

DOI: 10.12737/article_5940f019e0b605.08897645

*Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,
Чеховской Е.И., студент,
Романович М.А., канд. эконом. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Апухтина И.В., ассистент
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА АГРЕГАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ

AlexejRom@yandex.ru

В статье приведено описание конструкции агрегата для получения кубовидного щебня и представлены аналитические исследования по расчету мощности затрачиваемой на создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении.

Ключевые слова: агрегат, кубовидный щебень, мощность, направленное силовое воздействие.

Введение. Срок службы дорог, построенных на кубовидном щебне в 2–2,5 раза больше, чем на щебне игловатой и пластинчатой формы. Кубовидный щебень образует устойчивую трехмерную структуру дорожного полотна, требует меньшего расхода вяжущих – цемента или битума [1–3]. Лещадные частицы в процессе уплотнения ломаются, образуя «островки» лещадных зерен, что является причиной локальных разрушений дорожных покрытий. Прочность бетона при использовании кубовидного щебня возрастает на 5–10 % при одновременном уменьшении расхода цемента на 7–12 % и снижении на 3–5 % водопотребности бетонной смеси.

Методология. При производстве щебня кубовидной формы необходимо учитывать, что форма зерен дробленого материала определяется текстурно-структурными особенностями исходной горной породы, используемым оборудованием и технологией переработки.

Согласно отечественных и зарубежных данных для получения щебня кубовидной формы обычно применяют конусные дробилки или дробилки ударного действия, которые позволяют получать щебень, форма зерен которого близка к кубовидной. Однако в этих дробилках достаточно проблематично получать кубовидный щебень при дроблении сланцевых материалов с лещадной текстурой [4–6].

В соответствии с президентской программой «Дороги России XXI века» потребности в щебеночных материалах для нового строительства, реконструкции и ремонту автомобильных дорог составляет примерно 140 млн. м³ в год. Мировая потребность в щебне превышает 3 млрд. м³ в год, причем за последние десятилетия стоимость щебня, производимого из при-

родного минерального сырья во всем мире, выросла в 2,5–3 раза [7–8].

В то же время при добыче рудных и нерудных полезных ископаемых ежегодно направляется в отвал десятки миллиардов тонн горных пород, которые по своему минералогическому составу вполне могут быть использованы при производстве широкой гаммы строительных материалов. Значительное количество среди вскрышных пород занимают сланцевые материалы, имеющие лещадную текстуру и характеризующиеся различными физико-механическими параметрами среды. Это, в свою очередь, предъявляет дополнительные требования к условиям измельчения этих материалов, с учетом их физико-механических характеристик, а, следовательно, к конструкторско-технологическим параметрам дробильного оборудования.

Результаты проведенных исследований показали, что разработанные и используемые как в РФ, так и за рубежом конструкции агрегатов и комплексов не учитывают специфику и текстуру измельчаемых материалов, что затрудняет получение щебня кубовидной формы [9–11].

Большинство железорудных месторождений, добыча полезных ископаемых на которых осуществляется открытым способом, содержат отвалы из твердых вскрышных пород. Так, Центрально-черноземный экономический район, на территории которого находятся огромные месторождения КМА, содержит сотни миллионов тонн сланцевых материалов.

В этой связи проблема разработки агрегатов для измельчения сланцевых материалов с целью получения кубовидного щебня, является весьма актуальной.

Основная часть. Нами разработана конструкция агрегата с устройством для направленной подачи сланцевых материалов, предназна-

ченная для получения кубовидного щебня путем раздавливания между двумя зубчатыми валками [12].

Агрегат состоит из устройства, предназначенного для направленной подачи сланцевых материалов 1 и пресс-валкового агрегата 2 (рис. 1), включающего в себя установленные на раме 1 валки 2 со сменными зубьями, установленными с определенным шагом (рис. 2).

Устройство для направленной подачи сланцевых материалов состоит их приемного бункера, внутри которого, расположены две подвижные пластины 5 и валики 3, 4, которые служат для создания направленной подачи кусков сланцевой породы (рис.3).



Рис. 1. Экспериментальная установка агрегата для получения кубовидного щебня



Рис. 2. Зубчатые валки ПВИ

Агрегат для получения кубовидного щебня работает следующим образом. Материал засыпается в приёмный бункер, где по подвижным пластинам подаётся к валикам, захватывается ими, поворачивается в вертикальное положение и направляется к зубчатым валкам, где раздавливается и выходит из межвалкового пространства в виде кусков, имеющих кубовидную форму с размерами, не превышающими шаг зубьев (рис. 4) [13].

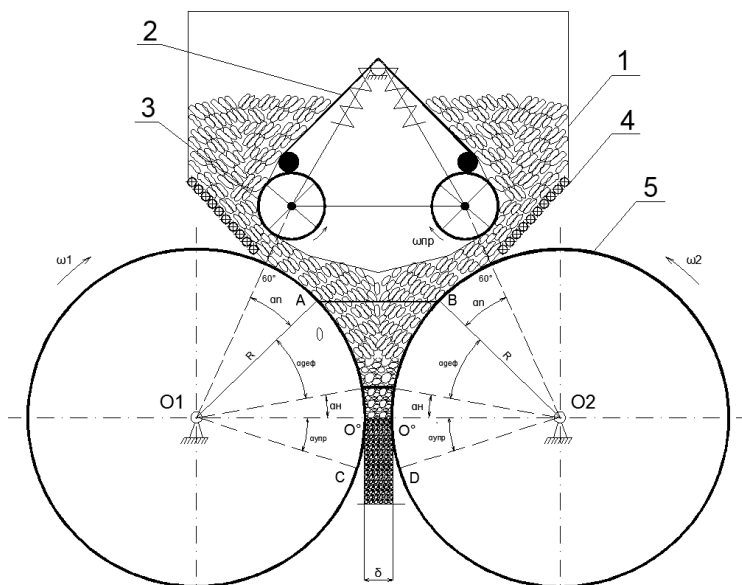


Рис. 3. Схема ПВА с зубчатыми валками для измельчения сланцевых материалов: 1 – устройство для направленной подачи материала; 2 – подвижные щеки; 3,4 – направляющие валики; 5 – зубчатые валки

Преимущества данной установки заключается в том, что из сланцевого материала, у которого длина значительно больше ширины, в процессе дробления получается кубовидный щебень. Однако при измельчении сланцевых материалов в агрегате с устройством для направ-

ленной подачи выполняется следующие технологические операции, на которые затрачивается мощность. Это создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении. Отсут-

ствие научно обоснованной методики расчета энергетических параметров агрегата во многом тормозит его внедрение в промышленность.



Рис. 4. Щебень до дробления на экспериментальной установке



Рис. 5. Щебень после дробления на экспериментальной установке

Мощность привода агрегата для получения кубовидного щебня, затрачиваемая на выполнение вышеуказанных технологических операций, согласно [14], определяется по формуле:

$$N = \frac{N_{p.в.} + N_{изм} + N_{mp}}{\eta_1}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

$$F = \mu r b (h + r) \left(\frac{\pi / 2 - \psi}{\sin(\psi)} + \ln \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \right), \text{ Н}, \quad \psi = \alpha - \gamma + \beta. \quad (2)$$

где μ – коэффициент пропорциональности, зависящий от характеристик уплотняемого ма-

где $N_{p.в.}$ – мощность, затрачиваемая валковым устройством на создание направленного движения исходного материала, Вт; $N_{изм}$ – мощность, затрачиваемая на создание раздавливающего деформирования сланцевых материалов валками, Вт; N_{mp} – мощность, необходимая на преодоление сил трения в подшипниковых узлах валков, Вт.

Мощность привода, затрачиваемая устройством на создание направленного движения, зависит от максимального усилия F , радиуса валков $R_в$ и угловой скорости вращения валков $\omega = 2\pi n$.

Будем считать, что процесс создания направленного движения кусков материала начинается с момента попадания частиц материала на линию OE , которая ограничена углом захвата валка. Начало процесса направленного движения большого влияния на величину суммарной силы взаимодействия материала и валка не имеет, поскольку на начальных стадиях очень мало. Расчетную схему механизма уплотнения материала с целью создания направленного движения представим, как показано на рис. 6. Положение валика 1 радиуса r по отношению к бункеру 2 зададим через смещение его центра по горизонтали – L и вертикали – l . Угол наклона стенки бункера обозначим через α , а угол, с которого начинается уплотнение материала, – через β .

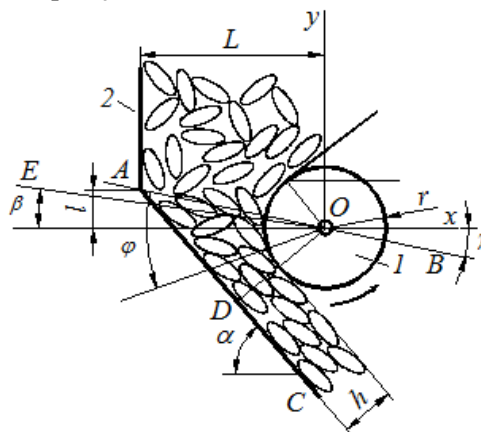


Рис. 6. Расчетная схема механизма уплотнения: 1 – валок; 2 – стенка бункера

Полагая, что сила воздействия валика, необходимая на создание направленного движения кусков материала, прямо пропорциональна величине его уплотнения, согласно рис. 6, имеем:

териала (гранулометрического состава, формы, деформируемости частиц и др.), r – радиус ва-

лика, м; b – ширина валика, м; h – толщина слоя сланцевых материалов, м.

Мощность, затрачиваемая на создание раздавливающего деформирования сланцевых материалов валками, $N_{изм}$ зависит от крутящего момента $M_{кр}$, необходимого на разрушение куска материала и момента трения $M_{тр}$, возникающего в опорах валков.

Крутящий момент, при создании направленного движения кусков материала, равен:

$$M = F \cdot r, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3)$$

$$M_{кр} = F \cdot \cos \alpha \cdot R_g = G_{сж} \cdot B \cdot h \cdot (\cos \alpha \cdot R_g / l), \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (5)$$

где α – угол захвата зубчатыми валками материала, град; l – шаг между зубьями, м.

Мощность, затрачиваемая на создание раздавливающего деформирования сланцевых материалов валками, равна:

$$N_{изм} = 2 M_{кр} \cdot \omega \cdot \text{Вт}. \quad (6)$$

Момент от сил трения $M_{тр}$ в опорах валков, равен:

$$M_{тр} = \frac{F_{рез} \cdot f_{тр} \cdot d_u}{2}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (7)$$

где $F_{рез}$ – результирующая сила от максимального усилия измельчения F и силы тяжести

Максимальное усилие, определяется по формуле:

$$F = G_{сж} \cdot S = G_{сж} \cdot B \cdot h \cdot z, \text{ Н}, \quad (4)$$

где $G_{сж}$ – предел прочности на сжатие куска материала, Н/мм²; S – площадь силового воздействия, м²; B – ширина валков, м; h – толщина зуба в месте контакта с материалом, м; z – количество зубьев, воздействующих с материалом.

Крутящий момент, создаваемый при измельчении материалов, равен:

валка G_g , Н; $f_{тр}$ – коэффициент трения качения, $f_{тр} = 0,001$; d_u – диаметр цапфы валка, м.

Результирующая сила определяется по формуле

$$F_{рез} = \sqrt{F^2 + G_g^2}, \text{ Н}. \quad (8)$$

Мощность, затрачиваемая на измельчение сланцевых материалов между валками, равна:

$$N_{изм} + N_{тр} = 2 (M_{кр \max} + M_{тр}) \cdot \omega, \text{ Вт}. \quad (9)$$

Общая мощность, затрачиваемая валками $N_{р.в.}$ на направленное движение, измельчение сланцевых материала между зубчатыми валками $N_{изм}$ и на преодоление сил трения в опорах валков $N_{тр}$, с учетом КПД привода η_1 равна:

$$N = \frac{N_{р.в.} + N_{изм} + N_{тр}}{\eta_1} = \frac{2(M + M_{кр} + M_{тр}) \cdot \omega}{\eta} = \frac{2((F \cdot r) + (F \cdot \cos \alpha \cdot R_g) + (\frac{F_{рез} \cdot f_{тр} \cdot d_u}{2}) \cdot \omega)}{\eta} \quad (10)$$

По полученному уравнению (10) можно определить мощность, расходуемую на создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении [15].

Вывод. Проведенные экспериментальные исследования на опытной установке агрегата для получения кубовидного щебня позволили подтвердить адекватность данного уравнения, расхождение значений мощности привода полученные расчетным и экспериментальным путем составила менее 10 %.

Вывод. Таким образом, разработанная конструкция агрегата с устройством для направленной подачи сланцевых материалов, позволяет осуществлять направленное движение сланцевых материалов вдоль своей большей оси к зубчатым валкам и тем самым получать щебень кубовидной формы путем раздавливания между двумя зубчатыми валками. Полученное уравнение (10) позволяет с достаточной точностью

определить мощность привода агрегата, расходуемую на создание направленного движения и осуществление раздавливающего деформирования кусков с приложением силового воздействия в заданном направлении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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. Т. 12. № 4. С. 297–301.
2. Sevost'yanov V.V., Targonskii I.I., Romanovich A.A., Goncharov A.A. Energy saving milling aggregates with internal recycling of the milled materials // Glass and Ceramics. 1993. Т. 50. № 4. С. 180–184.
3. Шонерт К., Кноблох О. Измельчение цемента на валковом измельчителе в постели материала // Zement-kalk gips 1986. Т.37. №11. р.1–9.

4. Победа В.К. Пресс-валковые измельчители ОАО «Гяжмаш» // Цемент и его применение. 2007. №4. С. 26.

5. Мерсман М. Й., Крумп. Технология по модернизации цементных заводов фирмы KHD Humboldt Wedag GmbH // Цемент и его применение. 2005. №3. С.40–43.

6. 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.

7. Орехова Т.Н., Уваров В.А. Определение скорости частиц материала пневмосмесителя сухих строительных смесей // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-3. С. 592–596.

8. Romanovich A.A., Bogdanov V.S., Romanovich L.G., Romanischin D.V. Determination of power mill spent on the creation of the longitudinal motion of the grinding load // Journal of Applied Engineering Science. 2015. Т. 13. № 3. С. 155–160.

9. Агарков А.М., Шарапов Р.Р. Влияние ширины камеры рабочей зоны инерционного концентратора на гидравлическое сопротивление // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 19–21.

10. Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Прокопенко В.С. Исследование удара частицы о лопатку в

инерционном концентраторе // ИНТЕРСТРОЙ-МЕХ-2016 (International building technics-2016) Материалы Международной научно-технической конференции. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2016. С. 57–61.

11. Uvarov V.A., Klyuev S.V., Orekhova T.N., Klyuev A.V., Sheremet E.O., Durachenko A.V. The counterflow mixer for receiving the disperse reinforced composites // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. №12. С. 1211–1215.

12. Носов О.А., Носова Е.В., Хабарова Н.В. Адаптивный привод прецизионной машины // Автоматизация и современные технологии. №3. С. 11–14.

13. 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.

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

15. Теличенко В.И., Шарапов Р.Р., Степанов М.А., Харламов Е.В. Матричный подход к расчету помольных систем // Научное обозрение. 2016. № 22. С. 8–12.

Romanovich A.A., Chehovskoy E.I., Romanovich M.A., Apuhtina I.V.
CALCULATION OF POWER OF THE DRIVE OF THE UNIT FOR THE PRODUCTION OF THE CUBE-TWO PITCH

The article describes the design of the unit for the production of cubical crushed stone and presents analytical studies on the calculation of the power expended to create directional motion and the implementation of crushing deformation of pieces with the application of force in a given direction.

Key words: aggregate, cuboid crushed stone, power, directed force action.

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

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

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

E-mail: AlexejRom@yandex.ru

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

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

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

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Романович Марина Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент.

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

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

E-mail: eichehovskoy@mail.ru

Апухтина Инна Васильевна, ассистент.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Адрес: Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85.

E-mail: eichehovskoy@mail.ru