученный при наименьшем усилии. Далее методом гидростатического взвешивания определяется плотность и коэффициент уплотнения брикета. На основе полученных результатов вычисляется угол прессования. Используя полученное значение угла прессования, конструктивные параметры заданного валкового пресса, а также физико-механические характеристики прессуемого материала, получают значения усилия прессования и момента сопротивления вращению валка. С учетом

полученной величины момента сопротивления, а также заданной рабочей частоты вращения валков определяют мощность привода, требуемую для получения качественных брикетов из заданного исходного материала. Сравнение расчетной мощности с паспортной мощностью пресса позволяет судить о возможности получения качественных брикетов рассматриваемой моделью валкового пресса из исходного материала с заданной плотностью.

Выходы. Разработанная методика позволяет учитывать конкретные условия производства при выборе модели валкового пресса и, следовательно, снижать затраты на покупку прессового оборудования. Также предлагаемая методика может быть использована при проектировании новых моделей валковых прессов для определения рациональных конструктивных параметров валков.

Ключевые слова: отходы производства; брикетирование; валковый пресс; угол прессования; плотность; радиус валка; усилие прессования; мощность привода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Назимко Е. И., Корчевский А. Н., Звягинцева Н. А., Холодов К. А. Брикетирование железосодержащих отходов металлургической промышленности как метод рационального природопользования // Мониторинг. Наука и технологии. 2019. № 4(42). С. 62–67. DOI: 10.25714/MNT.2019.42.009
- Никишанин М. С., Загрутдинов Р. Ш., Сеначин П. К. Брикетирование местных топлив и отходов для систем энергообеспечения в сельской местности // Ползуновский вестник. 2016. № 1. С. 88–95.
- Севостьянов М. В. Теория и практика брикетирования полидисперсных материалов и отходов производства в пресс-валковых агрегатах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2020. № 9. С. 89–96.
- Janewicz A. Badania porównawcze brykietowania w nowych asymetrycznych układach zagęszczania pras walcowych // Przemysł chemiczny. 2018. N. 1. S. 169–172. DOI: 10.15199/62.2018.8.25
- Bembenek M. Badania i perspektywy nowych obszarów stosowania pras walcowych // Przemysł chemiczny. 2017. N. 1. S. 39–41. DOI: 10.15199/62.2017.9.3
- Логинов Ю. Н., Бабайлов Н. А., Полянский Л. И. Влияние давления подпрессовки на распределение плотности металлургического брикета при валковом прессовании // Металлург. 2017. № 10. С. 22–24.
- Bayul K. V. Effect of the geometrical parameters of roll press forming elements on the briquetting process: analytical study // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 2012. Vol. 51. No. 3–4. P. 157–164. DOI: 10.1007/s11106-012-9411-8
- Полянский Л. И., Бабайлов Н. А., Логинов Ю. Н. Распределение плотности по длине брикета, полученного валковым брикетированием // Инновационная наука. 2015. Т. 2. № 5(5). С. 128–131.
- Wilczyński D., Berdychowski M., Talańska K., Wojtkowiak D. Experimental and numerical analysis of the effect of compaction conditions on briquette properties // Fuel. 2020. Vol. 288. P. 119613. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.119613
- Bembenek M. Modeling of loads in the drive system of a roller press on an example of a press for briquetting brown coal // Mechanics and Advanced Technologies. 2018. Vol. 84. DOI: 10.20535/2521-1943.2018.84.150889
- Носков В. А. Механизм формирования очага деформации при брикетировании мелкофракционных шихт в валковых прессах // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1998. № 2. С. 137–139.
- Бабайлов Н. А., Логинов Ю. Н., Полянский Л. И. Определение приведенного угла захвата при валковом брикетировании мелкодисперсных материалов // Черные металлы. 2020. № 2. С. 52–56.
- Баюл К. В. Синтез рациональной конструкции валкового пресса для производства композитного твердого топлива // Проблемы региональной энергетики. 2019. № 2(43). С. 103–116. DOI: 10.5281/zenodo.3367048
- Носков В. А., Баюл К. В. Исследование напряженно-деформированного состояния мелкофракционных шихт при их брикетировании // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. тр. 2006. Вып. 13. С. 271–280.
- Аринова С. К., Саркенов Б. Б., Ашкеев Ж. А. Исследование технологии получения угольных брикетов с заданными физико-механическими характеристиками в лабораторных условиях // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 5-1(49). С. 127–133.
- Хакимов А. А., Вохидова Н. Х. К. Определение показателей качества угольного брикета // Universum: химия и биология. 2021. № 5(83). С. 40–44.
- Ajimotokan H., Ehindero A., Kabiru S. A., Adeleke A., Ikubanni P., Shuaib-Babata Y. Combustion characteristics of fuel briquettes made from charcoal particles and sawdust agglomerates // Scientific African. 2019. Vol. 6. DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00202
- Dorofeev O. A., Shishkin E. A., Serebrennikov A. A., Abramenkov D. E. Theoretical justification of the roller press force parameters // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal. 2021. No. 5. P. 87–98. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-5-87-98

Поступила в редакцию 20 декабря 2021 года

Сведения об авторах:

Шишкин Евгений Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических систем в строительстве и горном деле Тихоокеанского государственного университета. E-mail: 004655@pnu.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4387-0228>

Михеева Алена Ариандовна – студентка кафедры транспортно-технологических систем в строительстве и горном деле Тихоокеанского государственного университета. E-mail: 2018102154@pnu.edu.ru

Для цитирования: Шишкин Е. А., Михеева А. А. Методика выбора параметров валкового пресса, учитывающая характеристики брикетируемого материала // Известия вузов. Горный журнал. 2022. № 3. С. 7–15 (In Eng.). DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-7-15

For citation: Shishkin E. A., Mikheeva A. A. A roller press parameter selection method taking account of the briquetted material characteristics. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering.* 2022; 3: 7–15. DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-7-15