
VI. ТОВАРОВЕДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА, КАЧЕСТВО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТОВАРОВ

УДК 66.022.38

Е. Л. Антонова (viramaina3@yandex.by),
магистр

В. Е. Сыцко (tovarovedenie123@gmail.com),
д-р техн. наук, профессор
Белорусский торгово-экономический
университет потребительской кооперации
г. Гомель, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

В статье рассматривается экономическая проблема переработки и использования полимерных материалов.

The article discusses the economic problem of recycling and using polymer materials.

Ключевые слова: отходы; полимеры; переработка.

Key words: waste; polymers; recycling.

В настоящее время в мире наблюдается устойчивая тенденция увеличения исследований использования вторичных полимерных материалов в различных отраслях промышленности. В связи с увеличением объемов отходов производства, объектов общественного питания, учебных заведений, бытового сектора и т. д., имеет особое значение изучение новых технологий переработки. Процесс получения вторичных изделий представляет собой измельчение и дальнейшее смешивание переработанных материалов в различных пропорциях.

В Беларуси утверждена Национальная стратегия развития экономики замкнутого цикла до 2035 года. Базовый принцип циркулярной экономики следующий: добывай, производи, используй повторно. Одна из задач – увеличение уровня повторного использования твердых коммунальных отходов до 90%. Достичь такой высокой планки возможно только при условии внедрения прорывных технологий. Примером является завод по переработке вторичных ресурсов «Восточный». Здесь впервые в стране был использован искусственный интеллект для сортировки твердых бытовых отходов.

Производственные площадки завода по переработке вторичных ресурсов «Восточный» расположены в Могилёве и районном центре Круглое. Вторая – более масштабная: 17 тыс., 94 работника. Заводом ежегодно перерабатывается около 7 тыс. т полимерных отходов: ПЭТ-бутылки, отходы пластмасс, пленки. Сырье закупают у коммунальщиков со всей республики. Полимерных отходов около 200 видов, каждый из них требует особых условий переработки, поэтому качество конечного продукта во многом зависит от сортировки. К примеру, чтобы получать высокомаржинальную продукцию, ПЭТ-бутылки сортируют отдельно по цветам.

Главное преимущество нового аппаратного комплекса автоматической сортировки, созданного на основе искусственного интеллекта, видно невооруженным глазом. На старой линии работают 15 человек и сортируют отходы пластика вручную. На инновационном комплексе за всех работает робот. Нейросеть распознает объекты по заложенным в нее фотографиям с примерами образцов. Обучение искусственного интеллекта происходит постоянно путем аккумуляции миллионов фотографий потока отходов других заводов, в том числе российских. По прогнозам специалистов, срок окупаемости – год, а выпуск более качественной продукции повысит доходность по входящему сырью до 30%.

Инновационное предприятие – большое подспорье для небольшого районного центра с населением около 7 000 человек. В 2008 г. помещение под производство приобрели за одну базовую величину. Сегодня в объемах промышленного производства всего района доля предприятия – почти половина, в экспорте товаров – 28%. К примеру, из вторичного сырья создают пластиковые детали для белорусских тракторов, комбайнов, автомобилей. Данное предприятие единственное на постсоветском пространстве, которое производит мастербатч – концентраты красителей из вторичных полимеров. Здесь подготавливают сырье, смешивают с нужными добавками и присадками и получают качественный композит. Идет постоянное обновление оборудования. В рамках инициативы «Один район – один проект» была установлена новая линия гранулирования, которая дает вторую жизнь широкому спектру полимеров. На заводе «Восточный» впервые в стране был реализован инвестиционный проект по производству RDF-топлива из смеси полимеров. Отгружается продукция в открытое акционерное общество «Красносельскстройматериалы».

За рубежом большинство компаний используют свои технологии и практический опыт применения вторичных композиционных материалов для изделий гражданских отраслей. В Республике Беларусь в большей степени используется импортное и дорогостоящее полимерное сырье. Разработка новых методов рециклинга вторичных полимеров внесет определенный вклад для национальной экономики страны. Развитие новых технологий переработки и их дальнейшего использования позволит реализовать ряд новых преимуществ: снижение потребности промышленности в первичных ресурсах, снижение объемов выбросов и отходов производства, а также экономическая эффективность производства.

В нижеприведенной таблице показаны статистические данные отходов в Республике Беларусь за 2020–2024 гг.

Образование отходов

Источник образования отходов	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство, 1 000 т/год	997,1	702,4	702,8	681,2	715,6
Горнодобывающая промышленность, 1 000 т/год	455,9	1 670,8	1 675,6	630,3	528,1
Обрабатывающая промышленность, 1 000 т/год	50 016,6	50 506,8	27 890,6	40 046,2	43 978,9
Снабжение электричеством, газом, паром и кондиционированным воздухом, 1 000 т/год	499,3	511,3	561,0	618,8	668,3
Строительство, 1 000 т/год	1 857,0	1 756,9	1 713,2	2 088,9	2 338,2
Другие виды экономической деятельности, 1 000 т/год	7 357,7	7 101,8	6 617,3	6 338,6	7 119,0
Всего образовано отходов производства, 1 000 т/год	61 183,4	62 250,0	39 160,5	50 404,0	55 348,1
Образование твердых коммунальных отходов, 1 000 т/год	4 070,4	3 970,2	3 994,3	3 982,6	4 263,0
Население страны, млн человек	9,4	9,3	9,2	9,2	9,1
Отходы производства на душу населения, кг/человек	6 522,8	6 691,7	4 243,6	5 491,6	6 060,5
Твердые коммунальные отходы на душу населения, кг/человек	433,9	426,8	432,8	433,9	466,8
Валовой внутренний продукт в текущих ценах (ВВП), млрд р.	149,7	176,9	193,7	218,0	246,6
Отходы производства на единицу ВВП, кг/млн р.	0,41	0,35	0,20	0,23	0,22
Твердые коммунальные отходы на единицу ВВП, кг/млн р.	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
ВВП по паритету покупательной способности в сопоставимых ценах (2021 г.) по данным Всемирного банка на 1 июля 2025 г., млрд долл. США	250,7	256,9	244,9	255,0	265,2
Отходы производства на единицу ВВП, кг/тыс. долл. США	244,0	242,4	159,9	197,7	208,7
Твердые коммунальные отходы на единицу ВВП, кг/тыс. долл. США	16,2	15,5	16,3	15,6	16,1

Анализ таблицы со статистическими данными показывает, что общее количество отходов производства в 2020 г. составило 61 183,4 т/год, к концу 2024 г. составило 55 348,1 т/год. В 2020 г. было образовано 4 070,4 т/год твердых коммунальных отходов, к концу 2024 г. составило 4 263,0 т/год [1].

Авторами было проведено исследование, целью которого было изучение влияния недорогих и общедоступных антипиренов на свойства древесно-полимерных материалов. Была поставлена задача изготовления образцов из полипропилена с добавлением следующих антипиренов:

– гидроксид алюминия (ГОСТ 11841-76 «Реактивы. Алюминия гидроокись. Технические условия»);
– гидроксид магния (ГОСТ 34444-2018 «Наноматериалы. Магний гидроксид наноструктурированный. Технические требования и методы измерений (анализа)»);
– борат цинка (ТУ 11307-015-91);
– меламина (ГОСТ 7579-76 «Меламин. Технические условия»);
– полифосфат аммония (ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности») [1].

При проведении эксперимента гранулы полипропилена были измельчены, затем смешены с антипиренами в различном процентном соотношении. Далее состав высыпали в формы 15×3,5 см, под горячим прессом, с температурой от 190 до 230 °С, проводилось формование образцов. Плотность менялась от 15 до 50 ед. (0,7–2,2 Мпа), время прессования составляло 3–5 минут. В дальнейшем над полученными образцами проводились физико-механические испытания.

Были проверены прочность на изгиб (Н/мм²), модуль упругости (Н/мм²). Прочность при изгибе является мерой, которая показывает, насколько гибок материал, какова жесткость материала. Характерными показателями материала, подверженного изгибающим нагрузкам, выступают значения максимального напряжения и деформации на наружной поверхности образца [2–4].

После проведенных физико-механических испытаний образцов сделан вывод, что наиболее прочными являются образцы с содержанием такого антипирена как меламин. Прочность образца ниже при большом количестве добавок в смеси. Можно сделать выводы о необходимости корректировки процентного соотношения компонентов. Для каждого состава необходимы определенные условия прессования (время, температура плавления и давление). Сделан вывод, что наличие в смеси двух и более веществ будет способствовать достижению большего эффекта.

Систему управления отходами в стране необходимо совершенствовать: переход к зеленой экономике требует значительных инвестиций в разработку новых технологий, в основные средства действующих предприятий для перехода на использование вторичного сырья, а также на поддержку предприятий переработчиков.

Список использованной литературы

1. **Халтуринский, Н. А.** Горение полимеров и механизмы действия антипиренов / Н. А. Халтуринский, Т. В. Попова, А. А. Берлин // Успехи химии. – 1984. – Т. 53. – Вып. 2. – С. 326–346.
2. **Физическая** химия полимерных композиций / под ред. Ю. С. Липатова. – Киев : Науч. мысль, 1974. – 184 с.
3. **Снегирёв, А. Ю.** Автокатализ при термическом разложении полимеров, деградация и стабильность полимера / А. Ю. Снегирёв. – 2017. – № 137. – С. 151–161.
4. **Макнил, И. К.** Полимерная наука / И. К. Макнил // Химическое издание. – 1978. – № 16. – С. 95.