

**Исследование брикетирования биомассы и городских отходов
с использованием установки ГБУМТ-1**

Хрусталеv Б. М., Пехота А. Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Исследованы и определены параметры брикетирования биомассы с применением гидравлической циклической установки марки ГБУМТ-1. Проанализированы закономерности получения при брикетировании многокомпонентных составов твердого топлива с использованием биомассы, обеспечивающие качественные теплотехнические показатели.

Одним из основных факторов при развитии производств, обеспечивающих получение искусственных видов твердого топлива с использованием отходов, является универсальность применяемых технологий и оборудования, что обеспечивает использование различных вторичных материальных ресурсов, в том числе и структурно неоднородных по составу отходов.

С применением отходов биомассы помимо жидкого и газообразного топлива, во всем мире находят применение технологии брикетирования. Брикетированное искусственное твердое топливо принято подразделять на однокомпонентные и многокомпонентные топлива. Однокомпонентные топлива представляют собой составы, в которых применяется один вид материала (древесина, торф, солома, лузга и т. п.). Многокомпонентные топлива получают путем смешивания нескольких видов отходов в топливный состав, в котором один из компонентов может использоваться в качестве связующего или в его состав специально вводят связующее вещество, при этом используется получение твердого топлива методом горячего или холодного брикетирования.

Не все технологии способны обеспечить высокий уровень рециклинга отходов, так как многие виды, например, отходы биомассы в виде осадков точных вод городских очистных сооружений не находят технологического применения.

В качестве решения данного вопроса разработана гидравлическая установка циклического брикетирования твердого топлива марки ГБУМТ-1, обеспечивающая формирование многокомпонентного твердого топлива.

Основой процесса гидравлического брикетирования является продавливание порций многокомпонентной смеси сквозь матричный канал. Поскольку этот процесс, представляет собой новое техническое решение в ча-

сти: эффективном использовании основных элементов и компоновки оборудования; поочередного циклического брикетирования; брикетирование многокомпонентных составов (при необходимости и донстройке возможно брикетирование однокомпонентного топлива); минимизации затрат на производство; возможность получения различных геометрических форм топлива; возможность настройки режимов работы в ручном режиме в зависимости от параметров влажности, плотности, и однородности применяемых отходов в многокомпонентной смеси.

Сущность работы установки заключается в циклическом продавливании многокомпонентной смеси через формирующий канал (рис. 1). Смесь уплотняется в холодном состоянии под действием давления, создаваемого пуансоном, и сопротивления перемещению, обусловленного межчастичным трением и трением о стенки матрицы, обеспечивая при этом частичное удаление излишней влаги, выделяемой под действием брикетирующего давления.

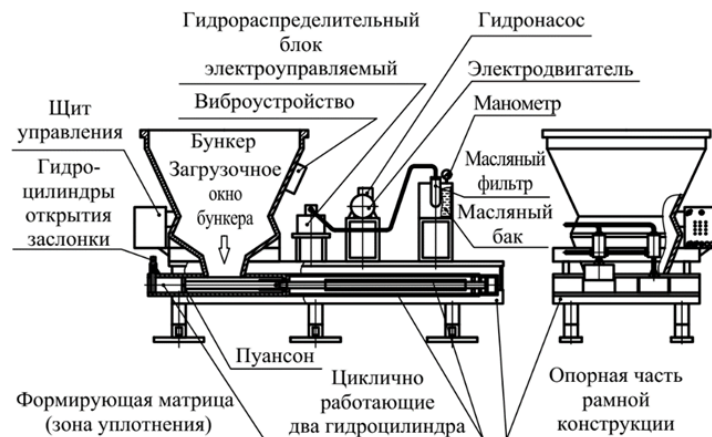


Рис. 1. Схема устройства гидравлической установки циклического брикетирования твердого топлива марки ГБУМТ-1

Согласно технологическому регламенту производства, подготовленные компоненты топлива дозируются и поступают в расходный бункер-смеситель, в котором они смешиваются при естественной температуре до однородного состояния. Подготовленная смесь характеризуется массовой влажностью w и определенным соотношением многокомпонентной смеси брикетируемых веществ, обеспечивающих необходимую пластичность и плотность.

К основным факторам, определяющим формирование структурного каркаса многокомпонентного брикета, относятся гранулометрический состав,

активность поверхности, влажность брикетируемой смеси, условия и пропорции смешивания компонентов, давление, создаваемое в матрице при брикетировании. Гранулометрический состав определяется суммарной поверхностью соприкосновения брикетируемых частиц, количеством и величиной пустот в структурном каркасе топлива, содержанием остроугольных частиц, рельефом их поверхности и обязательным наличием пылевидных частиц.

На основании проведенных исследований [1–4] определено, что проблема переработки горючих отходов биомассы, не нашедших применения в других технологиях, может быть решена за счет создания брикетируемого топлива путем специализированного подбора оптимального многокомпонентного состава с учетом обязательного использования экологически чистых отходов.

Такой подход при формировании многокомпонентных смесей обеспечивает оптимальное соотношение химических элементов в конечном составе топлива, что при его сжигании в котлоагрегатах обеспечивает нормированные параметры содержания вредных веществ в выбросах. Разработанная авторами технология, составы топлива и оборудование для его производства находят применение в ближнем и дальнем зарубежье под брендовым названием «MSF-топливо» (англ. multicomponent solid fuel) [5]. Разработанная технология получения «MSF-топлива» предусматривает использование в качестве связующего компонента осадок сточных вод, лигнин гидролизный, сапрпель, отходы переработки торфа и т. п., при этом брикетирование многокомпонентной смеси структурно неоднородных отходов, является сложным технологическим процессом.

Изучение физико-химических процессов, происходящих в сложных гетерогенных системах, осуществлено в соответствии с учением о фазовых равновесиях, представляющих собой общие закономерности для равновесных систем, содержащих любое число фаз и компонентов, и подчиняющихся правилу фаз Гиббса. Проведенные экспериментальные исследования показали, что на многокомпонентную топливную смесь с учетом ее равновесия существенное влияние оказывают четыре основных фактора: температура, давление брикетирования, влажность и долевое соотношение компонентов в смеси.

Поэтому основной целью исследований является анализ и нахождение оптимального многокомпонентного состава твердого топлива с применением трансформированного цикла улучшения качества Шухарта–Деминга – цикла МАИС, включающего графическую визуализацию результатов в виде состав – свойство.

Так, с помощью программы STATISTICA 7 получены адекватные уравнения регрессии, характеризующие степень влияния каждого компонента и их парных сочетаний на показатели производительности брикетирования и плотность производимого топлива.

На основе уравнений регрессии построены поверхности отклика с применением метода Гиббса–Розебома, представляющие собой равнобедренные треугольники (рис. 2), вершины которых соответствуют заданному варьированию содержания компонентов – влажности смеси (*A*), осадка сточных вод (*B*), измельченных древесных отходов (*C*) и углеводородсодержащих отходов (*D*).

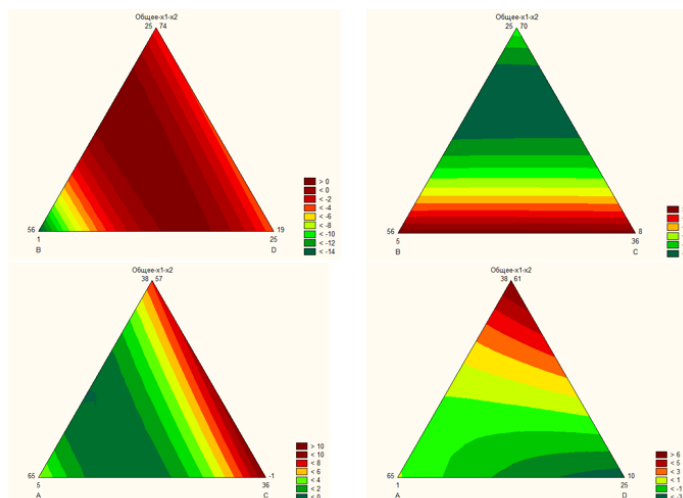


Рис. 2. Зависимость производительности установки брикетирования (кг/мин) от долевого содержания влажности смеси (*A*), осадка сточных вод (*B*), древесных отходов (*C*) и углеводородсодержащих отходов (*D*)

По результатам проведенных исследований разработаны и утверждены в установленном порядке технические условия на производство твердого топлива ТУ ВУ 490319372.002-2021 «Топлива твердые многокомпонентные котельно-печные» [6].

Выводы

1. На основании теории планирования эксперимента, позволяющей получить математическое описание протекающего в установке технологиче-

ского процесса, в виде уравнения множественной регрессии второго порядка с учетом анализа и обработки результатов выполненных опытов определено, что при влажности брикетированной смеси 38–42 %, производительности установки по производству многокомпонентного твердого топлива 18 кг/мин, содержании в составе смеси 32,8–48,6 % осадков сточных вод, 3 % углеродсодержащих отходов плотность брикета составляет 0,86 кг/м³.

Анализ стоимости различных видов топлива показывает, что теплотехнические характеристики (теплота сгорания) MSF-топлива, топливных гранул и брикетов типа RUF и PINY KEY, а также бурого угля марки 2БР находятся в одном диапазоне, при этом стоимость MSF-топлива с использованием отходов в 1,8–2,6 раза ниже рыночной стоимости этих видов топлива.

3. Разработанная технология позволяет сокращать экономические потери от неиспользования горючих производственных отходов и отходов жизнедеятельности человека, не нашедших технологического применения.

Применение технологии брикетирования многокомпонентного твердого топлива (MSF-топливо) и разработанных составов способствует развитию ресурсосберегающей экономики, обеспечивая создание новых рабочих мест, снижение объемов отходов производства и сокращение финансовых затрат предприятия на закупку энергоресурсов.

Литература

1. 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.

2. Хрусталева, Б. М. Твердое топливо на основе отходов малоиспользуемых горючих энергоресурсов / Б. М. Хрусталева [и др.] // Наука и техника. – 2021. – Т. 20, № 1. – С. 58–65.

3. Пехота, А. Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием горючих малоиспользуемых коммунальных и производственных отходов / А. Н. Пехота // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 164–174.

4. Хрусталева, Б. М. Технология производства MSF-топлива – направление, обеспечивающее переход к циркулярной экономике / Б. М. Хрусталева [и др.] // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 340–348.

5. Пехота, А. Н. Эффективное использование твердых коммунальных отходов в энергетических целях: особенности MSF-технологии / А. Н. Пехота // Энергоэффективность. – 2022. – № 5. – С. 27–32.

6. Топлива твердые многокомпонентные котельно-печные. Технические условия: ТУ ВУ 490319372.002–2021. – Введ. 18.02.2022. – Минск: Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, рег. номер 063905 от 20.12.2021. – 27 с.