

DOI: 10.12737/article_5b6d5874452b89.61175362

*Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,
Романович М.А., канд. эконом. наук, доц.,
Чеховской Е.И., аспирант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ УСИЛИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ДВИЖЕНИЯ СЛАНЦЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРЕСС-ВАЛКОВОМ АГРЕГАТЕ

В статье приводится описание технического решения проблемы, получения кубовидного щебня за счет разработки агрегата, совмещающего в себя процессы направленной подачи кусков горной породы к рабочим органам и силовом воздействии с определенным шагом в направлении наибольшей оси куска сланцевой породы. Дается описание устройства и принципа работы пресс-валкового агрегата для получения кубовидного щебня, включает в себя устройство для направленной подачи, рабочие органы в виде зубчатых валков, установленные на раме. Для создания направленного движения сланцевых кусков материала, имеющих продолговатую форму, в бункере подвижно закреплены направляющие ролики. Представлена методика расчета усилия, затрачиваемого на измельчение сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате с целью получения кубовидного щебня.

Ключевые слова: *пресс-валковый агрегат, усилия разрушения, кубовидный щебень.*

Введение: При разработке горных пород с целью получения обогащенного продукта в отвал уходит огромное количество материала, который накапливается в отвалах. Большую часть таких материалов занимают сланцевые породы, которые имеют вытянутую форму и слоистую структуру. Все возрастающая потребность в щебеночных материалах привела к расширению сырьевой базы в дорожном строительстве и использованию сланцевых материалов. Однако измельчение сланцевых горных пород в существующих дробильных агрегатах не позволяет получать щебень кубовидной формы. Использование щебня с размерами, значительно отличающимися от кубовидной формы, снижает срок службы дорожного полотна в 2–2,5 раза и повышает расход связующих материалов – цемента и битума. Прочность бетонных конструкций при этом снижается на 10–15 % при одновременном увеличении расхода цемента на 7–12 % и на 3–5 % водопотребности бетонной смеси. Все это требует создания нового или модернизации существующего оборудования, которое позволит осуществить направленную подачу сланцевых материалов к рабочим органам агрегата и создавать силовое воздействие в заданном направлении [1].

Методология: Рациональное решение данной проблемы заключается в разработке и создании агрегата, совмещающего в себя процессы направленной подачи кусков горной породы к рабочим органам и силовом воздействии с определенным шагом в направлении наибольшей оси куска сланцевой породы.

Основная часть. С учетом полученных результатов исследования нами разработана опытная конструкция пресс-валкового агрегата с

устройством для направленной подачи сланцевых кусков вдоль их большей оси к рабочим органам агрегата, что позволяет осуществить силовое воздействие и получить щебень кубовидной формы (рис. 1).

Пресс-валковый агрегат включает в себя устройство для направленной подачи 1, рабочие органы в виде зубчатых валков 2, которые установлены на раме 3. Для создания направленного движения сланцевых кусков материала, имеющих продолговатую форму, в бункере подвижно закреплены направляющие ролики. Зубчатые валки вращаются навстречу и имеют на своей поверхности зубья, установленные с определенным шагом [2–3].

Агрегат для измельчения материалов работает следующим образом. В загрузочный бункер подается исходный сланцевый материал, который захватывается валками, между которыми осуществляется его поворот в направлении наибольшей его оси и осуществляется подача к зубчатому валку. Войдя в межвалковое пространство куски материала захватываются и разрушаются между зубьями, установленными с определенным шагом на рабочей поверхности валков. В результате чего получается щебень, имеющий кубовидную форму (рис. 3) [4–5].

Однако на создание направленной подачи сланцевых материалов к рабочим органам агрегата затрачивается мощность, а отсутствие методики расчета её величины тормозит внедрение данной конструкции в производство. Величина усилия предуплотнения оказывает существенное влияние не только на энергетические показатели процесса измельчения, но и на конструктивное исполнение агрегата и во многом определяется положением валика в бункере. Поэтому с целью

определения рационального усилия, требуемого на равномерное распределение по ширине и уплотнение сланцевых материалов в валковом а)

устройстве, рассмотрим схему, представленную на рис. 2

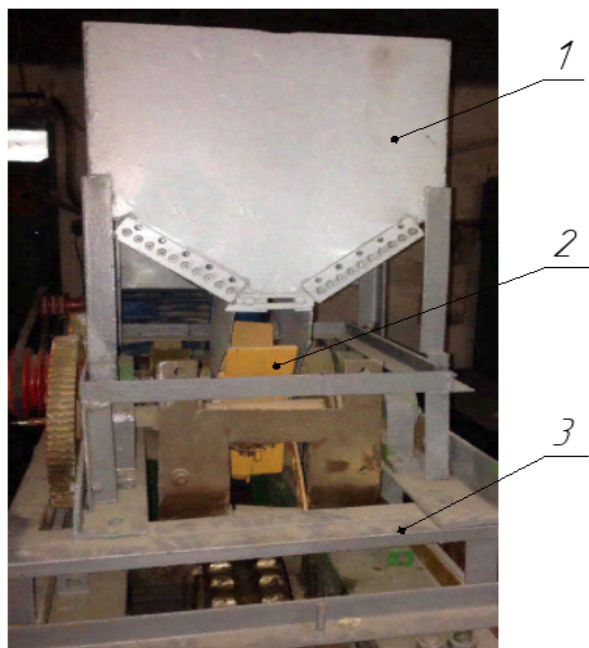


Рис. 1. Агрегат для получения кубовидного щебня с устройством для направленной подачи сланцевых материалов: а – вид на загрузочное устройство; б – вид на зубчатые валки

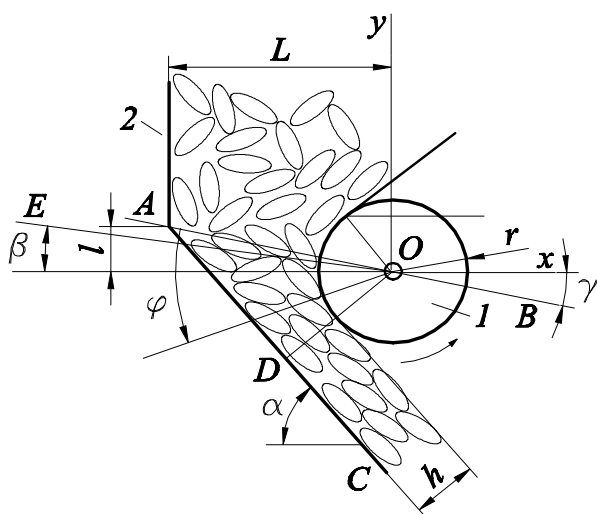


Рис. 2. Расчетная схема механизма уплотнения.

Рис. 3. Материал после измельчения

От положения роликов 1 устройства для направленной подачи в бункере 2 в значительной мере зависят усилия предуплотнения, поэтому его положение примем через смещение его центра по горизонтали – L и вертикали – l , а величину угла наклона стенки бункера α , угол захвата материала – через β . [6].

где угол γ (угол наклона прямой AOB к горизонтали) находится из соотношения $\text{tg } \gamma = \frac{l}{L}$.

Толщина слоя материала h "на выходе" (вдоль луча OD) может быть рассчитана по формуле:

Процесс уплотнения начинается с момента попадания частиц материала на линию OE . Полагая, что сила воздействия ролика прямо пропорциональна величине уплотнения материала, определим величину уплотнения по мере перемещения материала.

$$h = \sqrt{L^2 + l^2} \sin(\alpha - \gamma) - r, \quad (1)$$

Уравнение прямой OE в полярных координатах ρ, φ (угол φ отсчитывается от прямой OA), имеет вид:

$$\rho \cos(\varphi - \theta) = p, \quad (2)$$

где параметры θ, p определяются формулами,

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \gamma, \quad p = h + r. \quad (3)$$

$$\Delta \rho(\varphi) = \frac{4(h+r) \cos\left(\alpha - \gamma + \frac{\varphi + \beta}{2}\right) \sin\left(\frac{\varphi - \beta}{2}\right)}{(\cos(\varphi - \beta) - \cos(2(\alpha - \gamma) + \varphi + \beta))}. \quad (5)$$

Построим зависимости $\Delta \rho(\varphi)$ от высоты l движения точки A при $\alpha = 50^\circ, \beta = 17^\circ, L = 55$ см, $r = 20$ см, задавшись коэффициентом уплотнения, соответственно, равным 1,19; 1,24; 1,29 и 1,35 (рис.4).

Ролик зоне уплотнения воспринимает распределенную нагрузку q (q – сила, действующая на единицу его рабочей поверхности, Н/м²) [7–8].

Исходя из выше сказанного величину усилия воздействия ролика на слой материала, определим по уравнению:

$$F = \iint_S q ds, \quad (6)$$

где S – величина площади контакта рабочей поверхности ролика с уплотняемым материалом.

При уплотнении материала (без его разрушения его частиц), изменение величины распределенного усилия пропорциональна величине изменения радиальной составляющей $\Delta \rho$ (рис. 5).

Таким образом, интенсивность изменения q можно записать в виде уравнения:

$$q = \mu \Delta \rho, \quad (7)$$

где μ – коэффициент, учитывающий свойства уплотняемого материала (грансостав, форму и и др.), Н/м³. Физическая интерпретация коэффициента μ состоит в следующем: это величина силы, которую надо приложить для уменьшения на единицу объема материала.

Исходя из предположения о том, усилия уплотнения равномерно распределены вдоль рабочей поверхности ролика, получим:

$$dF = \mu \Delta \rho ds, \quad (8)$$

где ds – элемент поверхности вала, определяется формулой $ds = r d\varphi db$, db – линейный

Изменение радиальной составляющей в зависимости от угла φ определяется по уравнению:

$$\Delta \rho(\varphi) = \rho(\beta) - \rho(\varphi), \quad (4)$$

где $\varphi \geq \beta$.

После ряда преобразований получим:

элемент длины вдоль образующей поверхности вала.

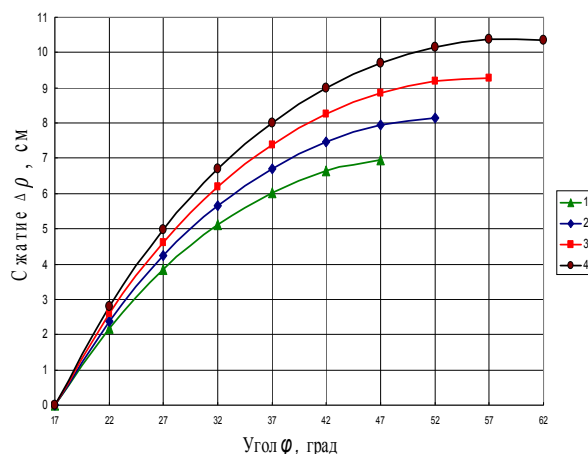


Рис. 4. Величина сжатия материала в зависимости от величины угла φ : 1 – $l=10$ см; 2 – $l=13$ см; 3 – $l=16$ см; 4 – $l=19$ см

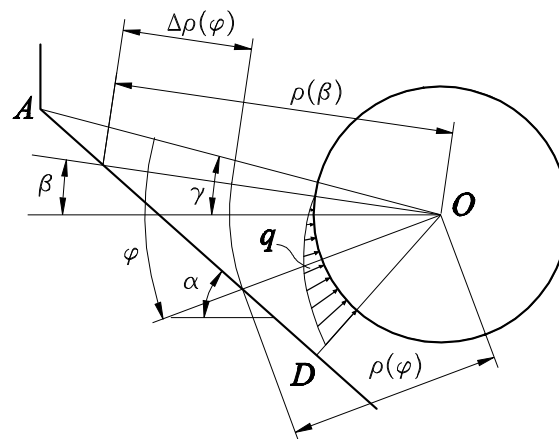


Рис. 5. Схема к расчету интенсивности распределенной нагрузки q

Таким образом, формула для вычисления силы воздействия вала на материал определяется формулой

$$F = \iint_{(S)} \mu \Delta \rho r d\varphi db = \mu r b (h+r) \int_{\beta}^{\varphi_{\max}} \left(\frac{h+r}{\sin(\alpha - \gamma + \beta)} - \frac{h+r}{\sin(\alpha - \gamma + \varphi)} \right) d\varphi, \quad (9)$$

где b – длина ролика, φ_{\max} – максимальная величина угла φ .

Тогда в соответствии с расчетной схемой рис. 2, имеем $\varphi_{\max} = \angle AOD = \frac{\pi}{2} - \alpha + \gamma$.

С целью решения интегрального уравнения (9) сделаем замену $\xi = \alpha - \gamma + \varphi$, тогда

$$F = \mu r b (h + r) \left(\frac{\pi/2 - \psi}{\sin(\psi)} + \ln \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \right), \quad (10)$$

где $\psi = \alpha - \gamma + \beta$.

Учитывая что, величина параметра μ зависит от свойств уплотняемого материала, то величина его значение определялась в результате эксперимента.

На рис. 6 приведена зависимость коэффициента уплотнения k от величины удельного усилия q , полученная экспериментальным путем.

С целью применения результатов эксперимента для определения параметра μ , уравнение для k представим в следующем виде:

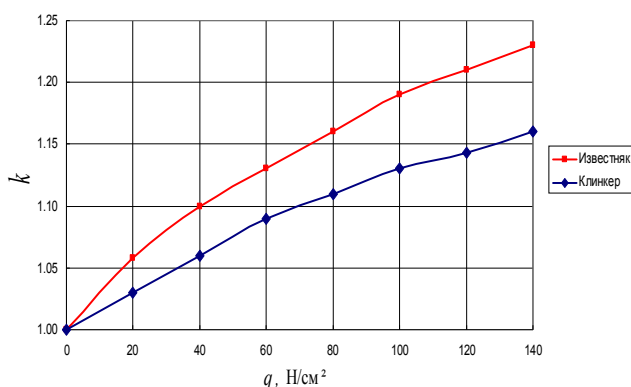


Рис. 6. Зависимость коэффициента уплотнения k от удельной нагрузки q

При получении уравнения (10) принимаем параметр μ величиной неизменной. Принимая во внимание, что величина ρ зависит от изменении угла φ в заданных пределах от $\varphi = \beta$ до $\varphi = \varphi_{\max}$ сравнительно не велико, то уравнение примет следующий вид:

$$\mu = \frac{a}{\rho_{\text{ср}} - r}, \quad (16)$$

где

$$k = \frac{\rho(\beta) - r}{\rho(\varphi) - r}. \quad (11)$$

или

$$k - 1 = \frac{\Delta \rho}{\rho(\varphi) - r}. \quad (12)$$

Согласно данным, полученных в результате эксперимента (рис. 6), сделаем преобразования и представим в виде графической зависимости (рис. 7).

Сделав аппроксимацию полученных кривых зависимостей q от k и приведя их к линейным (на рис. 7 показаны пунктиром), получим уравнение следующего вида:

$$q = a(k - 1), \quad (13)$$

где $a_{\text{изв}} = 545 \text{ Н/см}^2$, $a_{\text{клин}} = 754 \text{ Н/см}^2$.

Окончательно для q и μ находим:

$$q = \frac{a}{\rho(\varphi) - r} \Delta \rho, \quad (14)$$

$$\mu = \frac{a}{\rho(\varphi) - r}. \quad (15)$$

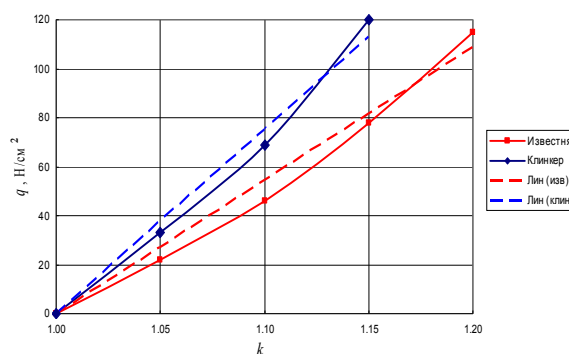


Рис. 7. Зависимость удельной нагрузки q от коэффициента уплотнения k

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho(\beta) - (h + r)}{2}. \quad (17)$$

На рисунке 8, 9, в качестве иллюстрации, представлены результаты вычислений по уравнению (10) силы воздействия валика на уплотняемый материал при изменении угла наклона стенки бункера α , радиуса валика r и смещения центра валика по вертикали l при $\beta = 17^\circ$, $l = 5 \text{ см}$, $L = 50 \text{ см}$, $r = 20 \text{ см}$, $b = 50 \text{ см}$, $a = 545 \text{ Н/см}^2$ (известняк).

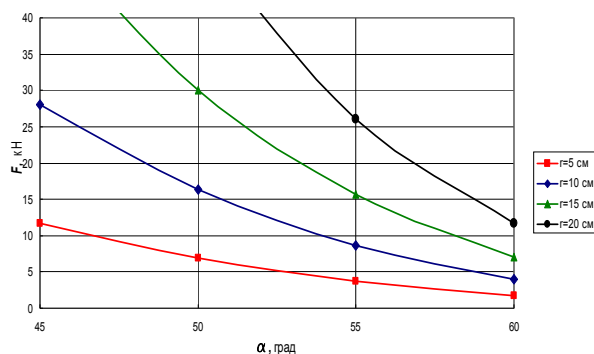


Рис. 8. Зависимость силы F от угла α для различных значений r

Заключение. Таким образом, проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили получить аналитическое выражение для расчета усилия, создаваемого роликами, необходимого для предуплотнения и создания направленной подачи сланцевых материалов к зубчатым валкам агрегата. Зная требуемые усилия на осуществление предуплотнения сланцевых материалов для создания их направленной подачи по известным уравнениям определяем необходимую мощность. Применение валкового устройства перед подачей материалов к валкам ПВИ позволяет не только создать направленную подачу сланцевых материалов, и предуплотнить и равномерно распределить их по ширине рабочих органов агрегата, что приводит к более равномерному их износу и, следовательно, долговечности [9–11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Romanovich L.G., Romanovich M.A., Vybornova V.V., Riapukhina V.N. Small businesses is a sphere of innovation in the age of globalization // Journal of Applied Engineering Science. 2014. Т. 12. № 4. С. 297–301.
- Romanovich L.G., Sevostyanov V.V., Romanovich M.A., Arkatov A.Y. Innovation activity and technology transfer of higher education // Journal of Applied Engineering Science. 2014. Т. 12. № 4. С. 273–276.
- Верич Е.Д., Егошин Ю.С. Новый тип мельниц и их управление // Горные машины и автоматика. 2005. № 1. С. 41–56.
- Гзогян Т.Н., Губин С.Л. Совершенствование технологии дробления руд на Михайловском

Информация об авторах

Романович Алексей Алексеевич, доктор технических наук, профессор, доцент, заведующий кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

E-mail: romanovich.aa@bstu.ru; AlexejRom@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

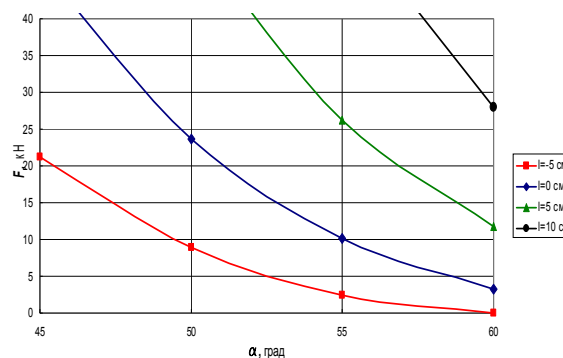


Рис. 9. Зависимость силы F от угла α для различных значений l

ГОКе. Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу // Черная металлургия: Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2002. № 7. С. 25–26.

5. Егошин Ю.С., Лобинский А.В. Новый век - новый тип мельниц мельница барабанно – валковая // Сборник научных статей современная наука. 2010. №3(5). С.73–76.

6. Матвейков С.В., Белобров Ю.Н. Валковый пресс измельчитель // Горная промышленность. 1998. № 2. С. 28–29.

7. Romanovich A.A, Romanovich M.A. Enhancement of operating efficiency of grinding equipment. Advances in Engineering Research // Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2017). 2017. Т. 133. С. 677–682.

8. Romanovich A.A. Performance review and principal directions for development of a grinding equipment in cement factory // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 2367–2370.

9. Romanovich A.A, Glagolev S.N., Romanovich M.A. Technology for the production of nanomaterial with the use of traditional grinding equipment // International Journal of Pharmacy & Technology. 2016. Т. 8. №4. С.25007–25014.

10. Носов О.А., Носова Е.В., Хабарова Н.В. Адаптивный привод прецизионной машины // Автоматизация и современные технологии. Изд-во: Машиностроение. 2007. №3. С. 7–11.

11. Носов О.А., Васечкин М.А., Стоянова Н.В. Выбор режимов функционирования технических систем // Автоматизация и современные технологии. 2012. №4. С.6–11.

Романович Марина Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент.

E-mail: romanovich.ma@bstu.ru; bel31rm@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чеховской Евгений Игоревич, аспирант кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в мае 2018 г.

© Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И., 2018

A.A. Romanovich, M.A. Romanovich, E.I. Chehovskoy
CALCULATION OF EFFORT NECESSARY FOR CREATING A DIRECTED
MOVEMENT OF SLANGE MATERIALS IN THE PRESS-VALVE UNIT

The article describes the technical solution of the problem, obtaining cube-shaped crushed stone by developing an aggregate that combines the processes of directed feeding of pieces of rock to the working bodies and force action with a certain step in the direction of the largest axis of the slate rock. The description of the device and the principle of operation of the press roller unit for the production of cubical crushed stone, includes a device for directional feeding, working parts in the form of gear rolls mounted on the frame. To create a directed movement of slate pieces of material having an elongated shape, the guide rollers are fixed in the hopper. A technique is presented for calculating the effort expended on grinding shale materials in a press roll aggregate in order to obtain cube-shaped rubble.

Keywords: *press roll aggregate, power consumption, cuboids crushed stone.*

REFERENCES

1. Romanovich L.G., Romanovich M.A., Vybornova V.V., Riapukhina V.N. Small businesses is a sphere of innovation in the age of globalization. *Journal of Applied Engineering Science*, 2014, T. 12, no. 4, pp. 297–301.
2. Romanovich L.G., Sevostyanov V.V., Romanovich M.A., Arkatov A.Y. Innovation activity and technology transfer of higher education. *Journal of Applied Engineering Science*, 2014, T. 12, no. 4, pp. 273–276.
3. Verich E.D., Egoshin YU.S. New type of mills and their management. *Mining machines and automatic equipment*, 2005, no. 1, pp. 41–56.
4. Gzogyan T. N., Gubin S. L. Improvement of technology of crushing of ores on Mikhaylovsk GOKE. Preparation of raw materials for metallurgical repartition. *Ferrous metallurgy: Bulletin of scientific and technical and economic information*, 2002, no. 7, pp. 25–26.
5. Egoshin YU.S., Lobinskij A.V. New century - new type of mills a mill barabanno – roll. *Collection of scientific articles modern science*, 2010, no. 3(5), pp. 73–76.
6. Matvejkov S.V., Belobrov Yu.N. Roll press grinder // *Mining industry*, 1998, no. 2, pp. 28–29.
7. Romanovich A.A, Romanovich M.A. Enhancement of operating efficiency of grinding equipment. *Advances in Engineering Research. Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2017)*, 2017, vol. 133, pp. 677–682.
8. Romanovich A.A. Performance review and principal directions for development of a grinding equipment in cement factory. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2014, vol. 9, no. 11, pp. 2367–2370.
9. Romanovich A.A, Glagolev S.N., Romanovich M.A. Technology for the production of nanomaterial with the use of traditional grinding equipment. *International Journal of Pharmacy & Technology*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 25007–25014.
10. Nosov O.A., Nosova E.V., Habarova N.V. Adaptive drive of the precision car. *Automation and modern technologies. Publishing house: Mechanical engineering*, 2007, no. 3, pp. 7–11.
11. Nosov O.A., Vasechkin M.A., Stoyanova N.V. Choice of the modes of functioning of technical systems. *Automation and modern technologies*, 2012, no. 4, pp. 6–11.

Information about the author

Alexey A. Romanovich, DSc, Professor.

E-mail: AlexejRom@yandex.ru

Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Marina A. Romanovich, PhD, Assistant professor.

E-mail: bel31rm@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Evgeny I. Chehovskoy, Postgraduate student.

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in May 2018

Для цитирования:

Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И. Расчет усилия, необходимого для создания направленного движения сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №8. С. 131–137. DOI: 10.12737/article_5b6d5874452b89.61175362

For citation:

Romanovich A.A., Romanovich M.A., Chehovskoy E.I. Calculation of effort necessary for creating a directed movement of slange materials in the press-valve unit. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 8, pp. 131–137. DOI: 10.12737/article_5b6d5874452b89.61175362