

Севостьянов В. С., д-р техн. наук, проф.,
Свергузова С. В., д-р техн. наук, проф.,
Севостьянов М. В., канд. техн. наук,
Шинкарёв Л. И., инж.,
Спирин М. Н., инж.,
Фетисов Д. Д., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ И ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Spirich@mail.ru

Представлены результаты конструкторско-технологических и экспериментальных исследований в области создания техники и технологии брикетирования порошкообразных и вязкопластичных техногенных материалов. Приведены новая конструкция пресс-валкового агрегата постадийного уплотнения материалов с низкой насыпной массой, рациональные технические режимы их формования, а также результаты опытно-промышленных испытаний вальцевого пресса.

Ключевые слова: формование, брикетирование, пресс-валковый агрегат, порошкообразные, вязкопластичные техногенные материалы.

Технология брикетирования различных композиционных техногенных шихт: отходов деревообрабатывающей промышленности (опилок, коры, стружки и др.) в качестве наполнителя при изготовлении топливосодержащих брикетов в виде альтернативного топлива; целлюлозно-бумажной промышленности, а также переработанных бумажных отходов от различной продукции товаров народного потребления (газет, журналов, картонной упаковки, писчей бумаги и др.) – в качестве армирующих волокон, фибронаполнителей при производстве асфальто-мастичных покрытий; пылеуноса обжиговых агрегатов перлитового и вермикулитового производств – в качестве теплоизоляционных материалов и покрытий, различных отходов волокнистой структуры сельскохозяйственного производства и др. содержит в себе большие потенциальные возможности, экономическую выгоду и способствует решению ряда экологических проблем [1, 2].

При изготовлении топливосодержащих брикетов из техногенного сырья, технология производства которых широко развита за рубежом, целесообразно использовать в качестве связующего нефтешламовые отходы, ежегодный объём образования которых составляет 10 млн. т. Известно, что на 28 нефтеперерабатывающих заводах России уже накопилось более 95 млн. т. нефтешламовых отходов, большая часть которых не утилизируется, а складывается на полигонах, нанося огромный ущерб окружающей среде [3, 4].

Способ прессования техногенных материалов в ПВА реализуется следующим образом. Техногенный материал с невысокой насыпной массой, например, пылеунос цементного, известкового, перлитового, вермикулитового производства, отходы деревообрабатывающей промышленности (опилки) или влагонасыщенные

материалы: фосфогипс, торф, целлюлозно-бумажные отходы и др. с исходной насыпной массой ρ_0 (рис. 1. а), поступает в верхний блок 1 загрузочного бункера, в котором через распределительные пластины 4 (рис. 1. б, в) он подаётся под эластичные валики 5, 6, сопряжённые с бесконечными ветвями - движущимися лентами 7, 8. Для равномерного истечения материала через распределительные пластины угол их наклона к горизонтали должен превышать угол естественного откоса загружаемого материала, а для его равномерного распределения по ширине эластичных валиков на рабочей поверхности расположены «ёлочнообразные» выступы. Материал движется в направлениях К.

После предварительного уплотнения материала эластичными валиками его плотность возрастает с ρ_0 до ρ_1 (рис. 1. а).

При использовании влагонасыщенных материалов и силовым воздействием на них эластичных валиков происходит отжатие избыточной влаги через полотна бесконечных ветвей отжатая влага, отводится через боковые патрубки в направлениях N (рис. 1. б).

Предварительно уплотнённый материал с плотностью ρ_1 из верхнего блока 1 поступает в нижний блок 2. При этом материал находится не в рыхлом состоянии с низкой сыпучестью, а в виде уплотнённых пластин с большей сыпучестью.

В нижнем блоке материал поступает в щековый уплотнитель 9, который обеспечивает прирост плотности материала с ρ_1 до ρ_2 (рис. 1. а). Наибольшие значения достигаются в зоне параллельности щекового уплотнителя, в его нижней части. Для обеспечения равномерного распределения уплотнённого материала по ширине валков 3 пресс-валкового агрегата на наклонной поверхности щекового уплотнителя

расположены шевронообразные выступы, расположенные к горизонтали под углом $\gamma=45-60^\circ$.

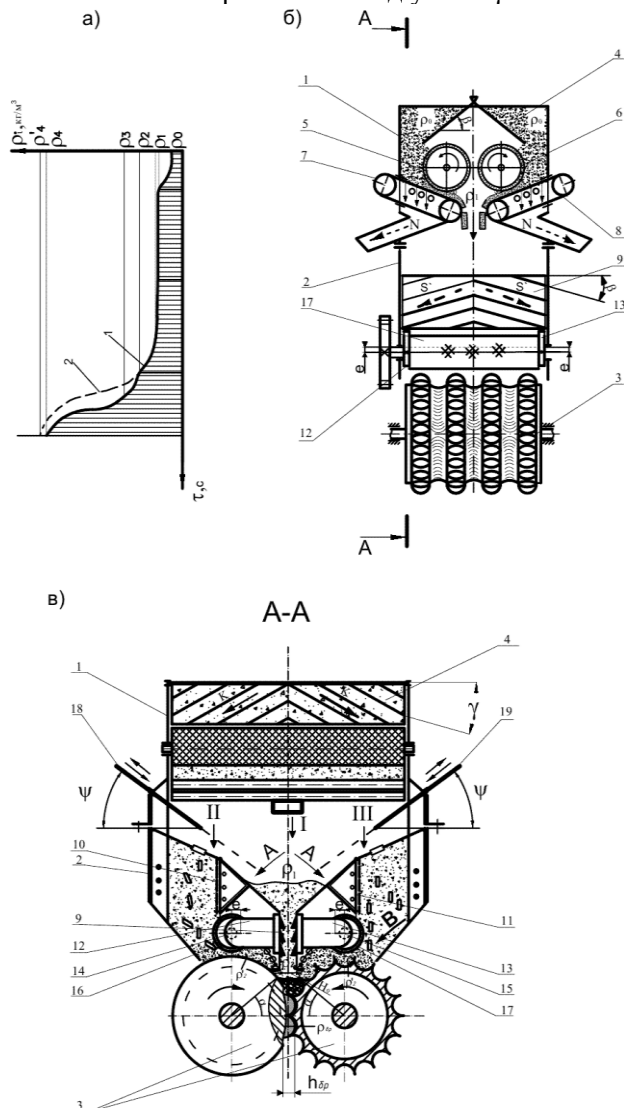


Рис. 1. Пресс-валковый агрегат для брикетирования порошкообразных и вязко-пластичных техногенных материалов: **а** - диаграмма зависимости плотности (ρ) уплотняемого материала от времени (τ) его обработки; **б-в** - схема пресс-валкового агрегата

1 - верхний блок загрузочного бункера, 2 - нижний блок щекового уплотнителя, 3 - прессующие валики, 4 - распределительные пластины, 5,6 - эластичные уплотнительные валики, 7,8 - бесконечные движущиеся ленты, 9 - щековый уплотнитель, 10,11 - пустотелые камеры, 12,13 - эксцентрики, 14,15 - приводные валы, 16,17 - свободно вращающиеся валики, 18,19 - шибберные устройства.

Движение уплотняющих щёк по эллипсoidalной траектории достигается за счет передачи усилия от эксцентриков 12, 13, жестко посаженных на приводных валах 14, 15, посредством корпусов эксцентриков, закреплённых на вертикальных стенках щекового уплотнителя (рис. 1. б, в).

При использовании техногенных материалов с массой, например перлитовых материалов, отходов деревообрабатывающей промышленности (опилок) и др. ($\rho_0 \leq 300-400 \text{ кг/м}^3$), обеспечи-

вается разделение уплотнённого в верхнем блоке материалов на потоки: I - центральный, в щековый уплотнитель и два боковых - II и III. Разделение потоков осуществляется с помощью шибберных устройств 18, 19, закреплённых в направляющих боковых стенок бункера. Угол наклона шибберов к горизонтали составляет $\psi=50-80^\circ$, что исключает зависание материала на шибберах, а также обеспечивает движение потоков в направлениях II и III. Формование предварительно уплотнённой шихты осуществляется в вальцевом прессе с желобково-зубчатыми формующими элементами.

Потоки материала, движущиеся в направлениях II и III, поступают в зоны уплотнения нагнетательных валиков 16, 17, обеспечивающих нагнетание частично уплотнённого материала в ячейки валков 3 и его дополнительное уплотнение (рис. 1. б, в) до значения плотности ρ_2 (рис. 1. а). Вращения валиков 16, 17 осуществляется за счёт сил трения, возникающих посредством - движущегося в зону формирования материала. Направление вращения валиков 16, 17 противоположно направлению вращения приводных валков 3, работающих от главного привода. Посадка, уплотняющих валиков на опорных поверхностях приводных валов 14, 15 скользящая, что позволяет обеспечить заданные направления вращения валиков 16, 17. В то же время, заданное направление вращения валов 14, 15 от дополнительного привода противоположно направлению вращения валиков 16, 17, что обеспечивает нагнетание уплотняемого в щековом уплотнителе материала в зону - межвалкового пространства валков 3 «сверху-вниз» (рис. 1 б). За счет параллельного уплотнения материалов в щековом уплотнителе (зона I) и нагнетательных валиков (зона II и III) материал достигает значения плотности ρ_3 (рис. 1 а). Наличие у щекового уплотнителя в его верхней части пустотелых камер 10 и 11 обеспечивает дополнительные преимущества: 1 - дополнительное уплотнение материала в отсеках при движении щёк, а также исключение зависания материала в отсеках; 2 - вибрационное воздействие на уплотняемый материал при установке вибраторов в пустотелые камеры на их боковых стенках; 3 - нагрев уплотняемого материала за счёт использования в камерах термонагревателей при использовании связующих, требующих термopодогрева, например нефте-шламовых связующих.

Совокупность вышеуказанных технологических приёмов: разделение потоков I и II, III, вибровоздействие, термopодогрев, дополнительное нагнетание материала в ячейки валков и его уплотнение валиками перед подачей материала в межвалковое пространство позволяет получить прирост плотности материала - пунктирная кривая 2 на рис. 1 а.

Для установления наиболее рациональных условий формования топливосодержащей шихты (опилок) с нефтешламовым связующим (НШС) в вальцовом прессе нами было проведено многофакторное планирование эксперимента. В качестве выходных параметров были приняты: механическая прочность на сжатие ($\sigma_{сж.}$) и объёмная масса (ρ) спрессованных тел; варьиру-

$$\begin{aligned}\sigma_{сж.} &= 0,54 + 0,03\bar{P} + 0,16d_{ср.} - 0,032C_{НШС} + 0,0036T - 0,003\bar{P}d_{ср.} + 10^{-4}\bar{P}T - 0,004d_{ср.}C_{НШС} + \\ &+ 0,0038C_{НШС}T - 0,005d_{ср.}T - 9,6 \cdot 10^{-4}\bar{P}^2 + 7,8 \cdot 10^{-4}C_{НШС}^2 + 0,024d_{ср.}^2 - 0,062 \cdot 10^{-3}T^2; \\ \rho &= 129 + 16,57\bar{P} + 47,03d_{ср.} + 11,67C_{НШС} + 7,73T + 0,366\bar{P}C_{НШС} - 2,53\bar{P}d_{ср.} - 2,26d_{ср.}T - \\ &- 0,514\bar{P}^2 - 0,177C_{НШС}^2 + 24,61d_{ср.}^2 - 0,05T^2\end{aligned}$$

позволили установить как основные закономерности процесса формования, так и специфические особенности, реализуемые в разработанном вальцевом прессе.

В качестве исследуемой композиционной смеси использовались отходы деревообрабатывающего производства (опилки) с размерами частиц $d_{ср.} = (0,2 \div 2,2) \cdot 10^{-3}$ м – наполнитель и нефтешламовое связующее (НШС) – нефтешлам Сургутского завода стабилизации конденсата ООО «Газпром Переработка».

Исходные характеристики НШС: плотность при $T=20^\circ\text{C}$ – 899 кг/м^3 , зольность – 5,05%, температура застывания – 66°C ; массовая доля – 6,2%, механических примесей – 4,85%, серы – 1,296%; pH – 7,6; содержание углеводов: высококипящих ароматических – 54%, олефиновых – 28%, парафиновых – 18%; вязкость – 3,5 условных градуса (ГОСТ 6258-85).

Анализ результатов многофакторного планирования эксперимента показал [6], что для обеспечения максимальной прочности $\sigma_{сж.} = (1-1,3)$ МПа и плотности $\rho = (850-870) \text{ кг/м}^3$ спрессованных из полифракционной смеси $d_{ср.} = (0,2-1,2) \cdot 10^{-3}$ м цилиндрических тел необходимо обеспечить следующие условия:

давление прессования $P=20-25$ МПа;
содержание НШС $C_{НШС}=(40-42)\%$;
температура шихты $T=(60-70)^\circ\text{C}$.

Результаты опытно-промышленных испытаний вальцевого пресса разработанной конструкции (рис. 2) показали, что для получения спрессованных брикетов из топливосодержащей композиционной шихты (наполнитель – опилки, $d_{ср.} = (0,5-2,5) \cdot 10^{-3}$ м; НШС – $C_{св.} = 25-45\%$; температура шихты – $T=60^\circ\text{C}$) необходимо обеспечивать заданный режим работы пресса: коэффициент предварительного уплотнения шихты с исходной насыпной массой $\rho_0=400 \text{ кг/м}^3$ и плотностью брикетов $\rho_{бр.} = (800-850) \text{ кг/м}^3$ ($C_{св.} = 40\%$)

$$K_{упл.} \geq \frac{\rho_{бр.}}{\rho_0} \geq 2; \text{ скорость прессования}$$

$$V = \pi D n = 0,12 \div 0,25 \text{ м/с при среднем диаметре}$$

емых параметров: давление прессования ($\bar{P} = 5 \div 25$ МПа), средний диаметр прессуемых частиц наполнителя ($d_{ср.} = 0,2 \div 2,2 \cdot 10^{-3}$ м), содержание НШС ($C_{НШС} = 7 \div 42\%$) и температура прессования шихты ($T = 22 \div 70^\circ\text{C}$).

Полученные адекватные математические зависимости в виде регрессионных уравнений:

валков $D_{ср.} = 0,4$ м и частоте их вращения $n_b = (6-12) \text{ м}^{-1}$; зазоре между валками $\sigma = (1-2) \cdot 10^{-3}$ м [7].

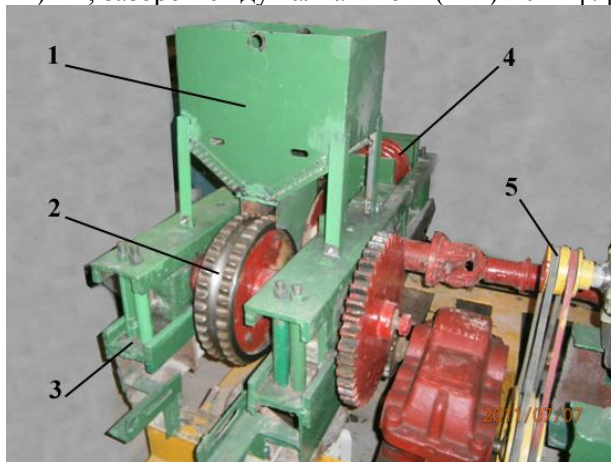


Рис. 2. Пресс-валковый агрегат для брикетирования порошкообразных

и вязкопластичных техногенных материалов:

1 – приёмный бункер шихты с уплотняющими устройствами; 2 – формующие элементы желобково-зубчатого типа; 3 – рама пресс-валкового агрегата; 4 – узел амортизации валков; 5 – привод пресса

Для достижения заданного коэффициента предварительного уплотнения $K_{упл.} \geq 2$ необходимо обеспечивать постадийное уплотнение материала: на первой стадии между эластичными валиками ($D_b = 0,1$ м) и бесконечными движущимися лентами; на второй стадии – в щековом уплотнителе с частотой колебаний щёк $f = (3 \div 8)$ кол/с.

Использование вышеуказанных условий позволяет получать в желобково-зубчатых формующих элементах ПВА спрессованные брикеты с геометрическими параметрами (рис. 3): $l \cdot b \cdot h = (32 \cdot 30 \cdot 18) \cdot 10^{-3}$; $V_{бр.} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$; $S_{сеч.} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ и физико-механическими характеристиками: $m_{бр.} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $\rho_{бр.} = (800-850) \text{ кг/м}^3$; $\sigma_{сж.} \geq 38 \text{ Н/бр.}$ Данные параметры удовлетворяют технологическим требованиям транспортировки и термической переработки брикетов в производственных условиях: необходимому сопротивлению ударным нагрузкам и истирающе-

му воздействию, сопротивлению сжатию вышележащего слоя, газопроницаемости слоя и др.



Рис. 3. Брикеты, спрессованные из топливосодержащей шихты с нефтешламовым связующим

При брикетировании вышеуказанной топливосодержащей шихты в вальцевом прессе с диаметром $D_{\text{ср.}} = 0,8$ м и шириной $B = 0,4$ м валков, количестве формирующих ячеек $z = 1540$ шт., окружной скорости их вращения $V = 0,41$ м/с (при $n = 10 \text{ м}^{-1}$) производительность пресс-валкового агрегата составляет $Q_t = 8,3$ т/час.

В результате выполненных нами конструкторско-технологических разработок, проведённых экспериментальных исследований и опытно-промышленных испытаний ПВА были достигнуты следующие технологические эффекты:

1. Созданы условия для удаления газообразной фазы из рыхлых, малосыпучих техногенных материалов на стадии их предподготовки, что исключает запрессовку воздуха в прессуемые тела и появление в них микротрещин.

2. Обеспечено поэтапное предварительное уплотнение материала с низкой насыпной массой, равномерное его распределение (при большей плотности и повышенной сыпучести) по ширине рабочих органов ПВА.

3. Достигнута возможность варьирования значений коэффициента уплотнения шихты в широком диапазоне, $K_{\text{упл.}} = 1,5 \div 3$, что обеспечивает необходимое давление прессования и прочность брикетов.

4. Обеспечивается повышение производительности ПВА на 15÷20% за счёт большей плотности и выхода кондиционных брикетов.

5. Созданы дополнительные технологические возможности для обработки влагонасыщенных техногенных материалов (целлюлозно-бумажных отходов, фосфогипса, торфа, отходов перлитового, вермикулитового, сельскохозяйственного производства и др.) за счёт предварительного удаления избыточной влаги, перед их прессованием.

6. Обеспечены технологические условия для переработки вязкопластичных, малосыпучих

техногенных материалов с повышенной адгезионной способностью (отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности с нефтешламовым связующим) и производства альтернативных источников топлива – прессованных пеллет, брикетов и др., обогрева индивидуальных жилищ и получения дополнительной электрической энергии в автономных тепло-электрогенераторах.

7. Созданы конструктивно-технологические условия в ПВА для получения спрессованных композиционных материалов с упрочнённым поверхностным слоем брикетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов, В.С. Технические основы переработки и утилизации техногенных материалов/ В.С. Севостьянов, Л.И. Шинкарёв, М.В. Севостьянов, А.А. Макридин и др.// Учебное пособие, - Белгород, С. 2011 – 270.
2. Шинкарёв, Л.И. Классификационные принципы создания агрегатов для формирования природных и техногенных материалов/ Л.И. Шинкарёв// Сб. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Экология – образование, наука, промышленность и здоровье, Ч. I/ - Белгород - 2011 – С. 215 – 220.
3. Минигазинов, Н.С. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов/ Н.С. Минигазинов, В.А. Расветалов, Х.Н. Зайнулин. Уфа: Экология, 1999. – С. 299.
4. Ручкина, О.И. Разработка ресурсосберегающих технологий безопасной утилизации твёрдых отходов нефтедобычи: дисс. д-р техн. наук: 03.00.16// О.И. Ручкина – Пермь, 2004. – С. 367.
5. Заявка на патент №2011136996 от 07.09.2011 Способ формирования техногенных материалов и пресс-валковый агрегат для его осуществления. Авторы: С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, С.В. Свергузова, Л.И. Шинкарёв, М.Н. Спирин, Д.Д. Фетисов, М.В. Севостьянов, Ж.А. Свергузова.
6. Севостьянов, В.С. Исследование условий формирования топливосодержащих отходов с нефтешламовым связующим/ В.С. Севостьянов, С.В. Свергузова, М.В. Севостьянов, Л.И. Шинкарёв, Д.Д. Фетисов и др.// Сб. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Экология – образование, наука, промышленность и здоровье», Ч. I – Белгород – С. 130-136.
7. Севостьянов, В.С. Брикетирование топливосодержащей шихты в пресс-валковом агрегате с предварительным уплотнением материала/ В.С. Севостьянов, С.В. Свергузова, М.В. Севостьянов, Л.И. Шинкарёв, Д.Д. Фетисов.// Сб. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Экология – образование, наука, промышленность и здоровье.» Ч. I – Белгород – С. 136-144.

