

Технологические аспекты получения твердого топлива на основе осадка сточных вод очистных сооружений

Пехота А. Н., Пехота Е. А.
Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь

Рассмотрены технические аспекты реализации разработанной инновационной технологии производства твердого топлива на основе использования осадка сточных вод очистных сооружений. Проанализированы результаты исследований, полученные от применения разработанной циклической гидравлической установки брикетирования топлива, на основе многокомпонентных составов с использованием горючих отходов. Дана оценка с применением многофакторного анализа разработанной открытой системы позволяющей определить пределы функции желательности, обеспечивающие получение качественного топлива с максимальной плотностью брикета и оптимальной производительностью брикетирования.

Разработка научного обоснования необходимых комплексных мер по использованию твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива было предусмотрено и выполнено в рамках Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски» в 2016–2020 годы.

Анализ национальных данных о деятельности предприятий и организаций, производящих отходы показал, что одним из наиболее приемлемых решений является термическая утилизация коммунальных отходов с применением их в качестве альтернативного топлива, что в целом позволяет решать ряд важных и злободневных задач.

При этом важность скорейшего внедрения и использования технологий получения альтернативного топлива, в значительной мере на предстоящую перспективу обеспечит снижения количества полигонов твердых коммунальных отходов, являющихся одними из крупнейших источников эмиссии метана в атмосферу. Проведенный анализ данных кадастра парниковых газов, показал, что общий объем выбросов парниковых газов в секторе «Отходы» в среднем ежегодно в эквиваленте CO₂ составляет не менее 7,4 % от общего объема выбросов парниковых газов в Республике Беларусь, в т. ч. 96,5 % этого объема выделяется от полигонов концентрирующих ТКО.

При этом следует отметить, что сегодня в странах ЕС существуют предприятия, в структуре которых применение альтернативных видов топлива различной природы, достигает 100 % от общего потребления топлива. А,

например, природный газ в промышленности некоторых стран ЕС используется только как резервное топливо, или как вспомогательное – для поддержки горения трудно сгораемого топлива, углеродсодержащих отходов и розжига. Для переработки и получения альтернативного топлива используются не все фракции твердых коммунальных отходов (ТКО), а только наиболее легко извлекаемые фракции, обеспечивающие минимальные затраты. Поэтому рассматривая среди этой группы отходов, осадки сточных вод (ОСВ) очистных сооружений можно отнести к наиболее легко извлекаемым и доступным фракциям отходов, имеющих значительный энергетический потенциал [1, 2].

Вместе с тем, важностью скорейшего применения технологий получения, на основе ОСВ альтернативного топлива, является растущие объемы его образования. По оценкам специалистов, уже в ближайшее время прогнозируется рост объемов ОСВ, вследствие строительства новых очистных сооружений, в т.ч. при выводе из эксплуатации полей фильтрации, а также при увеличении производительности и повышении степени очистки сточных вод на существующих сооружениях. В настоящее время ежегодно в Республике Беларусь образуется более 50 тыс. тонн осадков сточных вод в пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Соответственно масса и объемы образующегося влажного осадка намного выше, и в среднем составляют около 0,7 млн тонн в год [3]. Таким образом, все более актуальным для производственных и коммунальных предприятий становится вопрос выбора технологии его переработки, позволяющей сократить площади для размещения этого отхода или полностью гарантировать его переработку в процессе поступления, что обеспечит отсутствие необходимости его хранения.

В рамках проведенных исследований, была рассмотрена возможность использования ОСВ для получения твердого топлива с применением технологий брикетирования. Учитывая высокую остаточную влажность ОСВ 70–80 %, даже после механического обезвоживания, применение традиционных способов брикетирования для данного отхода нецелесообразно. В рамках проведения исследования теплоэнергетических и физико-химических свойств ОСВ, на КПУП «Гомельводоканал» была изготовлена опытная партия твердого топлива. Разработанные составы были произведены в следующих соотношениях: «Марка-1» – ОСВ 50 % и опилки древесные 50 %; «Марка-2» – ОСВ 75 % и опилки древесные 25 %; «Марка-3» – ОСВ 100 %; «Марка-4» – ОСВ 33 % и опилки древесные 67 % [4, 5]. С точки зрения теплотехнических и экологических характеристик, были приведены анализы, на основе которых определялись диапазоны и соотношения химического состава, соответствующего оптимальному качеству по энергетическим и экологическим показателям.

Проведенные исследования показали, что к основным параметрам брикетируемости представленных составов, как физико-механического процесса,

является способность подготовленной смеси к уплотнению, упрочнению и присутствию пластичности. В ходе предварительных экспериментов по брикетированию опытной партии установлено, что эти параметры зависят от температуры, влажности, давления брикетирования. Поэтому важно определить те их значения, которые соответствуют минимальным энергетическим затратам и максимальной производительности брикетирования при необходимом качестве.

Брикетирование осуществлялось с применением разработанной технологии влажного многокомпонентного брикетирования, на установках шнекового и гидравлического формования. На рис. 1 схематично представлено устройство разработанной гидравлической установки брикетирования топлива.

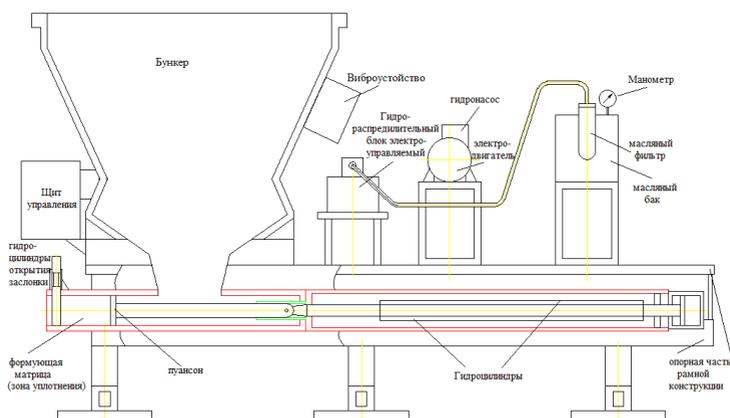


Рис. 1. Гидравлическая установка циклического брикетирования многокомпонентного твердого топлива

Особенностью ее работы и выгодным отличием от существующих установок, является высокий уровень автоматизации процесса брикетирования, не высокое энергопотребление (11 кВт/час), и повышенная производительность брикетирования (500–680 кг/час топлива по сухой массе).

Работа установки осуществляется следующим образом: из бункера подготовленная смесь с помощью виброустройства поступает в открытую зону уплотнения, в момент, когда левый горизонтально расположенный цилиндр вдоль рамной конструкции установки, полностью открыл загрузочное окно формующей матрицы, т. е. вернулся в исходное положения (в корпус цилиндра, стадия – начало брикетирования), а правый цилиндр в это время окончил цикл брикетирования (полное сжатие формующей смеси). Далее правый, вертикально

установленный гидравлический цилиндр, расположенный с передней торцевой стороны установки, поднимает упорную заслонку формирующей матрицы вверх, чем открывает матричный канал. При полном открытии заслонки, правый цилиндр выполняет операцию выталкивания сбрикетированного топлива из формирующей матрицы (т. е. продолжает движение после паузы связанной с открытием заслонки), при этом левый цилиндр в это время производит предварительное брикетирование (подпрессовку) смеси. Далее левый горизонтальный цилиндр начинает брикетирование за счет движения пуансона в сторону заслонки, а правый цилиндр совершает обратное движение, при котором открывается загрузочное окно в бункере и матричный канал за счет работы вибросита заполняется смесью для последующего предварительного брикетирования (подпрессовку) смеси и брикетирования.

Расчет и подбор оптимальных соотношений многокомпонентных составов производится с применением как общепринятой теории построения эксперимента, так и с применением тщательно проработанных и проверенных временем систем автоматизации математических расчетов MathCAD и MatLab, а также с использованием современных математических инструментов в виде программы STATISTICA 7 (раздел «Промышленные смеси»).

Так в результате исследования составов топлива полученных с учетом четырехфакторного анализа (влажность смеси, осадок сточных вод, измельченные древесные отходы и углеводородсодержащих отходов), были получены адекватные уравнения регрессии, характеризующие степень влияния каждого компонента и их по парное сочетание на показатели производительности брикетирования и плотность получаемого топлива. С использованием полученных уравнений регрессии были построены поверхности отклика и определены оптимальные пределы желаемости для достижения качества с учетом плотности (U), топлива и изменения производительности (P) (рис. 2).

Так установлено, что при содержании в составе брикетируемой смеси ОСВ в пределах 32,8–48,6 % и углеродсодержащих отходов в пределах 3–7,9 %, остальное древесные опилки, обеспечивается функция желательности, которая удовлетворяет условиям эффективности по времени брикетирования в пределах 18 кг/мин, а по плотности получаемого высушенного брикета 0,86 кг/м³ (рис. 3).

При этом рассматривался вопрос пригодности брикетов при сжигании в имеющихся на предприятии твердотопливных котлоагрегатах применяемых в технологическом цикле КПУП «Гомельводоканал». По результатам проведенных натурных исследований выбросов вредных веществ, на действующем водогрейном котле марки РВ-Р-1.0 (зав. № 403, 2007 г.в), установлено, что среднее значение NO₂ составило 170,99 мг/нм³ при норме 200 мг/нм³; для SO₂ – 10,58 мг/нм³ при норме 100 мг/нм³.

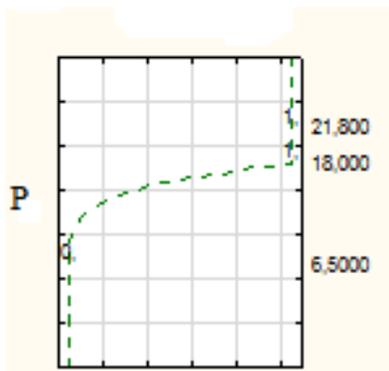


Рис. 2. Профиль функции желательности для производительности процесса брикетирования

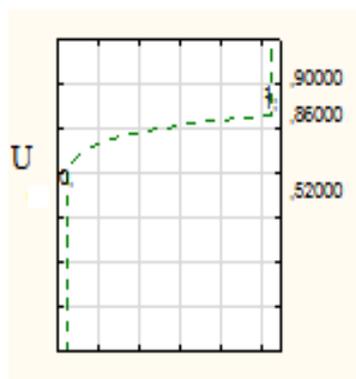


Рис. 3. Профиль функции желательности для получения брикета с оптимальной плотностью

Таким образом, полученное технологическое соотношение обеспечивает предельно-допустимую концентрацию вредных веществ в выбросах при сжигании многокомпонентной смеси.

Литература

1. Пехота, А. Н. Технология производства многокомпонентного твердого топлива с использованием отходов сточных вод / А. Н. Пехота, Б. Н. Хрусталеv, Минь Фан Ву, В. Н. Романюк, Е. А. Пехота, Р. Н. Вострова, Тху Нга Нгуен // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 525–537.
2. Пехота, А. Н. Исследование теплотехнических свойств брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений/ А. Н. Пехота, Р. Н. Вострова, В. Н. Грибанов // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы II-й Междунар. науч.-техн. конф.: в 2-х т. – Минск : Институт ЖКХ НАН Беларуси, 2020. – Т. 2. – С. 99–108.
3. Ануфриев, В. Н. Технологии обработки осадков сточных вод / В. Н. Ануфриев // Экология на предприятии. – 2017. – № 5. – С. 84–95.
4. Пехота, А. Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием некондиционных горючих коммунальных и производственных отходов / А. Н. Пехота // Наука и техника. – 2022. – № 2. – С. 164–174.
5. Пехота, А. Н. Многокомпонентное твердое топливо: [монография] / А. Н. Пехота // М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.