

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-89-96

Севостьянов М.В

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: msev31@mail.ru

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА БРИКЕТИРОВАНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ПРЕСС-ВАЛКОВЫХ АГРЕГАТАХ

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические и экспериментальные исследования процессов компактирования различных видов порошкообразных полидисперсных материалов по изучению кинематических, конструктивно-технологических и энергосиловых параметров агрегатов. Установлены основные закономерности брикетирования в пресс-валковых агрегатах и необходимость их конструктивно-технологической реализации. Представлен расчет основных энергосиловых параметров оборудования для брикетирования (усилия прессования; мощности, затрачиваемой валковым и щёчковым предуплотнителями; общей мощности, затрачиваемой валковым прессом), позволяющий учитывать физико-механические характеристики и физико-химические свойства техногенных материалов. В работе приведены патентозащищенные конструкции агрегатов для брикетирования полидисперсных отходов как высокой, так и низкой насыпной плотности. Показана необходимость предварительного уплотнения брикетируемых шихт при их формовании, что является эффективным при реализации любого процесса компактирования. Использование устройств для предварительного уплотнения материала и формующих элементов валков желобково-зубчатого и ячеякового типа позволяет получить брикеты заданной геометрической формы и размеров с учетом требований потребителя. Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы не только для переработки и утилизации вторичных сырьевых материалов (полидисперсных отходов) отдельных производств, но и при выпуске различных видов товарной продукции.

Ключевые слова: компактирование, формование, брикетирование, пресс-валковый агрегат, полидисперсные отходы, предуплотнение.

Введение. Утилизация полидисперсных отходов различных производств предполагает решение, как экологических вопросов, так и технологических, связанных с формованием порошкообразных материалов в спрессованные тела заданной геометрической формы и размеров (гранулы или брикеты). Для этого разработаны различные способы компактирования материалов: брикетирование, экструдирование, агломерация и другие [1-8].

Применение технологии брикетирования позволяет получать брикеты с заданными физико-механическими характеристиками и химическими свойствами, что уменьшает их потери при транспортировке, хранении, перемещении, распределении при дальнейшем использовании, переработке, а также улучшает технологические, экологические и экономические показатели их использования. Актуальность комплексной переработки полидисперсных отходов различных производств не вызывает сомнения, хотя процесс ее реализации имеет свои особенности и сложности.

Для формования сыпучих отходов с невысокими пластическими свойствами используют специальное брикетирующее оборудование, среди которого особое место занимают наиболее производительные пресс-валковые агрегаты (ПВА) [9-12]. Данные машины характеризуются простотой конструкции, необходимой эксплуатационной надежностью, высокой производительностью и небольшими удельными энергозатратами [13-18].

Материалы и методы. Пресс-валковые агрегаты эффективно используют для брикетирования полидисперсных отходов различных производств: утилизации пылеуноса сушильных и обжиговых агрегатов, золо-шлаковых отходов, отходов химических и деревообрабатывающих производств, целлюлозно-бумажных отходов, органических ТКО для получения альтернативных видов тепловой и электрической энергии и др.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования процессов компактирования различных видов порошкообразных поли-

дисперсных материалов заключаются в использовании комплексного подхода, основу которого составляют системный, критериальный анализ и анализ размерностей; теория подобия, математическое и физическое моделирование; многофакторное планирование эксперимента, использование математической статистики, электронно-вычислительной техники и САПР; испытания стендовых, опытно-промышленных агрегатов и технологических комплексов.

Основная часть. Разработанный пресс-валковый агрегат [19] относится к оборудованию для брикетирования и изготовления спрессованных тел из сыпучих и вязко-пластичных материалов с заданными физико-механическими характеристиками и химическими свойствами: минералогическим и химическим составом, дисперсностью, плотностью, влажностью, пластичностью и др. и может быть использован в различных отраслях промышленности: строительных материалов, химической, энергетической, деревообрабатывающей, в сельскохозяйственном производстве, в дорожном строительстве и др.

Эффективное использование ПВА нашло свое применение при брикетировании полидисперсных отходов с низкой насыпной плотностью (менее 500-600 кг/м³). ПВА, оснащенный валковым и вибро-щечковым уплотнителем, позволяет получать качественные брикеты с различными физико-механическими характеристиками. Для этих целей разработана серия патентозащищенных конструкций агрегатов для брикетирования полидисперсных отходов как высокой, так и низкой насыпной плотностью [20-22].

Проведенные многолетние теоретические и экспериментальные исследования процессов компактирования различных видов порошкообразных полидисперсных материалов позволили

установить основные закономерности брикетирования в ПВА и необходимость их конструктивно-технологической реализации:

- предварительное уплотнение шихты ($k_{упл.}=2,5-3$), особенно для материалов с низкой насыпной плотностью;
- повышение качества брикетов за счет обезвоздушивания, эффективной упаковки частиц при вибровоздействии или предварительном уплотнении материалов;
- равномерное распределение потока шихты по рабочей поверхности валков;
- обеспечение равномерного распределения напряжений по объему прессуемых тел;
- выдержка шихты под давлением для релаксации напряжений в брикетах;
- повышение качества готовой продукции и производительности агрегата за счет возврата просыпи в зону формования;
- надежный выход брикетов из желобов формующих элементов при использовании специальных устройств и др.

При изучении процесса брикетирования полидисперсных порошкообразных отходов были проведены теоретические исследования по изучению кинематических, конструктивно-технологических и энергосиловых параметров агрегатов.

Уплотнение и деформация шихты в ПВА осуществлялось посредством вращающихся навстречу друг другу прессующих валков желобково-зубчатого и ячейкового типа. В случае брикетирования шихты, обладающей выраженными пластическими свойствами (когда не требуется высокое давление формования, $\bar{P} = 15 - 20$ МПа) мы использовали валки ячейкового типа (рис. 1).

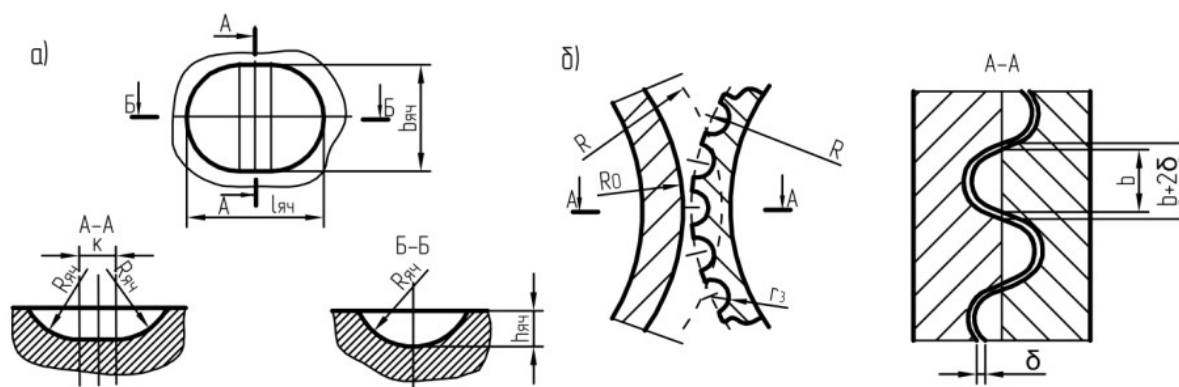


Рис. 1. Формующие элементы ячейкового (а) и желобково-зубчатого (б) типов R – радиус вальцов, м; $R_{яч}$ – радиус ячейки, м; R_0 – радиус вальцов по внутреннему контуру ячеек, м; $l_{яч}$ – длина ячейки, м; $h_{яч}$ – высота ячейки, м; $b_{яч}=b$ – ширина ячейки, м; δ – зазор между вальцами, $\delta=(0,5 \div 1) \cdot 10^{-3}$ м; $r_з$ – радиус зуба, м

При вращении вальцов ПВА навстречу друг другу брикеты испытывают максимальное давле-

ние на линии центров (рис. 2). После прохождения линии центров наблюдаются резкий спад

напряжений в сформованных брикетах и их упругое расширение. За счет скольжения вдоль поверхности ячеек преодолеваются силы трения. Выход спрессованных тел из ячеек осуществляется за счет упругого расширения брикетов и их силы тяжести.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований вальцевого прессы с формующими элементами желобково-

$$P_x = 0,67 \frac{(1+\mu)+(2\bar{P}_{пр.мах}-\tau_{сц}\cdot\sin\varphi)}{3+(1+\sin\varphi)} \left[\exp\left(1 - \frac{\eta_o}{\eta_{бр}}\right) H_o \frac{U f_o \xi}{S_{пр.м}} - 1 \right] \cdot R \cdot B (\alpha_{упл} + \alpha_{упр}), \quad (1)$$

где μ – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона); $\bar{P}_{пр.мах}$ – предельное давление прессования, МПа; $\tau_{сц}$ – параметр, учитывающий сцепление прессуемых частиц при номинальном давлении прессования, МПа; φ – угол внутреннего трения, $\varphi = \arctg f_i$; $\eta_o, \eta_{бр}, f_o, \xi$ – физико-механические характеристики

зубчатого типа получено выражение для определения усилия прессования P_x , которое зависит от геометрических параметров валцов (радиуса – R , ширины – B), зазора между ними – δ , частоты вращения n_b , а также степени плотности шихты η , запрессованной в ячейки формующих элементов:

прессуемого материала, соответственно, исходная плотность, плотность в сбрикетированном состоянии, коэффициент внутреннего трения, коэффициент бокового распора; $S_{пр.м}, U$ – площадь и периметр пресс-матрицы, соответственно, м², м; H_o – исходная высота слоя шихты, м.

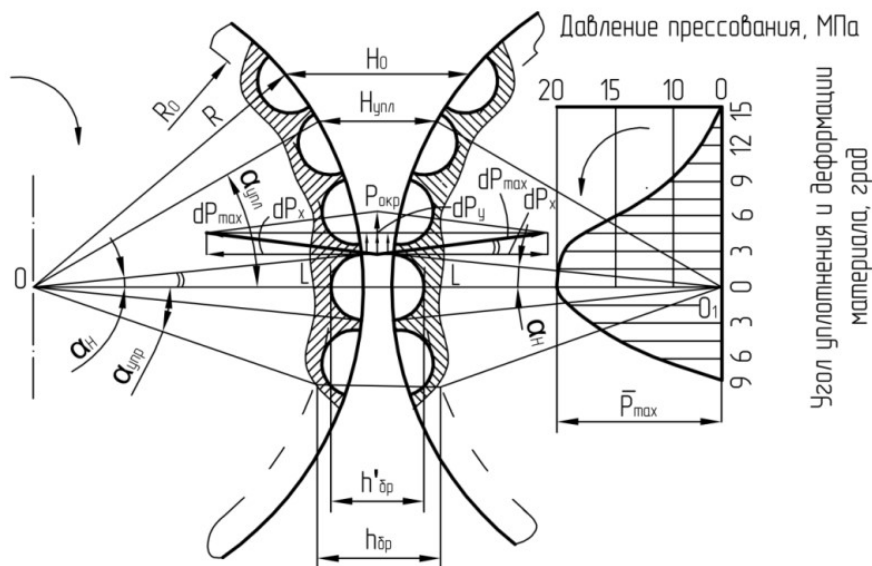


Рис. 2. Схемы распределения усилий прессования в вальцевом прессе: α_H – зона нейтрального угла, град; $\bar{P}_{мах}$ – максимальное давление прессования в зоне нейтрального угла, МПа; dP_x, dP_y – горизонтальная и вертикальная составляющие величины элементарного усилия прессования, соответственно, Н; $P_{окр}$ – окружное усилие, необходимое для вращения валцов, Н

В виду того, что ПВА разработан для брикетирования порошкообразных полидисперсных материалов с различными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами (в т.ч. материалов с низкой насыпной плотностью), для эффективного формования воз-

никает необходимость предварительного уплотнения шихты. Это реализовано валковым и щековым предуплотнителями, соответственно.

На рисунке 3 представлена схема валкового предуплотнителя. Мощность, затрачиваемая валковым предуплотнителем, рассчитывается следующим образом:

$$N_{ВПУ} = M_{сопр\sum} \cdot \omega_B = \bar{P}_{в.упл} \cdot f_B \cdot B_l \cdot l_{\bar{P}_{мах}} \cdot R_B \cdot \omega_B = \bar{P}_{в.упл} \cdot f_B \cdot B_l (R_B \cdot \alpha_{упл\bar{P}_{мах}}) \cdot R_B \cdot \omega_B, \quad (2)$$

где $M_{сопр\sum}$ – суммарный момент сопротивления, преодолеваемый при уплотнении шихты и перемещении бесконечной ленты, Н·м; ω_B – угловая

скорость вращения валков, рад/с; $\bar{P}_{в.упл}$ – давление уплотнения исходной шихты валком, МПа; f_B

На рисунке 5 изображен общий вид пресс-валкового агрегата с валковым и вибро-щечковым предуплотнителями.

ПВА состоит из двух блоков: первый (I) содержит валковые устройства для предварительного уплотнения материала и стабилизации скоростных потоков шихты; второй блок (II) содержит вибро-щечковый уплотнитель, который обеспечивает дальнейшее уплотнение полидисперсных отходов и равномерное их нагнетание в межвалковое пространство прессующих валцов. Для дополнительного уплотнения полидисперсных отходов предусмотрены специальные нагнетательные валики. Они нагнетают уплотняемую шихту в ячейки валцов. Под блоками (I) и (II) непосредственно установлен валцевый пресс с желобково-зубчатыми формующими элементами (рис. 5).

Основной задачей разработок являлось получение брикетов заданной геометрической формы и размеров, которые производятся из полидисперсных отходов различных предприятий и могут быть использованы по соответствующему технологическому назначению: в нефтехимии – как брикетированные сорбенты на основе пер-

лита для очистных сооружений; в деревообрабатывающей промышленности – как топливные брикеты; в строительной – в качестве теплоизоляционных заполнителей для теплоизоляции строительных сооружений или для производства конструкционно-теплоизоляционных изделий с добавлением фиброполнителей и др. (рис. 6).

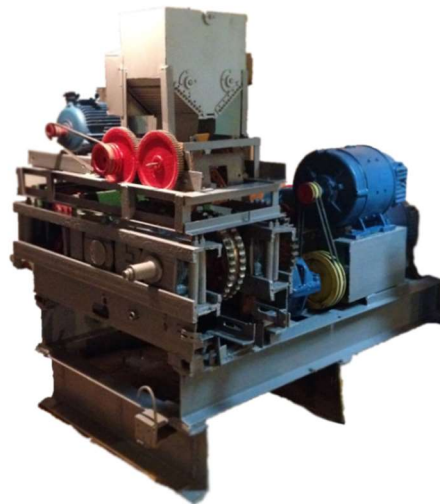


Рис. 5. Общий вид пресс-валкового агрегата

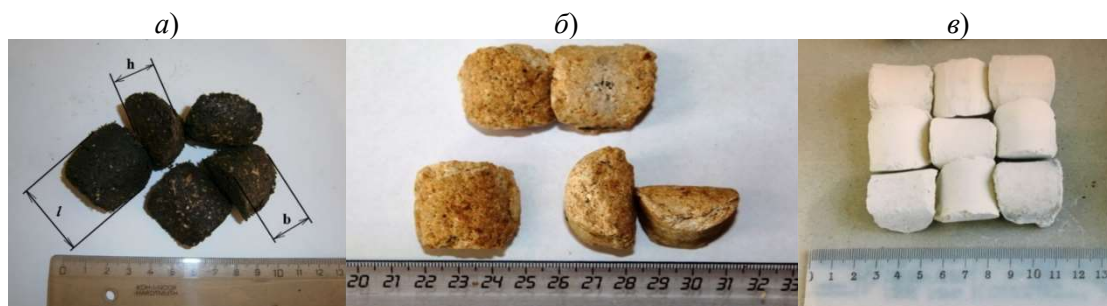


Рис. 6. Брикеты $l \times b \times h = (32 \times 30 \times 18) \cdot 10^{-3}$ м, спрессованные из: а) – топливосодержащей шихты с нефтешламовым связующим; б) – отходов деревообрабатывающей промышленности с органическим связующим; в) – пылеуноса мело-известкового производства

Выводы. Проведенные испытания подтвердили возможность брикетирования порошкообразных полидисперсных отходов и получения брикетов со следующими физико-механическими характеристиками: для теплоизоляционных заполнителей плотность брикетов составила $(280 \div 300)$ кг/м³, прочность – $(45 \div 50)$ Н/бр., коэффициент уплотнения шихты в ПВА – $(2,0 \div 2,2)$; для фиброполнителей: плотность брикетов $(560 \div 590)$ кг/м³, прочность – $(15 \div 20)$ Н/бр., коэффициент уплотнения в ПВА $(3,5 \div 3,6)$.

Данное научно-практическое направление – разработка и исследование агрегатов и процесса брикетирования с использованием ПВА для формования полидисперсных материалов и отходов различных производств имеет важное значение для решения актуальных задач по комплексной

переработке ТКО и получения из них конкурентоспособной товарной продукции.

Анализ результатов проведенных опытно-промышленных испытаний разработанного оборудования ПВА для комплексной переработки порошкообразных полидисперсных отходов подтверждает техническую, технологическую и экономическую целесообразность его использования.

ПВА, оснащенный валковым и вибро-щечковым уплотнителем позволяет получать качественные брикеты с различными физико-механическими характеристиками.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализуемого проекта НОЦ «Инновационные решения в АПК» № 10089447 (2020-2022 гг.) научно-производственной платформы «Рациональное природопользование»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулагин Р.А., Кулагин О.Р. Результаты брикетирования мелкозернистых и мелкодисперсных отходов производства // Сб. тезисов докладов Российско-Казахстанского Симпозиума «Углекислота и экология Кузбасса». Кемерово: ООО «Фирма ПОЛИГРАФ». 2014. 48 с.
2. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Четвертаков Г.В. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твердых отходов / Учебное пособие М.: Альфа-М. 2014. 462 с.
3. Дудка С.В., Тошинский В.И. Исследование процесса гранулирования и сушки в технологии удобрений марки «СУПЕРАГРО N:P 10:40» // Восточно – Европейский журнал передовых технологий. 2012. Т.4. № 6 (58). С. 7–10.
4. Лобовиков Д.В., Ханов А.М., Матыгулина Е.В. и др. Исследование гранулирования порошковых композитов в планетарном грануляторе // Вестник ПГТУ. Пермь. 2010. Т.12. №1. С. 30–36.
5. Sevostyanov M.V., Ilyina T.N., Sevostyanov V.S., Emelyanov D.A. Methodological Principles of Agglomeration Processes Improvement in Technologies of Disperse Materials Processing // Research Journal of Applied Sciences. 9(11). Pp. 738–744. 2014.
6. Рахимов М.А., Рахимова Г.М., Иманов Е.М. Проблемы утилизации полимерных отходов // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. С. 331–334.
7. Ильина Т. Н. Классификация дисперсных материалов и рекомендации по процессам их агломерации // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2013. (4). С. 17–19.
8. Ilyina T.N. Structural and mechanical properties of pelletized fine materials // Chemical and Petroleum Engineering, 2009. 45(3 – 4): 115–118.
9. Шинкарев Л.И. Классификационные принципы создания агрегатов для формования природных и техногенных материалов // Сб. докл. IV Междунар. науч.– практ. конф. «Экология – образование, наука, промышленность и здоровье», Ч. I – Белгород. 2011. С. 215–220.
10. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Уральский А.В. Энергосберегающая техника и технологии для комплексной переработки природных и техногенных материалов // Эковестник России. 2010. №1. С. 68–79.
11. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Уральский В.И. Технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2010. №9. С. 43–45.
12. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справочное издание / Под ред. Б.Б. Бобовича. М.: Интермет Инжиниринг, 2000. 496 с.
13. Dec R.T. Roll press agglomeration of industrial wastes for treatment and recycle / Second International Symposium on Extraction and Processing for the Treatment and Minimization of Wastes, Proceedings in print October, 1996, Phoenix, AZ
14. Dec R.T., Komarek K.R. Experimental study of new type roll presses for granular solids / AICHEM91, International Meeting on Chemical Engineering and Biotechnology, Frankfurt am Main.
15. Making dense briquettes from fine dust, case study at General Electric's Lighting Division // Powder and Bulk Engineering, September 1998.
16. Dec R.T. Problems with processing of fine powders in roll press // IB A Proceedings, Vol. 24, October, 1995, 24th Biennial Conference, Philadelphia.
17. Dec R.T. Theoretical and experimental study of compaction process in roll press / SME'2000 Annual Meeting and Exhibit, Salt Lake City, UT.
18. Нгуен Хыу Фук Исследование уплотнения огнеупорных пресс-порошков с введением поверхностно – активных веществ при полусухом прессовании и при вибрации большой частоты. Автореф. на соискание ученой степени к.т.н., М. 1968. 24 с.
19. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Шинкарев Л.И., Спиринов М.Н., Фетисов Д.Д., Севостьянов М.В., Свергузова Ж.А. Пат. 2473421 РФ МПК В28В 3/12 Способ формования техногенных материалов и пресс-валковый агрегат для его осуществления.. Заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова; опубл. в Бюл. No 3 27.01.2013, 10 с.
20. Севостьянов В.С., Барбанягрэ В.Д., Севостьянов М.В. Пат. 2133673 РФ МПК В 30 В 11/18, В 22 F 3/02 Пресс-валковый агрегат.. Заявитель и патентообладатель БелГТАСМ; опубл. в Бюл. No 21 27.07.99. 6с.
21. Севостьянов В.С., Зубаков А.П., Бондаренко В.Н., Новиков Э.В., Севостьянов М.В. Пат. 2204486 РФ 7 В 30 В 11/18, В 28 В 3/14 Вальцовый пресс для брикетирования порошкообразных материалов.. Заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова; опубл. в Бюл. No 14. 2003.
22. Sevostyanov M.V., Ilyina T.N., Martakov I.G. Process of charge prevention with low bulk density. «International Conference on Energy System 2018». (2019) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 552 (1), статья No 012039, DOI: 10.1088/1757-899X/552/1/012039

Информация об авторах

Севостьянов Максим Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы». E-mail: msev31@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 16.06.2020 г.

© Севостьянов М.В., 2020

Sevostyanov M.V.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: msev31@mail.ru

THEORY AND PRACTICE OF BRIQUETTING OF POLYDISPERSE MATERIALS AND PRODUCTION WASTE IN PRESS-ROLL INSTALLATIONS

Abstract. *The article deals with theoretical and experimental studies of the compaction processes of various types of powdered polydisperse materials for the study of kinematic, design-technological and energy-power parameters of units. The basic laws of briquetting in press-roll units and the need for their constructive and technological implementation have been established. The calculation of the main energy-power parameters of the equipment for briquetting (pressing force; power expended by the roller and jaw pre-compactors; total power consumed by the roller press) is presented. It allows considering the physicochemical characteristics and physicochemical properties of technogenic materials. The paper presents patent-protected designs of aggregates for briquetting polydisperse waste with both high and low bulk density. The necessity of preliminary compaction of briquetted charges during their molding is shown, which is effective in the implementation of any compaction process. The use of devices for preliminary compaction of the material and the forming elements of the grooved-toothed and cell-type rolls make it possible to obtain briquettes of a given geometric shape and dimensions, taking into account the requirements of the consumer. The results of theoretical and experimental studies can be used not only for the processing and disposal of secondary raw materials (polydisperse waste) of individual industries, but also for the production of various types of marketable products.*

Keywords: *compacting, forming, briquetting, press-roll unit, polydisperse waste, pre-compaction.*

REFERENCES

1. Kulagin R.A., Kulagin O.R. Results of briquetting of fine-grained and fine-dispersed waste products [Rezultaty briketirovaniya melkozernichykh I melkodispersnykh othodov proizvodstva] Collection of abstracts of the Russian-Kazakh Symposium "coal chemistry and ecology of Kuzbass". Kemerovo: OOO "Firm POLYGRAPH". 2014. 48 p. (rus)
2. Nazarov V.I., Makarenkov D.A., Chetvertakov G.V. and others. Processing and utilization of dispersed materials and solid waste [Pererabotka I utilizatsiya dispersnykh materialov I tverdykh othodov] Textbook Moscow: Alfa-M. 2014. 462 p. (rus)
3. Dudka S.V., Toshinsky V.I. Research of granulation and drying process in the technology of Superagro N:P 10:40 fertilizers [Issledovanie protsessa granulirovaniya I syshki v tehnologii udobrenij marki «SUPERAGRO N:P 10:40»] Eastern European journal of advanced technologies. 2012. Vol. 4. No. 6 (58). Pp. 7–10. (rus)
4. Lobovikov D.V., Khanov A.M., Matyugulina E.V. Research of granulation of powdered composites in a planetary granulator [Issledovaniya granulirovaniya poroshkovykh kompozitov v planetarnom granulyatore] Vestnik PSTU. Perm. 2010. Vol. 12. No. 1. Pp. 30–36. (rus)
5. Sevostyanov M.V., Ilyina T.N., Sevostyanov V.S., Emelyanov D.A. Methodological Principles of Agglomeration Processes Improvement in Technologies of Disperse Materials Processing. Research Journal of Applied Sciences. 2014. 9(11). Pp.738–744.
6. Rakhimov M.A., Rakhimova G.M., Imanov E.M. Problems of polymer waste utilization [Problemy utilizatsii polimernykh otkhodov] Fundamental research. 2014. No. 8. Pp. 331-334. (rus)
7. Ilina T.N. Classification of dispersed materials and recommendations for their agglomeration processes [Klassifikatsiya dispersnykh materialov i rekomendatsii po protsessam ikh aglomeratsii]: Chemical and oil and gas engineering. 2013. (4). Pp. 17-19. (rus)
8. Il'ina T.N. Structural and mechanical properties of pelletized fine materials: Chemical and Petroleum Engineering, 2009. 45 (3–4). Pp.115118.
9. Shinkarev L.I. Classification principles of creating aggregates for forming natural and technogenic materials [Klassifikatsionnyye printsipy sozdaniya agregatov dlya formovaniya prirodnykh i

tekhnogennykh materialov] SB. Dokl. IV mezhdunar. scientific-practical Conf. "Ecology-education, science, industry and health, Part I-Belgorod. 2011. Pp. 215–220. (rus)

10. Gridchin A.M., Sevostyanov V.S., Uralsky A.V. Energy-Saving equipment and technologies for complex processing of natural and technogenic materials [Energoberegayushchaya tekhnika i tekhnologii dlya kompleksnoy pererabotki prirodnykh i tekhnogennykh materialov] *Ecovestnik Of Russia*. 2010. No. 1. Pp. 68–79. (rus)

11. Glagolev S.N., Sevostyanov V.S., Ilina T.N., Uralsky V.I. Technological modules for complex processing of technogenic materials [Tekhnologicheskiye moduli dlya kompleksnoy pererabotki tekhnogennykh materialov] *Chemical and oil and gas engineering*. 2010. No. 9. Pp. 43–45. (rus)

12. Bobovich B.B., Devyatkin V.V. Processing of production and consumption waste [Pererabotka otkhodov proizvodstva i potrebleniya]: reference edition Edited by B. B. Bobovich. Moscow: Internet Engineering, 2000. 496 p. (rus)

13. Dec R.T. Roll press agglomeration of industrial wastes for treatment and recycle / Second International Symposium on Extraction and Processing for the Treatment and Minimization of Wastes, Proceedings in print October, 1996, Phoenix, AZ

14. Dec R.T., Komarek K.R. Experimental study of new type roll presses for granular solids. AICHEMA91, International Meeting on Chemical Engineering and Biotechnology, Frankfurt am Main.

15. Making dense briquettes from fine dust, case study at General Electric's Lighting Division. Powder and Bulk Engineering, September 1998.

16. Dec R.T. Problems with processing of fine powders in roll press. IB A Proceedings, Vol. 24, October, 1995, 24th Biennial Conference, Philadelphia.

17. Dec R.T. Theoretical and experimental study of compaction process in roll press / SME'2000 Annual Meeting and Exhibit, Salt Lake City, UT.

18. Nguyen Khyu Fuk Investigation of the compaction of refractory press-powders with the introduction of surfactants during semi-dry pressing and high-frequency vibration [Issledovaniye uplotneniya ogneupornykh press – poroshkov s vvedeniyem pov-erkhnostno - aktivnykh veshchestv pri polusukhom pressovanii i pri vibratsii bol'shoy chastoty] Author's abstract. for the degree of Ph.D. M. 1968. 24 p. (rus)

19. Glagolev S.N., Sevostyanov V.S., Sverguzova S.V., Shinkarev L.I., Spirin M.N., Fetisov D.D., Sevostyanov M.V., Sverguzova Zh.A. Pat. 2473421 RF MPC B28V 3/12 Method of forming technogenic materials and press-roll unit for its implementation [Sposob formovaniya tekhnogennykh materialov i press-valkovyy agregat dlya ego osushchestvleniya]. Applicant and patent holder of V. G. Shukhov BSTU. 2013. No. 3 10 p. (rus)

20. Sevostyanov V.S., Barbanyagre V.D., Sevostyanov M.V. Pat. 2133673 RF MPC In 30 In 11/18, In 22 F 3/02 Press roll unit [Press-valkovyy agregat]. The applicant and the patent holder of Belgtasm; publ. in bul. No. 21 27.07.99-6 p. (rus)

21. Sevostyanov V.S., Zubakov A.P., Bondarenko V.N., Novikov E.V., Sevostyanov M.V. Pat. 2204486 RF 7 In 30 In 11/18, In 28 In 3/14 Roller press for briquetting powdery materials [Valtsovyy press dlya briketirovaniya poroshkoobraznykh materialov]. Applicant and patent holder of BSTU named after V.G. Shukhov. 2003. No. 14. (rus)

22. Sevostyanov M.V., Il'ina T.N., Martakov I.G. Process of charge prevention with low bulk density. «International Conference on Energy System 2018». (2019) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 552 (1), No. 012039, DOI: 10.1088/1757-899X/552/1/012039

Information about the authors

Sevostyanov, Maksim V. PhD. E-mail: msev31@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 16.06.2020

Для цитирования:

Севостьянов М.В. Теория и практика брикетирования полидисперсных материалов и отходов производства в пресс-валковых агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 9. С. 6–12. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-89-96

For citation:

Sevostyanov M.V. Theory and practice of briquetting of polydisperse materials and production waste in press-roll installations. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 9. Pp. 6–12. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-89-96