

УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТОПЛИВНЫХ МАСЕЛ¹

УДК 66.092::67.08

М.А. Абубакаров, ООО «Газпром трансгаз Грозный» (Грозный, Россия), mongp-2013@mail.ru

Ю.Х. Тарамов, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (Грозный, Россия), yusup_taramov95@mail.ru

Р.И. Ахъядов, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», boysiahyder@mail.ru

А.А. Эльмурзаев, к.т.н., доц., ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», Ayub_777@mail.ru

Объем твердых отходов во всем мире неуклонно растет. Различные виды пластика, автомобильных шин и других материалов на полимерной основе, относящиеся к категории вторичного сырья, загрязняют воздух, почву и водоемы. Ежегодно увеличивающийся спрос на пластмассы из-за постоянно растущей потребности в этих универсальных материалах, используемых различными способами (в виде упаковки для пищевых продуктов, для изготовления скобяных изделий, электроники и строительства), создает глобальную проблему, поскольку сопровождается образованием большого количества полимерных твердых отходов. В качестве основного способа их переработки принято использовать утилизацию путем сжигания или захоронения, что наносит заметный ущерб окружающей среде. В статье рассмотрены альтернативные варианты, подразумевающие восстановление и переработку полимерных твердых отходов для создания новых продуктов или топлива. Описана разработанная авторами установка переработки полимерных твердых отходов с получением синтетического сырья (топливного масла) и показана ее схема. Приведены результаты исследования компонентного состава полученного сырья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОЛИМЕРНЫЕ ТВЕРДЫЕ ОТХОДЫ, УТИЛИЗАЦИЯ, СОРТИРОВКА, ПЕРЕРАБОТКА, ПЛАСТИК, СИНТЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ.

Растущее мировое потребление изделий из пластмассы привело к резкому увеличению количества полимерных твердых отходов (ПТО), что представляет значительный риск для окружающей среды и здоровья людей. Традиционные методы обращения с ПТО, такие как захоронение и сжигание, не удовлетворяют экологическим требованиям и приводят к загрязнению воздуха, воды и почв. Переработка – важнейший компонент устойчивого управления отходами, поскольку позволяет сократить их количество, отправляемое на свалки, и сохранить природные ресурсы.

В последние годы растет интерес к переработке ПТО с получением синтетического сырья. В данной статье рассматриваются преимущества и проблемы подобных методов, а также перспективы их использования для содействия развитию экономики замкнутого цикла.

Под ПТО понимаются отходы, содержащие пластик или другие полимерные материалы. Последние широко используются в различных областях, включая упаковку, строительство и электронику. Хотя эти материалы имеют множество преимуществ, в том числе долго-

вечность, они создают значительные проблемы при управлении отходами. Пластмассы долго разлагаются и могут сохраняться в окружающей среде в течение сотен лет, нанося вред природным экосистемам [1].

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Пластмассы распространены повсеместно и стали неотъемлемым компонентом современной жизни. В последние несколько десятилетий наблюдается рост ежегодного спроса на них из-за по-

¹ Статья публикуется в порядке обсуждения.

M.A. Abubakarov, Gazprom transgaz Grozny LLC (Grozny, Russia), mongp-2013@mail.ru

Yu.Kh. Taramov, Millionshchikov Grozny State Oil Technical University (Grozny, Russia),

yusup_taramov95@mail.ru

R.I. Akhyadov, Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, boysiahnader@mail.ru

A.A. Elmurzaev, PhD in Engineering, Associate Professor, Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Ayub_777@mail.ru

Disposal of polymer solid waste to produce fuel oils²

The amount of solid waste is ever growing all over the world. Various plastics, car tires, and other polymer-based materials classified as recyclable materials pollute the air, soil, and water bodies. The demand for plastics growing from year to year due to ever-increasing need for multi-purpose materials used in various applications (as food package, in fabrication of general hardware, electronics, and construction) presents a global challenge by producing a gigantic amount of polymer solid waste. Disposal by incineration or burial has been basically assumed for their recycling, thus inflicting noticeable damage to the environment.

The article offers alternative options including the recovery and recycling of polymer solid waste to make new products or fuel. Besides, it was developed a unit for processing polymer solid waste to produce synthetic raw materials (fuel oil). Its flow diagram is shown. The results of a study of the component analysis of the obtained raw materials are presented.

KEYWORDS: POLYMER SOLID WASTE, DISPOSAL, SORTING, RECYCLING, PLASTIC, SYNTHETIC RAW MATERIALS.

стоянно увеличивающейся зависимости от этих универсальных материалов, используемых в различных сферах. Растущий спрос сопровождается образованием большого количества твердых бытовых отходов. Так, например, к концу 2015 г. их мировой объем достиг 6300 млн т (большая часть накапливалась на свалках или в природных экосистемах) [2].

Переработка ПТО производится в целях создания новых продуктов или топлива. Этот процесс обычно включает несколько этапов, в том числе сбор, сортировку, очистку и обработку. Затем восстановленные материалы превращаются в новое сырье с помощью различных методов, таких как химическая переработка, пиролиз или газификация.

Многие страны разрабатывают планы по переработке пластиковых отходов. Однако на практике новые технологии в данной сфере внедряют только некоторые государства. Этот факт объясняется, вероятнее всего, тем, что переработка ПТО также сопряжена с рядом проблем, среди которых:

- загрязнение: полимерные отходы часто загрязнены дру-

гими материалами, что влияет на качество производимого синтетического сырья. Загрязнение также может привести к образованию нежелательных побочных продуктов в процессе пиролиза;

- непостоянный состав: в зависимости от источника и типа состав пластиковых отходов меняется. Это также может повлиять на качество производимого синтетического сырья;

- инфраструктура: для сбора, сортировки и переработки полимерных отходов необходима инфраструктура, создание которой требует значительных инвестиций.

В мировой практике нашли промышленное применение четыре метода переработки ПТО:

- термическая обработка (в основном сжигание);

- биотермическое аэробное компостирование (с получением удобрения или биотоплива);

- анаэробная ферментация (с получением биогаза);

- сортировка (с извлечением тех или иных ценных компонентов для вторичного использования, удалением балластных или вредных компонентов, выделением ряда фракций, наиболее техниче-

ски, экологически и экономически пригодных для переработки тем или иным методом, например сжиганием или компостированием).

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, оптимальные области применения, зависящие главным образом от морфологического состава ПТО и региональных условий [3].

Процесс переработки включает в себя разложение полимерных отходов на составляющие их углеводороды посредством процесса, известного как пиролиз. Это термическое разложение, при котором ПТО нагреваются до высоких температур в отсутствие кислорода. Процесс пиролиза включает несколько стадий, в том числе сушку, деволатилизацию и крекинг. При сушке ПТО нагреваются для удаления влаги, присутствующей в них. Затем следует деволатилизация, когда отходы нагреваются до высоких температур, чтобы высвободить летучие компоненты (воду, диоксид углерода и другие газы). На стадии крекинга длинные полимерные цепи в ПТО расщепляются на более короткие углеводородные.

² The article is published for discussion.

Качество итогового сырья (например, топливного масла) зависит от нескольких факторов, включая тип используемых отходов и катализатора, температуру и продолжительность процесса пиролиза [4].

Переработка ПТО с получением топливных масел имеет ряд преимуществ, в том числе:

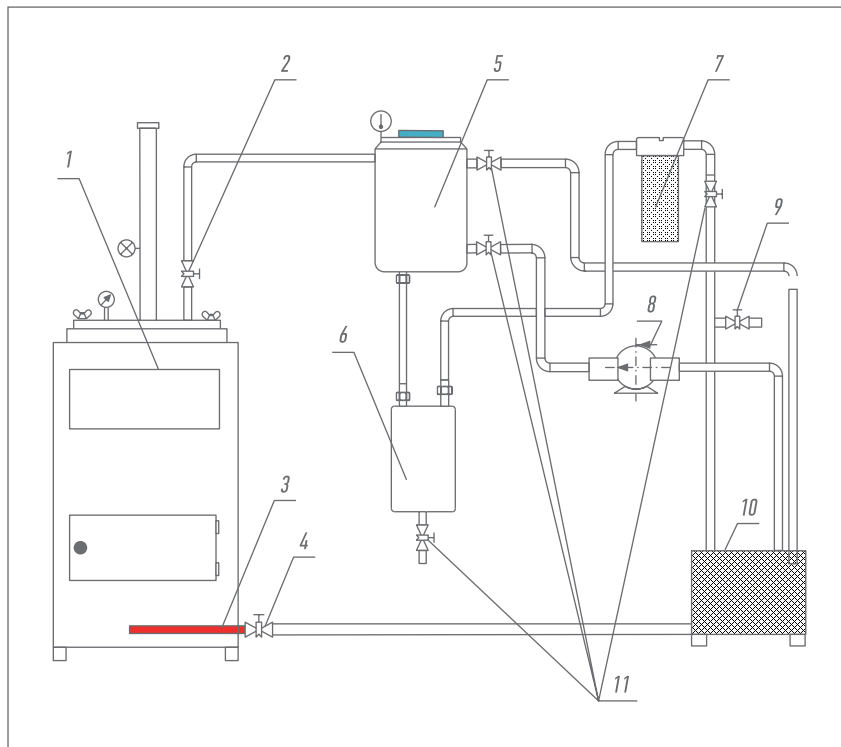
- сокращение количества пластиковых отходов, накапливающихся на свалках;
- сохранение природных ресурсов;
- экономия энергии (процесс переработки ПТО требует меньше энергии по сравнению с производством синтетических масел на нефтяной основе);
- сокращение выбросов парниковых газов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

При переработке ПТО возникает проблема их сортировки и очистки. Для ее решения необходимо принятие мер на государственном уровне. Так как в России отдельный сбор мусора только начинает внедряться, актуален вопрос применения технологии для переработки смешанных отходов. Учитывая, что количество ежегодно образующихся отходов значительно превышает объемы их переработки в полезное сырье, можно объяснить интерес к возможности получения топлива на основе ПТО [1].

Авторами статьи предложен способ переработки ПТО методом пиролиза с последующим получением синтетического сырья, пригодного для дальнейшей переработки и применения в качестве топлива. Эксперимент с использованием конечного продукта был проведен на дизельном генераторе.

Технологический процесс получения синтетического сырья состоит в следующем. В емкость 1 (рис.) загружаются перерабатываемый пластик, оработанная резина и прочие материалы. Затем она закрывается. Систему конденсирования 5 заполняют охлаждающей жидкостью. Гидрофильный фильтр для очистки газа 7 также должен



Установка для переработки полимерных твердых отходов: 1 – емкость для загрузки перерабатываемой смеси; 2, 4, 9, 11 – запорная арматура; 3 – газовая горелка; 5 – система конденсирования; 6 – емкость конечной продукции; 7 – фильтр очистки газа; 8 – насос; 10 – система охлаждения

Plant for processing polymer solid waste: 1 – container for loading mixture to recycle; 2, 4, 9, 11 – shut-off valves; 3 – gas burner; 5 – condensing system; 6 – final products' container; 7 – gas filter; 8 – pump; 10 – cooling system

быть заполнен водой. Запорную арматуру 11 закрывают в начале технологического процесса, краны 2 и 4 открыты в течение всего цикла. Для запуска применяется дополнительный энергоноситель, в качестве которого может быть использован газ или электрический ток. В емкости 1 загруженный материал постепенно в результате нагрева переходит в вязкотекучее и газообразное состояние. Далее парогазовая смесь поступает в систему конденсирования 5, где распадается на газ и жидкую фазу. Последняя скапливается в емкости конечной продукции 6, а парогазовая смесь, пройдя фильтр очистки 7, подается на газовую горелку 3, после чего перекрывается кран 9. Далее система полностью переходит на замкнутый цикл.

Конечный продукт процесса представляет собой горючую темно-коричневую жидкость. Попытка произвести ее атмо-

сферную разгонку на фракции результатов не дала. Затем было решено определить температуру вспышки полученной жидкости в открытом тигле. Она составила 62 °С. Таким образом, авторы пришли к заключению, что полученный продукт без дальнейшей переработки может быть использован в качестве топлива для печей подогрева, после дополнительной переработки – для ДВС. Исследование компонентного состава итогового синтетического сырья дало следующие результаты:

- выход алифатических соединений $C_5 - C_{11}$, $C_{12} - C_{20}$ в сумме составил 2 %;
- выход ароматических соединений (бензол, толуол, этилбензол, стирол, циклопропилбензол и др.) – более 79 %;
- выход азотсодержащих соединений – более 17 %.

Исследования проводились с использованием термоанализа-

тора синхронного модели STA 6000 и ИК-Фурье спектрометра Spectrum 3 (PerkinElmer Inc., США).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переработка ПТО с получением синтетического сырья представляет собой перспективное решение набирающей все большую актуальность проблемы утилизации отходов. Процесс пиролиза может помочь уменьшить их количество и минимизировать негативное

воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Однако для того чтобы сделать этот процесс более эффективным и рентабельным, необходимо решить проблемы загрязнения отходов, их переменного состава, создания специальной инфраструктуры и обеспечения экономической целесообразности переработки.

Предложенная авторами технология переработки ПТО с полу-

чением топливных масел может стать эффективным способом сокращения количества накапливающихся на свалках пластиковых отходов и минимизации их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Несмотря на имеющиеся проблемы, продолжение исследований и разработок в этой области может привести к появлению более эффективных и экономичных методов переработки ПТО. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарамов Ю.Х., Эльмурзаев А.А., Абубакаров М.А. и др. Анализ технологий получения топлива из вторичного сырья // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2019. Т. XV, № 3 (17). С. 78–83. DOI: 10.34708/GSTOU. 2019.17.3.009.
2. Dai L., Zhou N., Lv Y., et al. Pyrolysis technology for plastic waste recycling: A state-of-the-art review // Prog. Energy Combust. Sci. 2022. Vol. 93. Article ID 101021. DOI: 10.1016/j.pecs.2022.101021.
3. Лопатин В.Н. Хрестоматия по курсу «Менеджмент и маркетинг в экологии». М., 2001. 169 с.
4. Откидычев В.В. Топливо из отходов // Энергетика. 2019. № 2. С. 56–60.

REFERENCES

- (1) Taramov YuH, Elmurzaev AA, Abubakarov MA, Akhiadov RI, Tsamaev AM. Analysis of technology of obtaining fuels from secondary raw materials. *Herald of GSTOU. Technical Sciences* [Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki]. 2019; 15(3): 78–83. <https://doi.org/10.34708/GSTOU. 2019.17.3.009>. (In Russian)
- (2) Dai L, Zhou N, Lv Y, Cheng Y, Wang Y, Liu Y, et al. Pyrolysis technology for plastic waste recycling: A state-of-the-art review. *Prog. Energy Combust. Sci.* 2022; 93: article ID 101021. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2022.101021>.
- (3) Lopatin VN. *Chrestomathy for the Course "Management and Marketing in Ecology"*. Moscow; 2001. (In Russian)
- (4) Otkidychev V.V. Fuel from waste. *Energy* [Energetika]. 2019; (2) 56–60. (In Russian)

weldex

22-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ

10–13 | МОСКВА
ОКТАБРЯ 2023 | КРОКУС ЭКСПО

ПОЛУЧИТЕ
БЕСПЛАТНЫЙ БИЛЕТ
ПО ПРОМОКОДУ
territory



5 ПРИЧИН ПОСЕТИТЬ ВЫСТАВКУ:

- ВЖИВУЮ ОЦЕНИТЬ ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
- НАЙТИ НОВЫХ ПОСТАВЩИКОВ С БОЛЕЕ ВЫГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ ЗАКУПОК
- УКРЕПИТЬ ОТНОШЕНИЯ С ТЕКУЩИМИ ПАРТНЕРАМИ
- ЛИЧНО ВСТРЕТИТЬСЯ С ТОП-МЕНЕДЖЕРАМИ КОМПАНИЙ И ПРОВЕСТИ ПЕРЕГОВОРЫ
- ИЗУЧИТЬ ОБОРУДОВАНИЕ В ДЕЙСТВИИ, ПОЛУЧИТЬ КОНСУЛЬТАЦИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ



WELDEX.RU

