

## **БРИКЕТИРОВАНИЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ**

*Никишанин М.С.<sup>1</sup>, Загруддинов Р.Ш.<sup>2</sup>, Сеначин П.К.<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup> ООО «ТехноРесурс», Россия, Алтайский край, п. Тальменка

<sup>2</sup> ООО «Новые энергетические технологии (НЭТ)», г. Рязань

<sup>3</sup> Алтайский государственный технический университет (АлтГТУ), г. Барнаул

<sup>4</sup> Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Твердые бытовые отходы (ТБО) образуются в результате бытовой деятельности населения. Состав и объем городских ТБО зависит от страны, местности, времени года и других факторов: бумага и картон до 40%, далее в городах – органические (включая пищевые) отходы до 20%; металл, стекло и пластик - по примерно 10%; дерево, текстиль, резина и кожа по 3-5% от общего количества.

По статистике каждый житель выбрасывает около 200-250 кг бытовых отходов в год, а город с населением 500 тыс. человек ежедневно производит примерно тысячу тонн ТБО. Объем ТБО в России увеличивается и уже представляет экологическую угрозу. Любая задержка с обезвреживанием и уничтожением мусора может привести к появлению серьезных заболеваний и катастрофическому загрязнению. Ежегодно в России появляется более 40 млн. тонн отходов, которые вывозятся и подвергаются захоронению на необорудованных по меркам безопасности свалках. Площадь, отведенная под свалки, достигает 2,5 тысячи квадратных километров, на которых уже находятся около 90 млрд. тонн различных отходов.

Накопление и складирование таких отходов не только наносит существенный ущерб экологии и земельным ресурсам, но и крайне невыгодно с экономической точки зрения, так как на их основе могут быть получены высококачественные топливные брикеты, с заданной крупностью и свойствами.

Наверное, одной из серьезных проблем затрудняющих утилизацию ТБО в России является отсутствие отлаженной системы их сепарации. Во-первых, полностью отсутствует сепарация мусора в местах его сбора, т.е. распределения характерного мусора по различным бакам самими жителями, которая практически отлажена в развитых странах мира. Хотя, следует отметить, что в СССР принимались попытки внедрения этой схемы, но она всё-таки не прижилась. Вся обработка ТБО на полигонах сводится к неорганизованному сбору из наваленных куч мусора ряда его компонентов, представляющих ценность в качестве утильсырья для возврата их в жизненный цикл, таких как цветной металл, пластиковые контейнеры и РЕТ-тара и пр. А вся остальная часть мусора прессуется бульдозерами, на которые наваливается следующий слой. Поэтому практика широкого внедрения получения из смешанного ТБО более ценного промежуточного продукта с более высоким энергетическим потенциалом и готового к утилизации является насущной необходимостью.

В настоящее время основным способом термической переработки ТБО является их прямое сжигание. По некоторым данным сегодня мире эксплуатируется более 2 тыс. установок, сжигающих ТБО на механических колосниковых решетках, около 200 топок для термической переработки отходов в кипящем слое, примерно 20 барабанных печей, в основном цементных, где сжигают ТБО, а также, единичные установки с использованием пиролиза и газификации [1]. При этом практически все мировые энергоустановки используют обработанные ТБО, так называемый RDF (Refuse Derived Fuel).

Топливо RDF используется в качестве частичного замещения основного вида топлива, например, для сжигания в цементных печах и энергетических установках в теплоэлектроцентралях, а также на заводах по изготовлению строительных материалов. Высокие температуры, используемые в этих производствах, дают возможность сжигать этот вид топлива, не причиняя серьезного ущерба окружающей среде.

Следует заметить, что в России производство RDF практически отсутствует и, поэтому, все действующие мусоросжигательные котлы, расположенные в незначительном количестве у полигонов мегаполисов, работают на смешанных несортированных бытовых отходах, при этом некоторые из них используют технологии, в которых практически решены экологические проблемы [2, 3].

RDF – топливо, полученное путем измельчения, сепарации и обезвоживания твердых бытовых отходов, с применением технологий их преобразования. В процессе сепарации и преобразований из отходов отбирается горючая и с высокой теплотой сгорания фракция. В зависимости от требований оборудования, для которого предназначается этот вид альтернативного топлива, RDF может быть приготовлен в измельченном состоянии, в виде пеллет или в виде спрессованных брикетов. Этот метод переработки ТБО появился в середине прошлого века и пользуется популярностью в технологически развитых странах.

Анализ литературы по топливу RDF показывает, что к этому классу топлива относятся практически все виды топлив, полученные из ТБО, без различия каким путём они получены. Причём предварительный этап приготовления RDF, так называемый «front-end» является общим для всех способов его производства. Состав оборудования системы «front-end» в развитых странах, то есть наличие сепарации прочных негорючих материалов, включая магнитных, измельчителей, грохотов, воздушных классификаторов, баллистического сепаратора, сепарации с использованием инфракрасных и рентгеновских лучей и пр. во многом зависит от композиционного состава ТБО, как сырья. По сути дела на этом начальном этапе происходит первичное облагораживание ТБО и его подготовка к следующему этапу. Существующая сложившаяся в мире практика производства RDF из муниципальных твердых отходов (MSW) показывает, что схема производства состоит из ряда различных процессов, в целом включающих:

- первичную сепарацию у источника ТБО (на месте сбора производится отбор части стекла, металла, бумажно-картонных изделий и пищевых отходов в отдельные контейнеры);
- транспортировку ТБО к месту переработки и хранение;
- сортировку (автоматическую, полуавтоматическую или ручную) или механическую сепарацию;
- уменьшение размера (дробление, измельчение и размол);
- сепарацию и грохочение (с возвратом крупных фракций свыше 50 мм на повторное измельчение);
- смешивание всей измельчённой массы;
- сушку и изготовление пеллетов или брикетов (этот процесс может включать в себя предварительную термическую обработку, а вид конечной продукции определяется техническими условиями потребителя);
- упаковку и складирование.

Обычно, перед измельчением смешанный материал (ТБО) подвергается грохочению для извлечения части, возвращаемой на повторное использование (например, металлы), инертной части (такие, как стекло) и отделяют влажную органическую биомассу способную к гниению (например, пищевые и растительные отходы) имеющую высокие значения влажности и зольности. Последняя часть, то есть влажная органическая биомасса может быть отправлена на дальнейшую обработку, такие как, компости-

рование или анаэробную переработку и могут быть использованы для улучшения почвы или просто захоронены. В некоторых случаях, органический материал может быть высушен в процессе биологической обработки (так называемый, процесс «сухой стабилизации»). Крупные фракции или отбрасываются или возвращаются на измельчение. Средние фракции, содержащие бумагу, картон, древесину, пластмассу и ткани можно сжигать сразу как сырое необработанное топливо (с-RDF) или высушивать и пеллетизировать (или брикетировать) в плотный RDF (d-RDF). Решение по переработке в пеллеты обычно принимается из условий хранения и наличия и характеристики средств их сжигания.

Главным показателем качества топлива RDF для потребителя является его теплота сгорания и она в большей степени зависит от содержания в отходах горючих фракций. Средние значения теплоты сгорания топлива RDF лежат в пределах от 12 до 18 МДж/кг. Существуют методы увеличения теплоты сгорания топлива на конечной стадии процесса его производства. В него могут добавляться искусственные компоненты, обладающие более высокой теплотой сгорания. Это может увеличить область применения RDF, но при этом вырастает и стоимость конечного продукта.

Следующим немаловажным показателем качества топлива RDF при его производстве и применении являются экологические последствия при его использовании. Должен проводиться серьезный анализ компонентов, входящих в состав топлива и продуктов его утилизации (условий сжигания или газификации). В этом случае, при анализе морфологического и элементного состава исходного ТБО, следует прогнозировать и состав RDF и условий его утилизации для экономической оценки, что выгодней, исключение попадания вредных веществ в RDF или оборудование энергоустановки дополнительными средствами очистки.

Важным фактором является также и количественный показатель производства RDF, производимого из одной тонны ТБО (MSW), который меняется в зависимости от типа сбора (состава ТБО) и качественного требования к процессу обработки. Информация из обзора [4] показала, что уровень производства RDF от ТБО варьируется между 23 и 50 % от веса отходов в зависимости от используемого в этой стране процесса обработки.

В зависимости от состава измельченного и сепарированного ТБО следующим этапом приготовления RDF может быть выбран один из следующих методов:

- термическая переработка;
- биологическая переработка (аэробное или анаэробное сбраживание).

Биологическую переработку мы здесь не рассматриваем, так как целью данной статьи является рассмотрение предложений по производству брикетов из ТБО в установке, интегрированной в схему газификации. При этом в процессе изготовления брикетов из ТБО используется тепло полученное при газификации этих же брикетов в газогенераторах плотного слоя.

По термической обработке можно рассматривать два подхода:

• Торрефакция («обжарка» материала без доступа окислителя) измельченного отсепарированного ТБО. В свою очередь, здесь могут существовать две схемы:

- «Обжарка» материала производится во вращающейся барабанной печи, оборудованного горелкой в форкамере, где сжигается часть генераторного газа. Режим поддерживается автоматически по температуре отработанных газов за печью. Газ выжигается в форкамере таким образом, что материал не соприкасается с открытым пламенем. Далее материал отправляется на брикетирование.

- Вторым источником тепловой энергии для торрефакции может служить часть отработанных дымовых газов за второй зоной трёхзонного газогенератора (выносной камеры сгорания), конструкция которой описана в [5].

При этом термическая обработка (торрефикация) сопровождается нагревом в инертной среде до 200-250 °С, при котором происходит определённое обезвоживание полуфабриката, начинают обугливаться древесина и плавиться полиэтилен, полипропилен пластиков и прочие пластики.

- Брикетирование измельчённого сепарированного ТБО по традиционной схеме ООО «ТехноРесурс» с максимальным прогревом брикетов и с использованием внутреннего тепла полученного при газификации. При прогреве брикетируемой массы до 200-250 °С процесс брикетирования происходит без добавления связующих – эту функцию выполняет размягчённый пластиковый материал.

В последнее время предприятием ООО «ТехноРесурс» были проведены многочисленные исследования по получению брикетов, окускованного топлива из различных материалов. Целью всех этих исследований была разработка и оптимизация различных технологических операций по брикетированию с применением механоактивации, управляемых температурных воздействий, вибрации, ультразвуковой вибрации, с применением смазывающих материалов и также материалов с меньшим сопротивлением трения. Результатом являлись разработанные технологические операции по недорогим и эффективным способам снижения влажности материалов, механического обезвоживания, комбинирования материалов различной исходной влажности, производства брикетов без добавления связующих. При этом по каждому типу получаемых брикетов исследовались их прочностные и теплотехнические характеристики и определялись области применения.

Разрабатывались также технологии брикетирования, где в качестве связующего материалов использовались компоненты отходов производства. Такими материалами были полиэтилен, пластики в составе ТБО, лигнин и другие. Был проработан и процесс брикетирования измельчённого ТБО в шнековом прессе без добавления связующих, а с использованием содержащихся в брикетируемой массе пластиковых материалов (рис.1).



Рис.1. Процесс брикетирования измельчённого ТБО в шнековом прессе

Входным сырьём для брикетирования может быть, как прошедшие операции сепарации измельчённые влажные ТБО, так и торрефакцированный материал из ТБО. В упрощённом виде, процесс брикетирования торрефакцированного материала ТБО для последующей газификации будет выглядеть следующим образом [6]:

- В первом случае входное сырьё поступает в виде измельчённого ТБО без включений стекла, металла, негорючих строительных материалов. Максимальная влажность до 35-40%, размер частиц бумаги, ткани, полиэтилена примерно до 30 мм,

при этом размеры частиц материала от 20 до 30 мм, не превышают более 20-25%. Включения древесины допускается с размером частиц не более 4-5 мм, и в количестве не более 10%.

Сырьё загружается в бункер и откуда поступает на шнекопоршневой механоактиватор с функцией частичного обезвоживания, а затем на шнекопоршневой пресс, с регулируемым подогревом выходной фильеры. После устройства резки, калибровки брикеты поступают в бункер – накопитель и затариватель биг-бегов или в газогенераторное производство.

• Во втором случае охрупченный торрефакцированный материал ТБО домалывается до фракции (размера) 3 мм с преимущественным содержанием частиц до 1 мм. Это может быть сделано молотковой дробилкой или вибромельницей. Для помола возможно использование механоактиваторов. Далее размолотый материал и связующий материал подаются в бункер, оборудованный дозаторами с системой виброактивации для исключения зависания материала.

На рис.2 представлена технологическая схема производства брикетов из сортированного ТБО производительностью 8 т/ч по брикетам или 20 т/ч по смешанному сырью ТБО. Исходный материал (смешанные сырые твёрдые бытовые отходы в количестве примерно 20 т/ч), подаются из приёмного бункера на ленточный конвейер, на котором мусор сортируется вручную (отсев при этом составит порядка 20%). Оставшаяся масса в количестве примерно 16 т/ч, шнековым транспортёром подается в измельчитель первичного грубого измельчения (с отделением чёрного металла) – на схеме не показан.

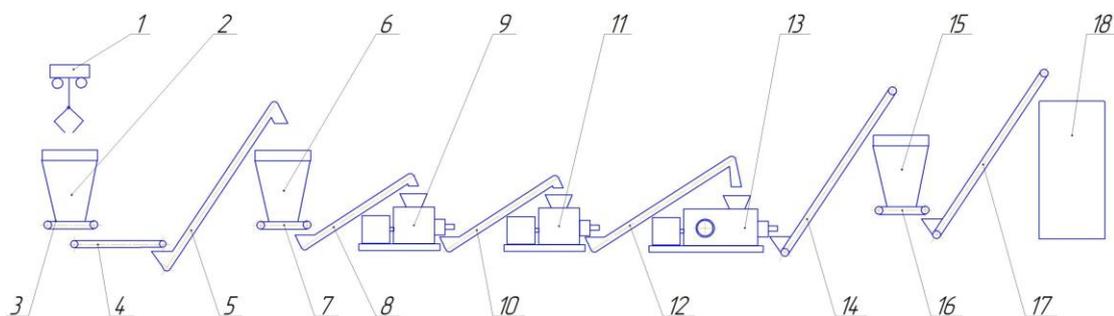


Рис.2. Технологическая схема производства брикетов из сортированного ТБО.

- 1 – грейферный погрузчик; 2 – приемный бункер ТБО; 3 – дозатор; 4 – конвейер ручной сортировки ТБО; 5 – шнековый транспортер; 6 – бункер накопитель измельчителя; 7 – дозатор; 8 – шнековый транспортер; 9 – механоактиватор №1; 10 – шнековый транспортер; 11 – механоактиватор №2; 12 – шнековый транспортер; 13 – шнекопоршневой пресс; 14 – ленточный конвейер; 15 – бункер накопитель готового брикета; 16 – дозатор; 17 – ленточный конвейер; 18 – газогенератор.

Измельчители (шредеры) с функцией отделения чёрного металла, изготавливаются в Германии, Австрии и др. странах Европы. Представлены на рынке и измельчители грубого первичного измельчения, но без отсева металла, производства России. По стоимости они отличаются незначительно и находятся в интервале 220-250 тыс. евро. После первичного измельчения и усреднения, влажность ТБО, согласно данным [4], составит 50-65%. Далее шнековым транспортером данная масса подаётся в механоактиватор № 1 (производство ООО «ТехноРесурс»), с функцией частичного обезвоживания, измельчения, уплотнения, перемешивания. Выходная фильера (насадка) или корпус, оборудуется нагревателем (электрическим, газовым или паровым). На этом этапе расчётная влажность должна быть снижена до 40-45%. Выход вытесненной влаги составит примерно 3-3,5 т/ч.

Полученная частично обезвоженная в механоактиваторе № 1 смесь ТБО в количестве примерно 12-13 т/ч, влажностью ~ 40-45%, направляется шнековым транспортом во второй механоактиватор для дальнейшего смешивания, разогрева, уплотнения, осушения. На выходе из второго механоактиватора получается масса полуфабриката в количестве 10-11 т/ч, остаточной влажностью 30-35%.

Затем полученная масса ТБО, шнековым транспортом, через управляемый частотный привод, равномерно подаётся в шнекопоршневой пресс высокого давления, с регулируемым нагревом формирующей насадки. При этом происходит дальнейшее снижение влажности материала до уровня 12-15%, и на выходе получается окучкованное топливо, брикеты заданных размеров в количестве порядка 9 т/ч, с температурой 90-95 °С. Полученные брикеты ленточным конвейером подаются в бункер накопитель, где остывают и где происходит окончательное осушение до влажности 7-8%, с окончательной массой порядка 8 т/ч.

В зависимости от технических условий потребителя брикетов их размеры могут быть различными. Так, например, для последующей газификации в атмосферных газогенераторах плотного слоя предпочтительны брикеты кольцевого типа цилиндрической формы с наружным диаметром 40 мм и внутренним диаметром канала 10-15 мм, длиной 50-60 мм. В то же время для газогенераторов, работающих под давлением, вполне подойдут брикеты цилиндрической формы с диаметром 20-25 мм и длиной 30-40 мм.

Следует заметить также, что всё оборудование, используемое в системе брикетирования (механоактиваторы, дозаторы для материала высокой вязкости и адгезии, конструкции шнеков и пр.), кроме измельчителей, является нестандартным оборудованием разработки и изготовления ООО «ТехноРесурс».

## Литература

1. Загруддинов Р.Ш. Подготовка и газификация твердых бытовых отходов в двухзонных газогенераторах прямого процесса, работающих в составе мини-ТЭЦ и комплексов по производству синтетических жидких топлив / Р.Ш. Загруддинов, В.Н. Негуторов, Д.Г. Малыхин, П.К. Сеначин, М.С. Никишанин, С.А. Филипченко // Ползуновский вестник. – 2013. - № 4/3. – С. 47-62.
2. Пурим В.Р. Безотходная ТЭС на бытовом мусоре с использованием новой технологии горения // Теплоэнергетика, 2009. № 11, С. 25-29.
3. Баскаков А.П. Перспективы сжигания твёрдых бытовых отходов в России в целях получения тепла и электроэнергии // Теплоэнергетика, 2014. № 4, С. 21-29.
4. European Commission – Directorate General Environment. Refused Derived Fuel, Current Practice and Perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3) / Final Report/ WRc Ref: CO5087-4, JULY 2003.
5. Загруддинов Р.Ш. Слоевые газогенераторы для региональной энергетики / Р.Ш. Загруддинов, А.Ф. Рыжков, Т.Ф. Богатова, Д.Г. Малыхин, А.В. Попов, В.Н. Негуторов // Электрические станции. – 2012. - № 10.
6. Никишанин М.С. Углеродосодержащие брикеты на разных связующих веществах, их теплофизические характеристики и использование в газогенераторах / М.С. Никишанин, П.К. Сеначин // Ползуновский вестник. – 2009. - № 1-2. – С. 305-311.