

**Термоаналитический анализ брикетированного
многокомпонентного топлива**

Хрусталеv Б. М.¹, Пехота А. Н.², Филатов С. А.³

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь,

²Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь,

³Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Рассмотрена реализация алгоритма подбора многокомпонентных составов твердого топлива с использованием анализа и оптимизации различных факторов, при производстве брикетированного топлива на основе использования горючих отходов. Освещены результаты термоаналитических исследований многокомпонентных составов с использованием метода дифференциально-термического анализа (ДТА), выполненного на дериватографе.

Промышленное производство различных стран мира реализует основные подходы в применении разнообразных технологий, обеспечивающих переработку образующихся объемов отходов от применения сырьевых и природных ресурсов. Эффективным методом их утилизации во многих технологиях является термическое переработка, которая позволяет не только уменьшать объемы образования, не загрязняя окружающую среду, но и получать различные энергоресурсы при их утилизации.

В последние годы среди «традиционных» альтернативных источников производства топлива, все больше находят распространение такие виды топлива как гранулированное, брикетированное, MSF-топливо (многокомпонентное), RDF-топливо и др. Эти виды альтернативного топлива, использование которых обеспечит производство тепловой и электрической энергии [1].

Наибольший интерес сегодня приобретает технология получения MSF-топлива, которое, как и RDF-топливо имеет многокомпонентный состав, но производится с использованием не только твердых коммунальных отходов.

На рис. 1 представлена принципиальная технологическая схема многокомпонентного брикетирования с использованием связующих компонентов или веществ.

В свою очередь, как показали ранее проведенные исследования [2–4] решением проблем с использованием отходов, не нашедших технологичес-

кого применения в других технологиях, является специализированный подбор оптимального многокомпонентного состава с учетом обязательного использования в брикетируемой смеси экологически чистых отходов в пропорции с загрязненными отходами. Такой подход, при формировании двух-трех и более компонентных смесей в пределах определенной влажности, обеспечивает оптимальное и сбалансированное соотношение химических элементов в конечном составе топлива, что при сжигании обеспечивает нормированные параметры содержания выбросов вредных веществ.

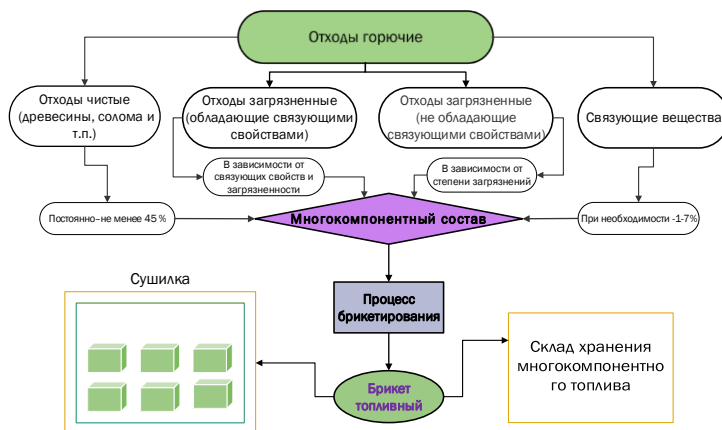


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема брикетирования MSF-топлива

Разработанная и смоделированная открытая система многокомпонентного брикетирования, также базируется и на таком обязательном факторе, как использование связующего в составе топливной смеси. Продолжительный опыт экспериментальных исследований, изучение моделей процесса и практика брикетирования, позволили определить широкую группу различных отходов производственной и коммунальной жизнедеятельности человека, которые успешно обеспечивают связующими свойствами процесс брикетирования. Среди них, гидролизный лигнин, отходы очистных сооружений предприятий деревообработки, целлюлозно-бумажных производств, городской коммунально-бытовой канализации (осадок сточных вод), а также широкий спектр углеводородсодержащих отходов, применение которых в составе топлива допускается разработанным Министерством природных ресурсов Республики Беларусь ТКП 17.11-01-2009 и многие другие отходы.

Научная новизна, разработанной инновационной технологии, состоит в использовании математических моделей, позволяющих, с учетом физико-химического состава используемых компонентов, рассчитать оптимальное с энергетической и экологической точек зрения, соотношение компонентного состава топлива в открытой системе многокомпонентного брикетирования. Для решения данной научной задачи использовался алгоритм, реализующий теорию планирования и математическое моделирование процессов получения составов топлива и распространения выбросов при его сжигании в слоевых топках. Реализация алгоритма осуществлена с применение системы компьютерной математики Mathcad, а также математического программного комплекса STATISTICA 7 (промышленная статистика, планы для смесей с ограничениями). Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента для трех компонентного топлива представлена на рис. 2, где входными параметрами являются: a осадок сточных вод, z древесные опилки, c углеводородсодержащие отходы. Выходными параметрами являются время получения брикета P и показатель плотности U брикета.

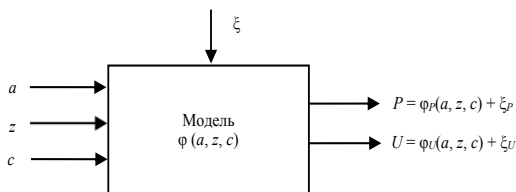


Рис. 2. Кибернетическое представление эксперимента и геометрическая интерпретация факторного эксперимента для трехкомпонентного топлива

Изучение физико-химических процессов, происходящих в сложных гетерогенных системах осуществлено, в соответствие с учением о фазовых равновесиях, представляющих собой общие закономерности, которым подчиняются равновесные системы, содержащие любое число фаз и компонентов и подчиняющиеся правилу фаз Гиббса. Проведенные экспериментальные исследования, показали, что для трехкомпонентных топливных систем, с учетом ее равновесия существенное влияние оказывают два основных внешних фактора – температура и давление.

Учитывая, что важной составляющей получения качественного твердого топлива, является его теплотехнические характеристики и фактические значения основных показателей, были выполнены традиционные лабораторные исследования в соответствии с ГОСТ 33515, 33513, 2408.3, 33511, 33108, а также дополненные исследования с применением методов термического

разложения веществ. Применение этих исследований позволило рассчитать кинетические константы соответствующих процессов, тепловые эффекты реакции, определить температуру начала разложения и другие характеристики [4–5].

Применение дифференциально-термического анализа (ДТА), выполненны на дериватографе MOM-1500 (Венгрия), позволило выявить фазовые превращения и химические реакции, протекающие в многокомпонентном топливе при нагревании по термическим эффектам, сопровождающим эти изменения. При помощи ДТА определено изменение энтальпии, связанное с химическими реакциями, происходящими в многокомпонентном брикете под влиянием тепла, а также изменение состояния и превращение фаз в топливе.

Результаты сравнительного анализа дериватограмм полученных от исследования различных марок многокомпонентного твердого топлива с использованием двух и трех компонентных составов (древесные отходы, осадки сточных вод, углеводородсодержащие отходы, лигнин) показал, что например, по зольности топливо с запасом, а в некоторых случаях и значительным, соответствуют требованиям ГОСТ 11022-95 и ГОСТ 33511[5].

Литература

1. Хрусталеv, Б. М. Твердое топливо на основе отходов малоиспользуемых горючих энергоресурсов / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота, Нга Тху Нгуен, Фап Минь Ву // Наука и техника. – 2021. – № 1. – С. 58–65.
2. Пехота, А. Н. Технология производства многокомпонентного твердого топлива с использованием отходов сточных вод / А. Н. Пехота, Б. Н. Хрусталеv, Минь Фап 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.
3. Пехота, А. Н. Многокомпонентное твердое топливо: [монография] / А. Н. Пехота // М-во трансп. и коммуникац. Респ. Беларусь, Беларус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.
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. – Т. 65, № 2. – С. 164–174.
5. Пехота, А. Н. Исследование термоаналитическими методами энергетических свойств брикетированного многокомпонентного топлива / А. Н. Пехота, С. А. Филатов // Энергетика. Известия высш. учеб. заведений и энергетич. объединений СНГ. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 143–155.