

EDN: **WQYRBK**

УДК 628.477

Я. О. БЕЛЕЦКИЙ, А. И. СЕРДЮКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. В работе рассмотрены популярные методы переработки пластмасс, пластиковые отходы являются трудно перерабатываемыми твердыми коммунальными отходами, так как для качественной переработки их необходимо очищать и перерабатывать только чистый пластик. Общее количество пластиковых отходов на полигонах твердых коммунально-бытовых отходов по данным РБК составляет более 55 %, это в первую очередь различные упаковки от товаров общего пользования, пластиковые бутылки, различные пластмассовые корпуса. Популярными методами борьбы с отходами пластика являются пиролиз (сжигание отходов) и грануляции пластмасс. Пиролиз требует дополнительной очистки газо-воздушной смеси после сжигания пластмасс. Метод грануляции пластиковых отходов более дорогой и экологически выгодный метод, так как полученные в результате гранулы пластика можно использовать в производстве других продуктов и вещей из пластика.

Ключевые слова: пластик, пластмасс, переработка, утилизация, отходы пластмасс.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Мы не представляем свою жизнь сегодня без пластиковых упаковок, бутылок, пакетов и пластиковых корпусов и других вещей которые изготовлены из пластика. По разным источникам на сегодняшний день пластиковая продукция по данным РБК составляет более 55 %, объёма всех бытовых отходов. И это не удивительно. Раньше на прилавках магазинов товары были в бумажных упаковках и стеклянной таре. Теперь же эти товары мы видим в современных красочных упаковках, т. е. пластиковых бутылках, пленке и различных пакетах, также корпуса для большинства оборудования не металлические как было раньше, а пластиковые. Во всем мире проблема пластиковых отходов как источника антропогенного загрязнения окружающей природной среды приобрела чрезвычайную актуальность. В нашей стране слабо развит метод переработки таких отходов. Они, как и основная часть отходов жизнедеятельности человека (90...95 %), свозятся на мусорные полигоны и свалки, где будут веками отравлять землю, воду и воздух. И это не считая несанкционированных свалок, окружающих наши города.

Первый пластик был синтезирован в 1855 году английским химиком А. Парксом. Но практическое применение этот материал получил только в начале XX века. Современное человечество использует огромное количество различных пластмасс. Большинство из них синтезируется из нефти. Они не похожи ни на один из природных материалов и являются продуктом, изобретенных человеком технологий.

ЦЕЛИ

В работе рассмотрены перспективные методы утилизации пластиковых отходов и выбран экологически выгодный способ переработки для отходов пластмасс.

Развитие технического прогресса и увеличение численности населения привело к лавинообразному увеличению отходов. Статистика показывает, что ежегодно в мире образуется несколько миллиардов тонн только бытовых отходов. На каждого городского жителя нашей планеты, приходится от 500 до 800 кг отходов в год [1]. Около 95 % продукции, которую мы покупаем, оказывается на свалке в течение полу года. Ежегодно в мире на свалках оказывается более 200 млрд пластиковых бутылок,



58 млрд одноразовых стаканчиков и миллиарды полиэтиленовых пакетов. И это не считая тех отходов, в состав которых этот материал входит частично [2].

К самым распространенным отходам пластика относят: полиэтилентерефталат, поливинилхлорид, полипропилен, полиэтилен, полистирол и поликарбонат.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Виды пластмасс могут различаться химическим составом, жесткостью, жирностью. Но всё же главной особенностью является поведение материала при нагревании. Исходя из данного критерия, существуют следующие виды пластмассы: термопласты – плавятся при нагреве, при охлаждении принимают первоначальную форму; реактопласты – вид пластмассы, обладающий высокоэластичными свойствами; эластомеры – в процессе нагрева переходят в нерастворимое твердое состояние.

Уровень развития общества можно оценить по способу утилизации отходов. Однако важно помнить не только о сложности технологического процесса, но и о степени его влияния на окружающую среду. В век пластмасс переработка пластика – это еще один виток в эволюции человечества [3].

Специфика переработки пластиковых отходов связана с двумя основными причинами:

1) разнообразный и сложный химический состав (полиэтилентерефталат, полистирол, поливинилхлорид, полифенил, полипропилен и т. п.);

2) продолжительный период распада (до 100 лет, а в некоторых случаях – до 500 лет).

Перспектива пластиковых отходов, без переработки – утилизация на полигонах, объемы которых неограничены. В связи с этим, переработка пластика – одна из самых актуальных проблем для современного общества.

Между тем, пластиковые отходы представляют собой ценное сырье как для самих изделий из пластмассы, так и различных синтетических материалов. И это становится поводом для поиска методов и способов переработки отходов пластика, которые будут экономически выгодны и экологически безопасны для человека и окружающей среды [4].

Рассмотрим переработку пластика в России. Специализируясь на переработке органических отходов, компания IPES выделила метод термической деструкции пластмассовых отходов без доступа атмосферного кислорода (метод пиролиза), как наиболее приемлемый и перспективный для России метод утилизации [5–6]. В тоже время стоит отметить, что и в Европе он эффективно применяется и совершенствуется. Установка для пиролиза представлена на рисунке 1.

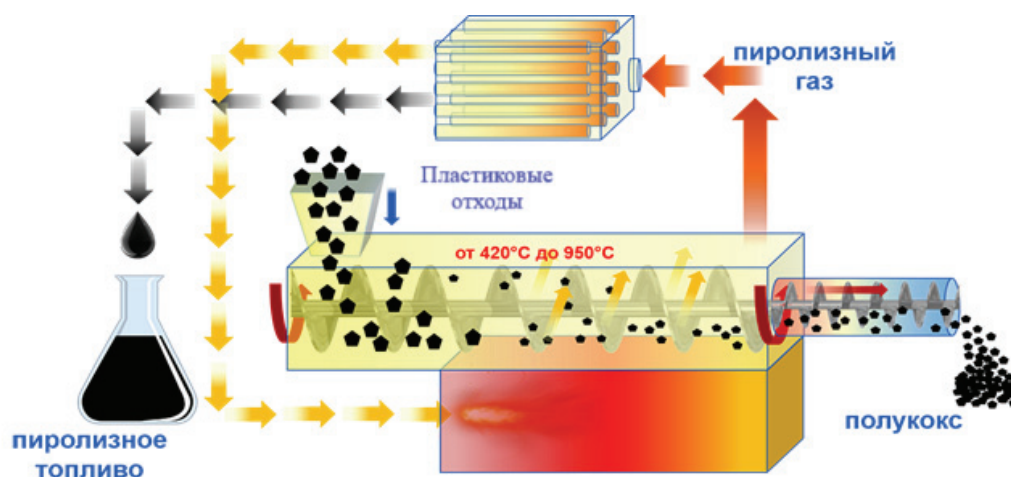


Рисунок 1 – Пиролизная установка для переработки пластика.

1. Метод пиролиза отвечает нормам и требованиям безопасности обращения с отходами принятым в Европе.

2. Установки термической деструкции универсальны в плане возможности утилизации органических отходов всех видов.

3. Метод является экономически выгодным, т.к. переработка пластика дает ценное топливное сырье, которое подлежит дальнейшему использованию и, соответственно, реализации.

Таким образом, пиролиз является компромиссом между энергоэффективным и относительно экологически чистым способом переработки отходов пластика. Это послужило основанием для организации ИРЕС собственного производства установок термической деструкции.

Способы переработки пластиковых отходов

Задача утилизации заключается в получении вторичного сырья, пригодного для дальнейшего использования.

Любые действия по переработке пластиковых отходов должны выполняться согласно установленным санитарным нормам и правилам.

Основные этапы обработки пластмассы:

- организация сбора материала;
- распределение изделий по цвету и качеству;
- прессование;
- процесс переработки;
- производство готовой продукции.

Сначала сырье, бывшее в употреблении, сортируют по отдельности, в зависимости от цвета и качества материала. Изделия отбирают вручную, отделяя от них грязь и другие компоненты.

Основой для полиэтиленовой продукции является материал, получаемый из нефти, поэтому разработка новых технологий получения вторсырья – одно из направлений утилизации продукта.

Основные методы переработки пластиковых отходов:

- сжигание;
- гранулирование;
- пиролиз;
- утилизация пластиковых отходов в домашних условиях.

Сжигание отходов. Сжигание материала, в результате которого высвобождается большое количество тепловой энергии. Это самый недорогой и распространенный способ утилизации полиэтилена. Тепло используют для обогрева зданий или нагрева холодной воды. Стоит отметить, что любое сжигание сопровождается выделением в атмосферу дополнительных загрязняющих веществ. Поэтому для того чтобы заняться сжиганием, следует в обязательном порядке получить разрешительные документы.

Гранулирование. Гранулирование – переработка пластика механическим способом, в результате которого получают гранулы или чистые хлопья. Их используют для производства новых изделий, содержащих пластик:

- различные емкости;
- строительные виды покрытий;
- утеплители и многое другое.

Процесс гранулирования довольно сложен и требует значительных финансовых затрат по сравнению с предыдущим методом. Используется такой способ переработки пластиковых отходов только при больших объемах производства, включающий в себя:

- сортировку товара;
- грубую чистку пластиковых отходов;
- предварительное дробление;
- мытье и упаковку;
- вывоз пластика на последующую переработку.

Ситуация с переработкой пластика в России отличается от зарубежных стран. К примеру, европейские производители пластиковой тары и упаковки платят специальный налог, в котором уже учтена сумма, требующаяся для сортировки и утилизации произведенной продукции. А некоторые автоконцерны используют переработанный пластик для изготовления внутренних частей дверей и бамперов автотранспорта.

К сожалению, у нас еще не развита культура сортировки и переработки мусора, что несколько затрудняет организацию предприятий по переработке данного вида отходов, но определенные шаги в этом направлении уже видны [7–8].

Выделяют несколько методов переработки пластиковых отходов:

- расщепление с помощью метанола, это термический способ;
- расщепление под действием экстремальных температур и давления – гидролиз, в результате чего в оборот возвращаются химические продукты высокого качества;

- деструкция в условиях высокой температуры, давления с присутствием этиленгликоля и катализатора до получения чистого продукта;
- термическое разложение вещества в присутствии кислорода, либо без него – пиролиз.
- механическое измельчение, как при нормальной, так и при низкой температуре, после чего пластик промывается, сушится и после определенной обработки превращается в гранулы, которые подлежат дальнейшему использованию;

Метанолиз – обработка метиловым спиртом.

Гидролиз – разложение исходного вещества при взаимодействии веществ с водой с образованием новых соединений.

Гликолиз – растворение при нагревании в присутствии катализатора.

Пиролиз – термическое разложение органических и многих неорганических соединений.

Пиролиз пластика

Данный способ переработки позволяет получить не один, а сразу несколько ликвидных продуктов переработки, подлежащих последующей реализации.

Кроме того, при пиролизе пластика образуется горючий газ (оксид углерода и водород), который используется для поддержания работы оборудования, что снижает затраты на энергию. А также, одно из самых главных преимуществ: для пиролиза не нужна глубокая сортировка пластика, так как все его виды перерабатываются полностью.

Одной из перспектив переработки пластиковых отходов это превращение их в другие вещи. На перерабатывающем заводе с бутылок снимают крышки, удаляют этикетки. Тару сортируют по цвету. Обычно это коричневый, зеленый, голубой, натуральный (бесцветный). Бутылки моют, прессуют, измельчают и обрабатывают паром.

В результате получают полимерные гранулы (рисунок 2) – сырье пригодное для производства новых товаров.



Рисунок 2 – Получившиеся полимерные гранулы.

Метод грануляции пластмасс. Технологии достаточно просты и не сильно затратны финансово. Выгоднее всего перерабатывать производственный брак и отходы, которые не подвергались интенсивной эксплуатации. Более сложным является производство «вторички» из рассортированного пластика. Здесь основной сложностью будет его качественная очистка от примесей. Использование в качестве исходного сырья несортированного и сильно загрязненного мусора часто оказывается очень затруднительным.

Переработка пластика производится двумя основными способами:

1. Простое дробление отходов дает возможность его использования в качестве добавки к первичному сырью при производстве продукции.

2. Дробление с последующим изготовлением гранулята, который можно применять для изготовления товаров.

После такой переработки полученные гранулы можно использовать в зависимости от отходов, из которых они были сделаны. Примеры использования гранул пластика:

1. ПВД – полиэтилен высокого давления, изготавливают: упаковочные пленки, подносы и лотки; пробки для стеклянных бутылок; детские игрушки; пластиковая тара, кровельных материалов; полимерно-песчаных стройматериалов; труб-каналов для кабеля, водостоков и вентиляции; изделий медицинского назначения.

2. ПЭТ – полиэтилентерефталат, изготавливают: бутылки технического и бытового назначения; различная тара для продуктов питания; косметических средств; химии; кровельные материалы; упаковочный шпагат и лента. Кроме гранул ПЭТ перерабатывается в хлопья и технические волокна.

3. Полистирол – изготавливают: канцелярские товары; бытовые приборы; оборудование различного назначения; светотехнические изделия; строительные материалы для утепления и облицовки.

4. Вторичный полипропилен – вторичный полипропилен имеет очень разнообразную сферу применения: полуфабрикаты и профили; поддоны и подставки; легкая мебель; конструкции теплиц; трубы; детали оборудования; одноразовые шприцы; садовый инвентарь; хозяйственные принадлежности – ведра, тазики, горшки для цветов; упаковочная лента, пленка, пакеты, тканые мешки.

5. Поликарбонат – тепличных конструкций; навесов, заборов; перегородок в помещениях; кухонных принадлежностей; комплектующих для мебели; медицинских товаров, очков; в приборостроении при производстве деталей для точных приборов [9].

ВЫВОДЫ

Подводя итог переработки пластиковых отходов можно сказать, что лучшим методом является переработка пластика в грануляцию. Не смотря на сложность использования метода получения грануляции из пластиковых отходов, этот метод экологически выгоден, по сравнению с пиролизом, где выделяется большое количество загрязнений в воздух. Дым, который образуется при сжигании пластмасс необходимо очищать предварительно перед выпуском его в атмосферу. Из полимерных гранул можно получить большое количество полезных изделий, которые используются постоянно в повседневной жизни. Так же пластмассовую грануляцию применяют в строительстве автомобильных дорог добавляя ее в асфальтобетонную смесь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фроленок, В. В. Как спасти планету от пластика или первый шаг в ответственное развитие / В. В. Фроленок. – Текст : непосредственный // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2018. – № 2. – С. 76–79.
2. Огаркова, И. Н. Большое Тихоокеанское мусорное пятно / И. Н. Огаркова, В. Г. Шведов. – Текст : непосредственный // Вестник Приамурского государственного университета. – 2017. – № 3(28) – С. 67–70.
3. Recycling of plastic waste: Screening for brominated flame retardants (BFRs) / K. Pivnenko, K. Granby, E. Eriksson [et al.]. – Текст : электронный // Waste Management. – 2017. – Volume 69. – P. 101–109. – URL: https://www.researchgate.net/publication/319378940_Recycling_of_plastic_waste_Screening_for_brominated_flame_retardants_BFRs (дата обращения: 11.09.2023).
4. Исследование свойств синтетических и биоразлагаемых полимеров, с целью возможности их использования в пищевой промышленности / О. В. Ершова, Э. Р. Муллина, Ю. А. Бессонова [и др.]. – DOI: 10.18503/1995-2732-2021-19-4-56-63. – Текст : электронный // Вестник ВГУИТ. – 2022. – Том 84, № 1. – С. 245–251. – URL: https://www.researchgate.net/publication/357410135_Comparative_Analysis_of_Physical_and_Mechanical_Properties_of_Biodegradable_and_Synthetic_Polymers (дата обращения: 11.09.2023).
5. Chemical and biological catalysis for plastics recycling and upcycling / L. D. Ellis, N. A. Rorrer, K. P. Sullivan [et al.]. – <https://doi.org/10.1038/s41929-021-00648-4>. – Текст : электронный // Nature Catalysis. – 2021. – Volume 4. – P. 539–556. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41929-021-00648-4#citeas> (дата обращения: 11.09.2023).
6. Потапова, Е. В. Проблема утилизации пластиковых отходов / Е. П. Потапова. – Текст: электронный // Известия Байкальского государственного университета. – 2018. – Том 28, № 4. – С. 535–544. – URL: https://www.researchgate.net/publication/336772971_The_Issue_of_Plastic_Waste_Utilization (дата обращения: 09.10.2023).
7. Shamsuyeva, M. Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standardization and market / M. Shamsuyeva, H. Endres. – <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100168>. – Текст : электронный // Composites Part C: Open Access. – 2021. – Volume 6. – 100168. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666682021000633> (дата обращения: 11.09.2023).
8. Капранов, С. В. К вопросу создания в населённых пунктах оптимальных систем сбора и утилизации бытовых полимерных отходов / С. В. Капранов, В. В. Калужный. – Текст : непосредственный // Наука побеждает болезни : материалы III Международного форума Донбасса, Донецк, 14–15 ноября 2019. – Донецк : Медуниверситет им. М. Горького, 2019. – С. 200.

9. Технология производства вторичных гранул пластика: переработка полимеров и описание метода грануляции. – Текст : электронный // Rcycle.net. Все о переработке вторсырья и утилизации отходов : [сайт]. – 2015–2023. – URL: <https://rcycle.net/plastmassy/tehnologiya-proizvodstva-vtorichnyh-granul-plastika/> (дата обращения: 11.09.2023).

Получена 20.09.2023

Принята 27.10.2023

Я. О. БІЛЕЦЬКИЙ, О. І. СЕРДЮК
РАЦІОНАЛЬНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», Російська
Федерація, Донецька Народна Республіка, м. о. Макіївський, м. Макіївка

Анотація. У роботі розглянуті популярні методи переробки пластмас, пластикові відходи є твердими комунальними відходами, що важко переробляються, так як для якісної переробки їх необхідно очищати і переробляти тільки чистий пластик. Загальна кількість пластикових відходів на полігонах твердих комунально-побутових відходів за даними РБК становить понад 55 %, це в першу чергу різноманітні упаковки від товарів загального користування, пластикові пляшки, різні пластмасові корпуси. Популярними методами боротьби з відходами пластику є піроліз (спалювання відходів) та грануляції пластмас. Піроліз вимагає додаткового очищення газоповітряної суміші після спалювання пластмас. Метод грануляції пластикових відходів дорожчий та екологічно вигідний метод, оскільки отримані в результаті гранули пластику можна використовувати у виробництві інших продуктів та речей із пластику.

Ключові слова: пластик, пластмас, переробка, утилізація, відходи пластмас.

YAROSLAV BELETSKY, ALEXANDER SERDYUK
RATIONAL METHODS FOR RECYCLING PLASTIC WASTE
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
Federation, Makeevka

Abstract. The work discusses popular methods of processing plastics; plastic waste is difficult to recycle solid municipal waste, since for high-quality recycling it is necessary to clean it and process only clean plastic. According to RBC, the total amount of plastic waste in municipal solid waste landfills is more than 55 %, this is primarily various packaging from general goods, plastic bottles, and various plastic cases. Popular methods of dealing with plastic waste are pyrolysis (incineration of waste) and plastic granulation. Pyrolysis requires additional purification of the gas-air mixture after burning plastics. The plastic waste granulation method is a more expensive and environmentally beneficial method, since the resulting plastic granules can be used in the production of other plastic products and things.

Keywords: plastic, plastics, processing, recycling, plastic waste.

Белецкий Ярослав Олегович – аспирант кафедры техносферой безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: методы переработки твердых коммунально-бытовых отходов, повышение экологической безопасности при переработке отходов производства и потребления.

Сердюк Александр Иванович – доктор химических наук, профессор кафедры техносферой безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: способы и методы утилизации источников бесперебойного питания, экологизация современной молодежи.

Білецький Ярослав Олегович – аспірант кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методи переробки твердих комунально-побутових відходів, підвищення екологічної безпеки під час переробки відходів виробництва та споживання.

Сердюк Олександр Іванович – доктор хімічних наук, професор кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: способи та методи утилізації джерел безперебійного харчування, екологізація сучасної молоді.

Beletsky Yaroslav – a post-graduate student, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: methods of processing solid municipal waste, increasing environmental safety when processing industrial and consumer waste.

Serdyuk Alexander – D. Sc. (Chemical), Professor, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: methods and methods of disposal of uninterruptible power supplies, greening modern youth.