

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ
СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ОБУВНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

А. К. МАТВЕЕВ, К. С. МАТВЕЕВ

This article describes the results of research, about the development of design screw extruder. This equipment allows you to recycle waste polyurethane foam. An experimental batch of samples and conducted researches of physical and mechanical performance properties

Шнековый экструдер, переработка отходов, экспериментальное оборудование

1. ВВЕДЕНИЕ

Специфика одного из основных производств легкой промышленности – обувной отрасли – заключается в переработке больших объемов материалов и полуфабрикатов с целью получения конечного товарного продукта - обуви. Неизбежно при этом образование эквивалентно больших объемов отходов, утилизация которых тяжким грузом ложится на экологические службы, а предприятия при этом

несут значительные финансовые затраты связанные с обезвреживанием и вывозом этих отходов на захоронение. Для массового потребителя все это связано с увеличением стоимости приобретаемой продукции и ухудшением экологической обстановки городов, где расположены обувные предприятия.

Поэтому обувные предприятия должны считать заботу об окружающей среде как одну из важнейших целей своего стратегического развития. Эта забота должна проявляться в политике строгого контроля над используемыми предприятиями материалами, а также за их последующим применением. Сырье и конечный продукт должны быть приемлемы для вторичной переработки и должны оказывать наименьшее воздействия на окружающую среду. Вторичная переработка позволяет не только увеличивать коэффициент использования сырьевых ресурсов, но и существенно сократить загрязнение окружающей среды. Поэтому все работы, направленные на решение этого вопроса, являются актуальными [1]. Следует отметить, что техника переработки отходов производства в нашей стране еще весьма далека от совершенства и требует поиска новых идей, новых технологий, разработки нового оборудования.

2. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель исследований, выполняемых в данной работе, заключалась в разработке экспериментального шнекового экструдера, предназначенного для переработки отходов пенополиуретанов и исследовании свойств композиционных материалов, полученных из отходов. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать конструктивные особенности шнекового оборудования для переработки отходов пенополиуретанов;
- разработать конструкцию экспериментального шнекового экструдера для рециклинга;
- получить экспериментальную партию композиционного материала из отходов пенополиуретанов;
- исследовать эксплуатационные свойства полученных композиционных материалов.

3. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований в выполненной работе является конструкция шнекового экструдера, предназначенного для переработки отходов легкой промышленности и композиционные материалы из отходов, полученные на разработанном оборудовании.

На первом этапе работы методы исследований носили аналитический характер, что позволило сравнить и изучить опыт использования шнекового оборудования для переработки отходов, установить особенности переработки пенополиуретановых материалов, обладающих повышенной гигроскопичностью. Анализ сложившегося опыта использования аналогичного оборудования показал, что несмотря на все положительные аспекты, его применение остается еще весьма ограниченным. Тем не менее, удалось выявить некоторые примеры успешного использования подобного оборудования.

Так, сотрудниками БГТУ и НИЦ проблем ресурсосбережения НАН Беларуси (г. Гродно) была разработана технология переработки ренолит-пленки [2]. Разработка сотрудников Института механики металлополимерных систем им. В.А.Белого НАН Беларуси [3] (г. Гомель) позволяет осуществлять переработку отходов резины, в результате чего получается рулонный материал для защиты кровли, гидроизоляции фундаментов и полов различных сооружений. Непосредственно в «Витебском государственном технологическом университете» разработкой оборудования для переработки полимерсодержащих отходов занимаются уже более 15 лет.

Разработанные машины и технологии успешно используются в производстве. Так, например, с 2000 года на обувной фабрике ОАО «Красный Октябрь» (г. Витебск) работает шнековый экструдер, который разработан и изготовлен научными сотрудниками УО «БГТУ». На витебском предприятии СООО «Марко» имеется специально организованный участок по переработке отходов, где установлено разработанное научными сотрудниками университета оборудование [4].

Аналитический этап позволил выявить отличительные черты в конструкциях оборудования, что было использовано на этапе разработки конструкции экспериментального экструдера. Так было установлено, что значительное влияние на результат работы оборудования (эксплуатационные свойства полученных композиций) оказывает влажность исходной смеси. Очевидное решение – подвергать исходную композицию предварительной сушке – влечет за собой дополнительные энергозатраты.

В результате проведенных экспериментальных работ, была разработана такая конструкция шнекового экструдера, которая позволяет решить проблему переработки гигроскопичных материалов без осуществления предварительной сушки композиций [5]. Разработанное техническое решение заключается в том, что вал ворошителя, установленного в загрузочном бункере, изготавливается полым и соединяется с вытяжной вентиляцией. Дополнительные конструктивные решения обеспечивают стабильную работу оборудования.

Однако, конструктивные особенности шнекового экструдера позволяющие устранить проблемы, возникающие при переработке гигроскопичных материалов, не устраняют недостатки, связанные с контролем технологических параметров процесса экструзии, которые не позволяют их широко применять при переработке различных отходов полимерных композиций. Основными из таких параметров являются температура и давление композиции в формующей головке. Обеспечение определения этих показателей в процессе переработки позволяет осуществлять контроль процесса и стабилизацию эксплуатационных свойств материалов.

Решением этой проблемы стала разработка конструкции экспериментального экструдера показанного на *рисунке 1*.

Экспериментальный экструдер состоит из станины 1, на которой смонтированы все основные узлы и механизмы. Верхняя часть станины накрыта плитой 2, на которой установлен редуктор 3 и шкаф управления с пускорегулирующей электроаппаратурой 4. Вращающий момент на быстроходный вал редуктора передается от двигателя постоянного тока с регулируемым приводом 5 через муфту 6. С одной стороны редуктора крепится подшипниковый узел 7, с другой стороны – корпус шнека 8. Подшипниковый узел и корпус шнека крепятся к редуктору соосно с тихоходным валом. На корпус шнека устанавливается бункер 9 для загрузки перерабатываемого материала, крепится фильера 10, нагреватели 11 и терморпары 12. В фильере выполнено отверстие для установки датчика давления расплава 13. Внутри корпуса 8 размещается шнек. Разработанная конструкция экспериментального экструдера была доработана до конструкторской документации, в результате чего установка в настоящий момент изготовлена, введена в эксплуатацию и используется для получения экспериментальных партий композиционных материалов. Образцы композиций из отходов пенополиуретанов, которые исследовались в данной работе, получены на вышеописанном экспериментальном экструдере.

Третий этап исследований имел прикладной характер. Этот этап заключался в экспериментальном определении свойств композиционных материалов из отходов обувного производства. Исследование свойств полимерных материалов проводилось по двум критериям: в зависимости от наполнителя и в зависимости от технологических параметров.

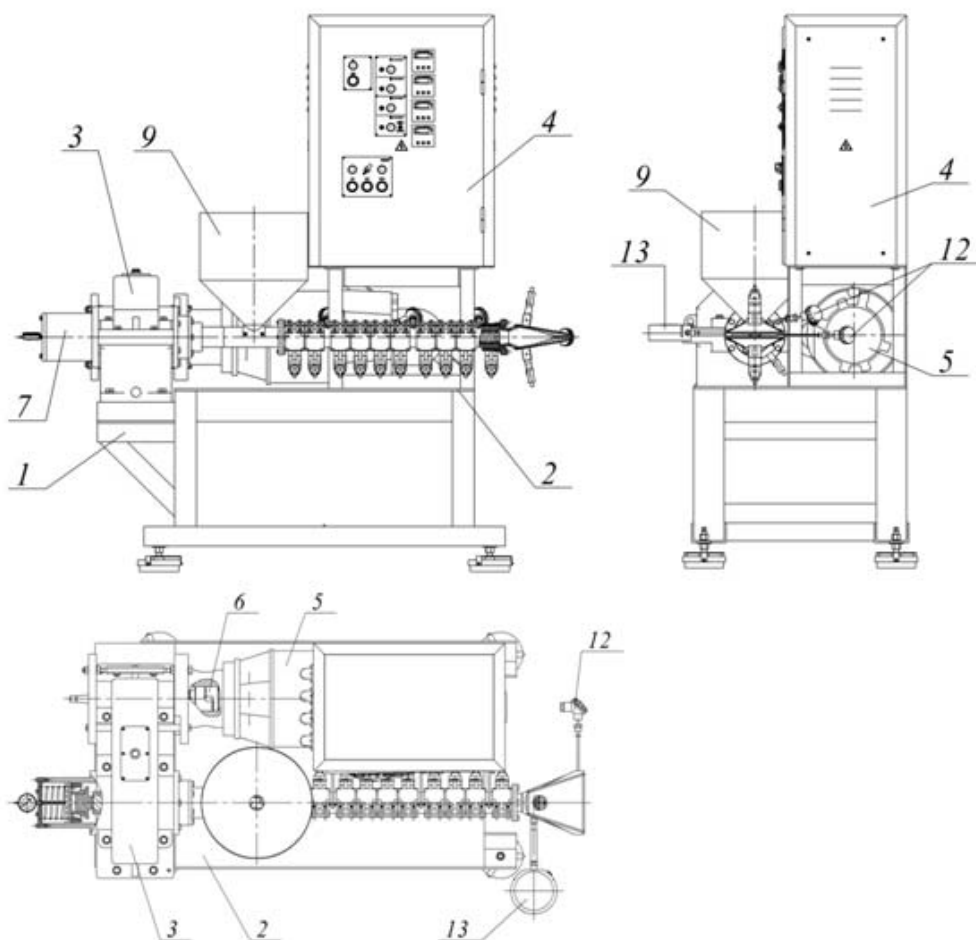


Рис. 1. Экспериментальный экструдер для переработки отходов

Получение образцов осуществлялось путем предварительной подготовки композиций на шнековом экструдере, с последующим прессованием полученной заготовки в закрытой пресс-форме. В качестве связующего композиционных материалов во всех случаях использовались отходы обувных пенополиуретанов. В качестве наполнителя выбирались различные отходы производств легкой промышленности: картоны, искусственная кожа, дублированные текстильные и трикотажные материалы. Объем наполнителя подбирался таким образом, что бы его содержание было максимально возможным при экструзии.

Для проверки свойств композиционных материалов от технологических параметров были изготовлены композиции в следующих комбинациях:

- из отходов обувных пенополиуретанов: с отходами жесткого полиуретана с добавками полисульфона (ППУ, ПУ, полисульфон);
- из отходов обувных пенополиуретанов (ППУ);
- из отходов обувных пенополиуретанов и картона (отходы производства СООО «Марко») (ППУ+картон М);
- из отходов обувных пенополиуретанов и картона (отходы производства ОАО «Красный Октябрь») (ППУ+картон КО).

Для проверки свойств композиционных материалов в зависимости от наполнителя исследованиям подвергались шесть образцов материалов, в которых в качестве наполнителя использовались отходы следующих материалов соответственно: картон стелечный (образец 1), опилки (2), искусственная кожа на тканевой основе (3), искусственная кожа на трикотажной основе (4), нетканый материал (5) и дублированный материал из отходов производства сидений (6).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Все исследования проводились в полном соответствии с действующими нормативно-правовыми актами на соответствующие методы испытаний в аккредитованном испытательном центре УО «ВГТУ».

Результаты испытаний образцов в зависимости от состава и свойств наполнителя приведены в таблице 1.

Как видно из приведенных результатов, полученные образцы обладают достаточно низким пределом прочности на изгиб, что ограничивает область их применения. Более высокие пределы прочности 1, 2 и 3 образцов объясняются, скорее всего, образованием волокнистого наполнителя, в результате происходящей диспергации материала.

На рисунке 2 приводятся графики зависимости скорости экструзии полученных композиций в зависимости от скорости вращения шнека.

Для сравнительной характеристики построен график теоретической зависимости, который определен исходя из условия экструзии композиции без проскальзывания относительно корпуса цилиндра шнека. Исходя из графиков, можно определить, что влияние состава композиции наиболее существенно зависит от свойств исходных отходов. Наиболее интересны результаты, касающиеся исследования процесса переработки отходы жесткого полиуретана, наполненных полисульфоном, и термопластичного материала из отходов обувных полиуретанов, которые смешивались в объемной пропорции 2:1 и подвергались переработке на шнековом экструдере. Часть полученных экструзией образцов подвергалась дополнительному прессованию. Для полученных композиционных материалов определялись эксплуатационные характеристики, которые приведены в таблице 2.

Установлено, что добавка к перерабатываемым отходам жестких полиуретанов термопластичного материала из отходов обувных пенополиуретанов, позволяет успешно осуществить процесс термической деструкции.

Получаемые композиционные материалы обладают хорошими эксплуатационными показателями, позволяющими использовать их при производстве обуви.

Таблица 1. Предел прочности образцов композиционных материалов

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Образец 6
Толщина, мм	8	7,8	7,9	7,5	7,2	7,35
Ширина, мм	51,1	49,25	50,175	51,25	49,5	50,375
Длина, мм	152,25	153,1	152,675	151,75	152	151,875
Сила нагружения, Н	58,6	59,60	59,1	41	38	39,5
Предел прочности, МПа	2,7	3,0	2,8	2,1	2,2	2,2

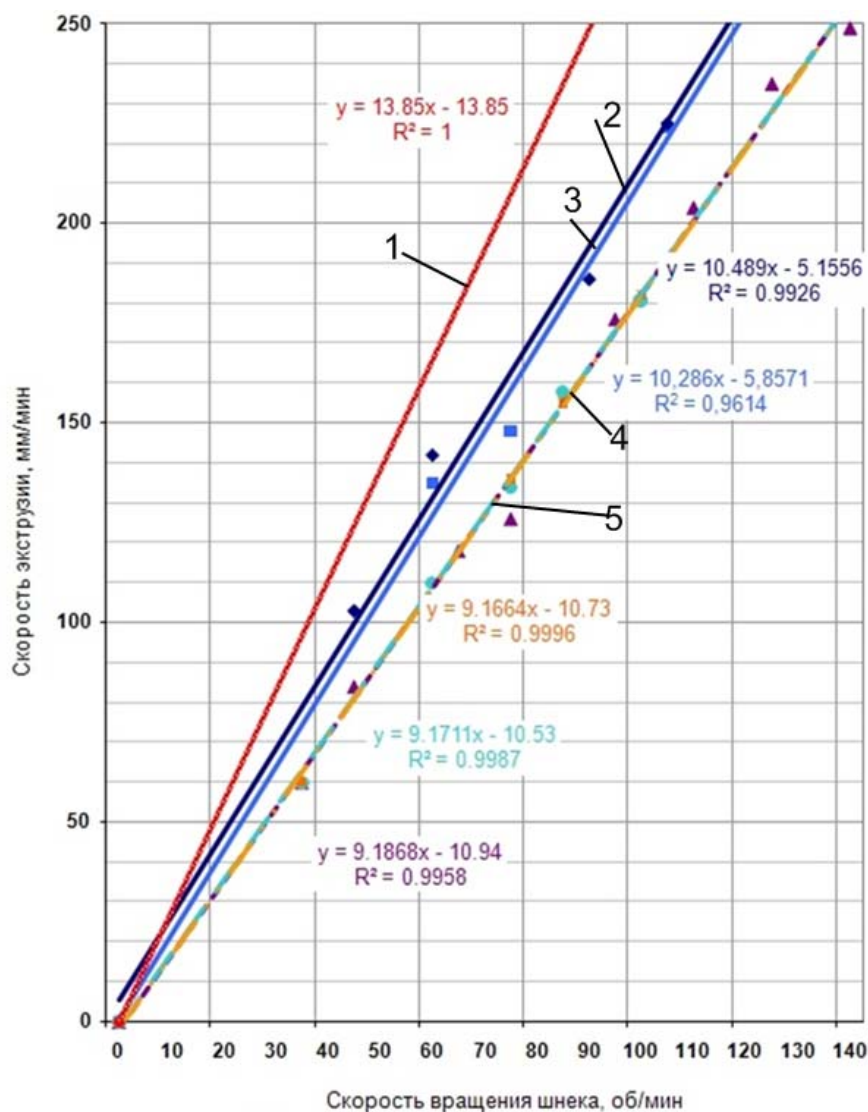


Рис. 2. Зависимость скорости экструзии от скорости вращения шнека

Таблица 2. Сравнительные характеристики композиционных материалов

Вид материала	Плотность, г/см ²	Предел прочности, МПа	Удлинение, %	Твердость по Шору А
Отходы ППУ (пресс)	1,23	6,25	250	66–68
Отходы ППУ + отходы ПУ (экстр)	0,92	6,25	105	86–88
Отходы ППУ + отходы ПУ (пресс)	1,15	6,89	150	78–82

5. Выводы

Исследование свойств материалов, изготавливаемых из отходов пенополиуретанов, показали, что на процесс переработки существенное влияние оказывает совокупность конструктивных и технологических параметров, негативное воздействие которых удалось преодолеть благодаря выполненным исследованиям.

В результате выполнения данной работы был проведен анализ конструкций шнекового экструзионного оборудования, на основании которого были предложены запатентованные технические решения, обеспечивающие переработку отходов пенополиуретанов. По конструкторской разработке изготовлен экспериментальный шнековый экструдер, на котором обеспечивалось получение экспериментальных образцов. Результаты исследований внедрены в производство и в учебный процесс. По результатам проведенных исследований получено два патента на полезные модели «Экструдер для термомеханического рециклинга отходов интегральных полиуретанов» и «Экспериментальный экструдер для переработки полимерных отходов» и патент на изобретение «Способ переработки жестких полиуретанов»

Литература

1. *Матвеев К.С., Ковальков Н.С., Матвеев А.К., Егорова Е.А.* Старение композиционных материалов из отходов полиуретанов / Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии // тез. докл. IX Междунар. науч.-техн. конф.:(Гродно, 20-21 окт. 2011 г.); редкол.: А.И. Свириденко (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГРГУ, 2011. – 169 с.
2. *Калинка А.Н., Ставров В.П., Свириденко А.И.* Технологические и механические свойства ренолит пленки, наполненной частицами растительного происхождения / Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии // Матер. VI Междунар. науч.-техн. конф.:В 2ч. Ч I (редкол.: А.И. Свириденко (отв.ред.) [и др.]. – Гродно : ГРГУ, 2006. – 287 с.
3. *Купчинов Б.И., Шаповалов В.М., Лапина Е.М., Кудин С.В.* Композиционный материал на основе полиэтилена и отходов резины / Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии / Материалы VI Междунар. науч.-техн. конф.:В 2ч. Ч I (редкол.: А.И. Свириденко (отв.ред.) [и др.]. – Гродно : ГРГУ, 2006. – 287 с.
4. *Матвеев К.С., Буркин А.Н., Новиков А.К., Голубев А.Н.* Специализированное оборудование и технология для переработки отходов в композиционные материалы / Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии // Материалы VI Междунар. науч.-техн. конф.:В 2ч. Ч I (редкол.: А.И. Свириденко (отв.ред.) [и др.]. – Гродно : ГРГУ, 2006. – 287 с.
5. Патент РБ 5320, С08G 18/00. Экструдер для термомеханического рециклинга отходов интегральных полиуретанов / К.С. Матвеев, А.К. Новиков, В.В. Пятов, С.В. Бровко, А.К. Матвеев, А.Н. Голубев (ВУ).-№ и 20080790 ; Заявлено 23.10.2008, Опубл. 30.06.2009, ОБ №3, Приоритет 23.10.2008.