

*И. В. Тычинкин, Ю. И. Нейн*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[y.i.nein@urfu.ru](mailto:y.i.nein@urfu.ru)

## МЕХАНИЧЕСКИЙ РЕЦИКЛИНГ В МАЛООТХОДНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПЛЕНОК

*В работе рассмотрен рециклинг отходов производства многослойной полиэтиленовой пленки. Рассчитана экономическая эффективность инвестиций.*

Ключевые слова: *ресурсосбережение; переработка отходов; полиэтилен.*

*I. V. Tychinkin, Yu. I. Nein*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## MECHANICAL RECYCLING IN LOW-WASTE PRODUCTION OF MULTILAYERED POLYETHYLENE FILMS

*The article discusses the recycling of waste production of a multilayer plastic film. The economic efficiency of investments is calculated.*

Keywords: *resource saving; recycling; polyethylene*

Механический рециклинг пластика является существенной частью интегрированного подхода к управлению ликвидацией отходов, который также включает в себя химический рециклинг сырья и восстановление энергии. Для механического рециклинга лучше всего подходят индивидуальные пластики и их смеси с определенным составом и низким содержанием примесей [1].

Востребованность полиэтиленовых материалов, связанная с высокими потребительскими свойствами, к сожалению, сопровождается отходами самих производств по переработке ПЭ, и

отслужившими свой срок изделиями. Поэтому проблема утилизации ПЭ в настоящее время является достаточно острой.

До недавнего времени в мировой практике использовались только два метода утилизации ПЭ: захоронение и сжигание. Сейчас все больше внимание уделяется проблемам переработки. Рециклинг полиэтилена является перспективным направлением в борьбе с образованием и увеличением в объеме мусорных свалок. Кроме этого, рециклинг материала позволяет экономить ресурсы для производства первичного сырья при изготовлении пластика.

Подавляющее количество ПЭ, особенно комбинированной упаковки, содержащие в своей структуре несколько материалов, зачастую практически не поддаются вторичной переработке в связи со сложностью и высокой стоимостью соответствующих технологий.

АО «Монди Уралпластик» - ведущий производитель гибкой полимерной упаковки в России. Продуктовый портфель компании включает в себя упаковку для бытовой химии, средств личной гигиены и промышленных материалов, широкий спектр упаковки для пищевой промышленности: многослойные соэкструзионные высокобарьерные материалы для упаковки свежего мяса и рыбы, упаковка молока и молочных продуктов. В компании реализован полный цикл производства упаковки: от изготовления мастербатчей (композитов) и полимерных пленок на их основе до готового упаковочного материала. Такая структура производства позволяет создавать продукты с заданными характеристиками, максимально отвечающие требованиям клиентов.

Как и на любом другом производстве полимерной продукции, на производственной линии, образуется достаточное количество отходов (брак, отходы при обрезке кромок и др.). Однако, АО «Монди Уралпластик», являясь одним из передовых промышленных предприятий по производству полиэтиленовых пленок, с начала 2019 начала реализовывать программу по утилизации данных отходов. Технология переработки заключается в регрануляции технологических отходов производства многослойной пленки и использовании полученных гранул ПЭ повторно при производстве

созкструзионных пленок. При этом происхождение вторичного материала известно, он очищен с помощью специальных процессов, и может быть использован в изделиях, контактирующих с пищевыми продуктами.

Процесс переработки отходов трехслойной пленки, состоящей из композиции полиэтиленов трех марок и отбеливающего наполнителя оксида титана, включает в себя следующие этапы:

1. *Сортировка.* Материал подвергается ручной переборке. Из него удаляются посторонние включения, затем масса проходит через магнитный фильтр, где из нее извлекаются железные вкрапления.

2. *Мойка.* Пластик погружается в емкость с теплым мыльным раствором, смывающим с его поверхности грязь, остатки пищи и машинное масло (если оно присутствует). Качество мытья проверяется визуально, сильнозагрязненные фрагменты отбраковываются. Сушка проводится на конвейере во время транспортировки сырья в следующий цех.

3. *Агломерация.* Высушенный материал прессуется, замораживается и перемалывается на множество мелких частиц, размер которых не превышает 15 мм.

4. *Регрануляция.* Сырье загружается в экструдер с добавлением необходимых пластификаторов, стабилизаторов (для уменьшения снижения молекулярной массы при повторной экструзии), и пигментов, которые обеспечивают соответствие качеств рециклингового продукта исходному веществу. Экструдер выдает заготовки для производства упаковочной пленки, представляющие собой мелкие зерна, которые затем поступают в специальные бункера для хранения и последующего введения в производство.

Таким образом, отходы предприятия полностью перерабатываются и возвращаются в производственный цикл. При этом пленка, содержащая в своем составе регранулят не уступает по качеству пленкам, изготовленным из первичного сырья поступающего с нефтеперерабатывающих заводов.

Использование вторичного материала снижает количество исходного сырья для производства полиэтиленовых пленок и способствует уменьшению загрязнений окружающей среды [1].

Оценка экономической эффективности инвестиций линии по переработке отходов осуществлена с помощью статических методов: расчета простой нормы прибыли и срока окупаемости.

Простая норма прибыли показывает, какая часть инвестиционных затрат возвращается в виде прибыли в год [2]:

$$P_{и} = \frac{\Delta\Pi_{ч}}{K_{доп}} = \frac{15000}{4000} = 3,75 \text{ руб./руб.} \quad (1)$$

где  $P_{и}$  – рентабельность инвестиций, руб./руб.;  $\Delta\Pi_{ч}$  – прирост чистой прибыли за год, тыс. руб.;  $K_{доп}$  – дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.

Срок окупаемости представляет собой период, в течение которого весь объем генерируемых проектом денежных средств, куда входят суммы прибыли и амортизации, направляется на возврат первоначально инвестируемого капитала [2]. При этом важно, чтобы капитальные вложения окупались как можно быстрее.

$$T_{о} = \frac{K_{доп}}{\Delta\Pi_{ч} + \Delta A_{год}} = \frac{4000}{15000 + 0,4} = 0,26 \text{ года} = 3,12 \text{ мес.} \quad (2)$$

где  $T_{о}$  – срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет;  $\Delta A_{год}$  – прирост амортизационных отчислений, тыс. руб.

Разложение ПЭ длится не одно десятилетие, а неправильная утилизация ухудшает экологическую ситуацию. Поэтому внедрение технологий по переработке полимерных отходов на предприятиях, занимающихся производством изделий из пластмасс с целью ресурсосбережения является экономически обоснованным и снижает неблагоприятные воздействия на окружающую среду, а также позволяет снизить потребление исходных материалов.

#### Список использованных источников

1. Цвайфель Х., Маер Р. Д., Шиллер М. Добавки к полимерам : справочник. СПб. : ЦОП «Профессия», 2016. 1088 с.
2. Высоцкая Н. Я., Тихонравова Л. Н. Экономическое обоснование дипломных проектов по техническому перевооружению химических производств. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. 52 с.