

объемную теплотворную способность, снижает поглощение влаги и уменьшает концентрацию содержания серы и зольности брикетируемого топлива. Несмотря на то, что опилки в первоначальном виде занимают значительный объем, после брикетирования объем в 4–6 раз уменьшается, и низкая плотность сформированных брикетов позволяет транспортировать их и выполнять погрузо-разгрузочные работы с минимальными затратами.

### Список литературы

1 **Ковхуто, А. М.** Минерально-сырьевые ресурсы Республики Беларусь и проблемы их комплексного освоения / А. М. Ковхуто, Л. А. Шакалов // *Новости науки и технологий*. – 2012. – № 4 (23). – С. 10–20.

2 **Сидняев, П. И.** Введение в теорию планирования эксперимента : учеб. пособие / П. И. Сидняев, Н. Т. Вилисова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 463 с.

3 **Хрусталеv, Б. М.** Технология производства MSF-топлива – направление, обеспечивающее переход к циркулярной экономике / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота, Р. Н. Вострова // *Наука и техника*. – 2022 – Т. 21, № 4 – С. 340–348.

### PRODUCTION OF BRIQUETTES BASED ON SEWAGE SLUDGE BY PRESSING

A. N. PECHOTA<sup>1</sup>, R. N. VOSTROVA<sup>2</sup>, Ya. S. VASILIEV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, Minsk

<sup>2</sup>Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 662.8.055:628.38

### ШНЕКОВОЕ ПРЕССОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД (ОСВ) ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

A. N. PECHOTA<sup>1</sup>, R. N. VOSTROVA<sup>2</sup>, P. A. MATVEEVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
*delf\_1@mail.ru*

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
*vostrova@tut.by, polina70847188@gmail.com*

**Актуальность.** Возврат вторичных энергетических ресурсов в народохозяйственный оборот – актуальная задача современности.

**Цель работы** – разработка способа брикетирования двухкомпонентного твердого топлива на основе ОСВ.

**Основная часть.** Наиболее производительным способом изготовления топливных брикетов с высокими показателями по качеству и сжиганию является метод брикетирования с использованием прессов [1]. Для брикетирования применяются в основном три типа прессов: конические шнековые, шнековые с нагревательной матрицей (без нагревательной матрицы) и двухшнековые.

Плотность материала готового брикета может достигать 1,2 кг/дм<sup>3</sup>. Принцип работы установки шнекового брикетирования включает следующие основные стадии: прессование, формование, а с нагревательной матрицей и обжиг.

В основе многих способов и технологий производства древесных топливных брикетов лежит процесс прессования мелкоизмельченных отходов древесины (опилок) под высоким давлением и при нагревании. При этом содержащийся в опилках лигнин обеспечивает формование брикета (патенты Республики Беларусь № 960455, u20090319; патенты России № 2080254, 2369633, 2074236, 2191799). Каждая технологическая разработка в большинстве случаев привязывается к использованию местных ресурсов и имеющегося вторичного сырья, применение которых позволяет повысить технико-экономические показатели производства твердого топлива.

В состав типовой технологической схемы линии шнекового прессования древесных опилок в топливные брикеты дополнительно может устанавливаться оборудование, позволяющее измельчать кусковые древесные отходы до необходимых гранулометрических размеров частиц.

Энергопотребление установки по производству топливных брикетов производительностью в пределах 500 кг/ч составляет 75 кВт, а более мощные производственные линии производительностью 1,0–1,2 т/ч в зависимости от производителя (ООО «ЭкоЭнергия» Российская Федерация, ООО «Промбрикет» Республика Беларусь) потребляют 120–170 кВт.

Производительность таких линий увеличивается только за счет использования дополнительных брикетных прессов и более мощных сушильных агрегатов типа АВМ-0.65, АВМ-1,0.

Одним из недостатков типовой технологической схемы брикетирования твердого топлива относится необходимость обеспечения непрерывной работы применяемых в технологии сушильных агрегатов и теплогенераторов, так как любая поломка вызывает остановку технологического процесса.

Процесс сушки требует генерации топочных газов высокой температуры, поскольку низкие качественные показатели температуры топочных газов обуславливают высокий градиент влажности подготавливаемого сырья к брикетированию.

Особенностью технологии получения брикетов является необходимость применения только измельченных древесных опилок, при этом в составе древесных отходов не допускается абразивных и механических включений, а при смешивании опилок с различной влажностью при одинаковых параметрах сушки возможно самовозгорание опилок в процессе сушки.

К основным недостаткам этих методов получения топлива относятся низкая производительность оборудования, высокие требования к сырью – размеры частиц опилок 0,1–3,0 мм, влажность опилок 9–14 %. В качестве органического связующего для брикетирования могут использоваться свя-

зующие компоненты, например, низко- или среднеплавкий нефтяной остаток, требующий специальной подготовки и расплавления. Режим брикетирования требует создания давления не менее 30 МПа.

Технологические схемы насыщены различным основным и вспомогательным оборудованием, что требует значительных капитальных затрат и многопрофильного обслуживающего персонала. Устройство пресса-экструдера для производства топливных брикетов методом непрерывного прессования сухих древесных опилок показано на рисунке 1.

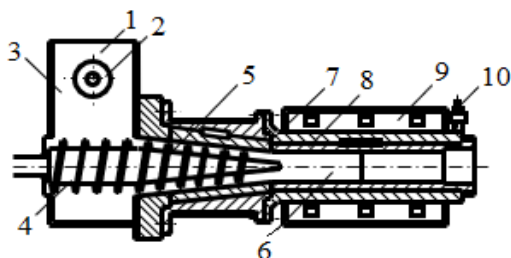


Рисунок 1 – Устройство пресса-экструдера для производства топливных брикетов методом непрерывного прессования:

1 – загрузочное окно; 2 – ворошитель; 3 – камера; 4 – подающая часть шнека; 5 – прессующая часть шнека; 6 – рабочий канал; 7 – коническая втулка; 8 – матрица-фильера; 9 – нагревательные элементы; 10 – термопара

Сырье поступает в приемный бункер, проходит загрузочное окно 1 через ворошитель 2 и сыпается в камеру 3, где расположен вращающийся подающий шнек 4. К нему соосно примыкает прессующая часть шнека 5, свободный конец которого входит в рабочий канал 6, состоящий из конической втулки 7, переходящей в цилиндрическую формующую часть матрицы-фильеры 8 на выходе.

По мере заполнения камеры 3 шнек 4 подает сырье в коническую часть канала втулки, где происходит его прессование, выдавливание в цилиндрическую часть канала. Усилия от прессующего шнека 5 действуют в осевом направлении и в вертикальной плоскости. Коническое исполнение хвостовика прессующего шнека способствует повышению плотности брикета.

В конической части канала втулки происходит формирование брикета при давлении 15–20 МПа. На коническую поверхность втулки 7 действуют большие усилия, вследствие чего возникает сопротивление в виде сил трения. Усилия от прессующего шнека уплотняют смесь по всему сечению.

Под действием сил сжатия и подвода теплоты к смеси от нагревательных элементов 9 выделяется из клеток древесины естественное связующее (лигнин). При последующем охлаждении брикета связующее пластифицируется. Температура нагрева прессующего канала контролируется термопарой 10, которая подключена к блоку регулирования температуры от 240 до 280 °С.

При такой температуре на внешней и внутренней поверхностях брикета образуется науглероженный слой, выполняющий функции защитной гидрофобной оболочки при хранении и транспортировке брикета, а также смазки, что способствует непрерывному прохождению брикета в конической втулке 7 и матрице-фильере 8 прессы. Коническое исполнение хвостовика прессующего шнека также способствует повышению плотности брикета.

Для решения ряда принципиальных вопросов, в первую очередь вопроса возможности использования ОСВ с высокой влажностью и значительным содержанием золы при брикетировании, в общепринятую технологическую систему брикетирования внесены изменения и усовершенствована технологическая схема процесса производства твердого топлива с использованием ОСВ методом брикетирования. Описанный ранее процесс брикетирования в упрощенном варианте состоит из последовательности следующих операций, представленных на рисунке 2.

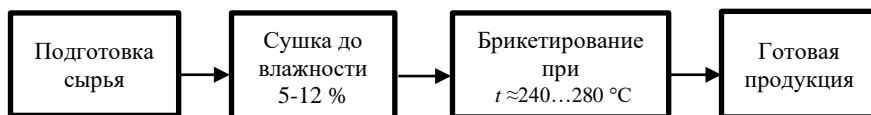


Рисунок 2 – Последовательность операций при традиционном способе брикетирования твердого топлива

Недостатком данной схемы, ограничивающей ее применение при переработке ОСВ, является необходимость предварительной сушки брикетируемого сырья до 7–12 % и в дальнейшем нагрева формируемой массы до температуры 220–260 °С для спекания при брикетировании под создаваемым прессом давлением.

С целью брикетирования ОСВ и смеси ОСВ и древесных отходов при производстве твердого топлива использована схема последовательности операций, представленная на рисунке 3. Преимуществом такой схемы является исключение первичных затрат на подготовку, включающую основные операции, представленные на рисунке 2 (нет необходимости предварительно измельчать, высушивать брикетируемое сырьё, в основном по необходимости на вибросите происходит просеивание опилок с отделением крупных древесных и минеральных включений), и возможность выполнять основную сушку сформованного топлива как в сушильной камере или, например, в предтопнике, а в теплое время года – при температурах атмосферного воздуха (например, под навесом).

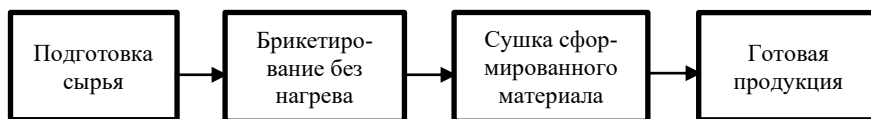


Рисунок 3 – Последовательность операций при предложенном способе брикетирования двухкомпонентного твердого топлива

**Выводы.** Для оценки энергоэффективности и определения основных характеристик и элементного состава различных образцов твердого топлива, была использована матрица с типоразмером применённой фильеры 93×93 мм. Подобранный типоразмер применённой фильеры позволяет в первую очередь подвергать минимальному износу матрицу и шнековую часть брикетирующей установки ввиду большого содержания минеральных примесей (до 39%) в составе ОСВ. Также данная установка способна обезвоживать брикетируемую смесь при сжатии на входе в формующую матрицу с удалением излишков влаги непосредственно при брикетировании.

#### Список литературы

1 Хрусталеv, Б. М. Технология производства MSF-топлива – направление, обеспечивающее переход к циркулярной экономике. / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота, Р. Н. Вострова // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 4 – С. 340–348.

#### SCREW PRESSING OF SEWAGE SLUDGE (OSV) IN THE MANUFACTURE OF FUEL BRIQUETTES

A. N. PECHOTA<sup>1</sup>, R. N. VOSTROVA<sup>2</sup>, P. A. MATVEEVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, Minsk

<sup>2</sup>Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 662.818:628.38

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

A. N. PECHOTA<sup>1</sup>, P. N. VOSTROVA<sup>2</sup>, V. A. MALOFEY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
delf\_1@mail.ru

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
vostrova@tut.by

**Актуальность.** Определение теплоты сгорания топлива на основе осадков сточных вод (ОСВ) с целью возможности установления оптимальных по соотношению компонентных параметров является актуальной задачей в сфере создания альтернативного топлива.

**Цель работы** – определение теплоты сгорания топливных брикетов на основе ОСВ.

**Основные результаты.** С учетом накопленного опыта создания многокомпонентных видов топлива с использованием лигнина и нефтесодержащих отходов и разработанных ранее ТУ ВУ 490319372.001–2005 «Топливо твердое многокомпонентное» при разработке компонентных составов топлива с ис-