

УДК 504

Лобанова М.Д., студент 17Г41 ЮТИ ТПУ
Мальчик А.Г. к.т.н., доцент ЮТИ ТПУ, научный руководитель
Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ

Lobanova M.D., student 17G41 UTI TPU
Mal'chik A.G., PhD, Associate Professor at UTI TPU, scientific supervisor
Yurga Technological Institute (branch) TPU

ПЕРЕРАБОТКА ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ В ПЛАЗМОТРОНЕ

FOOD WASTE RECYCLING IN A PLASMA TORCH

Проблема переработки органических и особенно пищевых отходов сегодня приобрела глобальный масштаб. По мере роста населения и увеличения объёма потребления продуктов питания количество образующихся отходов непрерывно растёт. Большая часть их попадает на полигоны, где они гниют, выделяя метан и токсичные вещества, загрязняющие воздух и грунтовые воды. Традиционные способы переработки – такие как компостирование, биогазовые установки или термическое сжигание – не решают проблему комплексно. Они требуют больших площадей, не всегда безопасны для экологии и не обеспечивают полное уничтожение органических соединений. Одним из наиболее эффективных и современных направлений является плазменная переработка, основанная на воздействии сверхвысоких температур, при которых отходы разрушаются на элементарные вещества без образования токсичных остатков.

Суть технологии и принцип работы плазмотрона. Плазмотрон – это техническое устройство, в котором электрическая энергия преобразуется в тепловую за счёт создания дугового разряда. При прохождении газа через электрическую дугу образуется плазма – ионизированная среда с температурой от 4000 до 7000 °C. В условиях таких температур органические соединения полностью разрушаются: углеродсодержащие вещества переходят в угарный газ и диоксид углерода, а водород – в водяной пар. Если процесс проводится при недостатке кислорода, образуется синтез-газ – смесь оксида углерода (CO) и водорода (H₂). Этот газ обладает высокой теплотворной способностью и может использоваться для получения тепловой или электрической энергии. Кроме того, неорганическая часть отходов превращается в расплавленный шлак, который после охлаждения становится стекловидным и инертным, не представляя опасности для экосистемы.

Химические процессы, происходящие в плазме. Пищевые отходы содержат главным образом белки, жиры и углеводы. При их термическом разрушении в плазмотроне происходят реакции окисления и восстановления. При наличии достаточного количества кислорода реакции можно выразить следующим образом: $C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + Q$. Если же кислорода недостаточно, формируется смесь горючих газов: $C_xH_yO_z \rightarrow CO + H_2 + CH_4 + Q$. В процессе могут также выделяться оксиды азота, сернистый газ и хлороводород, если в исходном материале есть соли или белки. Однако при температурах плазмы эти вещества быстро распадаются на безопасные компоненты. Таким образом, на выходе остаются в основном CO , H_2 и CO_2 , что делает процесс экологически чистым.

Экспериментальная часть. В рамках учебно-исследовательской работы была предложена лабораторная установка для переработки пищевых отходов. Она включала дуговой плазмотрон, камеру реактора, систему охлаждения и газоанализатор (рисунок 1).

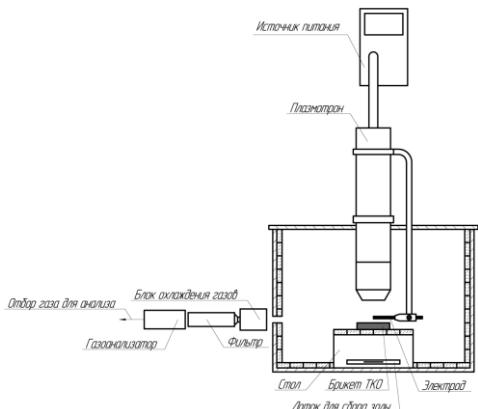


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для переработки отходов

В качестве исходного материала использовались остатки хлеба, овощей и растительных масел. При температуре около $4500^{\circ}C$ отходы полностью разлагались, образуя синтез-газ и небольшое количество шлака. Анализ газов показал, что в продуктах реакции присутствуют главным образом CO (угарный газ) и H_2 (водород). Также фиксировались незначительные количества NO и CO_2 . Для подтверждения результатов использовался мультигазоанализатор MX-2100, результат анализа подтвердил наличие атомов углерода и водорода в зоне плазмы. В ходе эксперимента удалось установить, что плазменная переработка обеспечивает практически полное разрушение органических соединений и минимальные выбросы вредных веществ.

Экологические и энергетические преимущества. Плазменная переработка пищевых отходов обладает рядом существенных преимуществ: Эколо-

гическая безопасность – при температуре выше 4000 °С происходит полное разрушение токсичных соединений, патогенов и органики. Сокращение объёма отходов – после обработки остаётся не более 5–10 % от исходной массы, в виде безопасного шлака. Получение полезных продуктов – синтез-газ можно использовать в газовых турбинах или котельных для генерации электроэнергии, а шлак – в дорожном и строительном производстве. Отсутствие вредных выбросов – процесс проходит в герметичной камере, что исключает выделение дыма, пыли и неприятных запахов. Энергетическая выгода – плазменная переработка позволяет не только утилизировать отходы, но и вырабатывать энергию, что снижает нагрузку на энергосистему предприятия.

Перспективы развития. Несмотря на высокую эффективность, широкое внедрение плазменных технологий пока ограничено их стоимостью. Однако в последние годы активно ведутся исследования, направленные на снижение энергопотребления плазмотронов и повышение их ресурса. В перспективе плазменные установки могут применяться прямо на предприятиях общественного питания, где ежедневно образуются тонны отходов. Это позволит утилизировать их на месте и использовать получаемый газ для отопления или выработки электроэнергии. Кроме того, развитие законодательной базы и государственные программы в области экологичных технологий могут ускорить внедрение таких установок в промышленности и коммунальной сфере.

В результате исследования можно сделать вывод, что переработка пищевых отходов с помощью плазмотрона является одним из наиболее перспективных и безопасных способов утилизации. Процесс позволяет полностью уничтожить органические вещества, минимизировать вредные выбросы и получить вторичные энергетические ресурсы. Плазменная переработка сочетает в себе высокую технологичность и экологическую устойчивость, что делает её важным направлением в решении проблемы отходов и защиты окружающей среды.

Список литературы

[1, 45 с] Романюк Р. А., Лобанова М. Д., Новикова И. С. Плазменная переработка твёрдых коммунальных отходов. – ЮТИ ТПУ, 2024.

[2, 98 с.] Радько С. И. Разработка и исследование электротехнологического оборудования для переработки техногенных отходов с использованием пароводяного плазмотрона. – Новосибирск: НГТУ, 2014.

[3, 52 с.] Петров С. В., Маринский Г. С. Применение паро-плазменного процесса для пиролиза органических отходов. – Москва, 2016.

[4, С. 33–34.] Артемов А. В., Переславцев А. В., Кулыгин В. М. Перспективы развития плазменных технологий переработки отходов // Твёрдые бытовые отходы. – 2018. – № 3.

[5] Собственные наблюдения автора в рамках учебно-исследовательской работы, 2025.

References

[1, 45 p.] Romanyuk R. A., Lobanova M. D., Novikova I. S. Plasma processing of municipal solid waste. – UTI TPU, 2024.

[2, 98 p.] Radko S. I. Development and study of electrotechnological equipment for processing man-made waste using a steam-water plasma torch. – Novosibirsk: NSTU, 2014.

[3, 52 p.] Petrov S. V., Marinsky G. S. Application of the steam-plasma process for the pyrolysis of organic waste. – Moscow, 2016.

[4, pp. 33–34.] Artemov A. V., Pereslavtsev A. V., Kulygin V. M. Prospects for the development of plasma technologies for waste processing // Municipal solid waste. – 2018. – No. 3.

[5] The author's own observations as part of his educational research work, 2025.