

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор БГТУ по учебной работе



А. А. Сакович

« 3 » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Регистрационный № УД- 929/уч

## **РЕЦИКЛИНГ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1–36 01 08 Конструирование и производство  
изделий из композиционных материалов**

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1–36 01 08–2013 для специальности 1–36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30 августа 2013 г. №88 и учебного плана специальности № 36-1-004/уч. от 15.07.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**Е. И. Кордикова** – доцент кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**А. И. Свириденко** – заместитель директора по научно-исследовательской работе Научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения Института тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, доктор технических наук, академик НАН Беларуси;

**Р. М. Долинская** – доцент кафедры полимерных композиционных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»  
(протокол № 3 от 29 сентября 2017 г);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»  
(протокол № 1 от 2. 10. 2017 г);

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 1.1. Цель и задача учебной дисциплины

Дисциплина «Рециклинг полимерных и композиционных материалов» относится к профильным дисциплинам специальности 1–36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов».

**Цель изучения дисциплины** – ознакомление студентов с методами утилизации отходов полимерных и композиционных материалов (ПКМ). В связи с этим основная **задача** изучения дисциплины – приобретение студентами знаний и навыков по выбору оптимальных путей утилизации отходов полимерных и композиционных материалов и пригодного для их реализации оборудования.

### 1.2. Связь с другими учебными дисциплинами

При изучении дисциплины «Рециклинг полимерных и композиционных материалов» широко используют понятия и методы, являющиеся предметом изучения дисциплин «Полимерные и композиционные материалы», «Формообразование изделий из полимерных и композиционных материалов», «Конструирование оборудования и формообразующей оснастки».

### 1.3. Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- особенности утилизации изделий из различных типов ПКМ и способы переработки вторичных материалов в изделия;
- особенности технологических и эксплуатационных свойств вторичных ПКМ и их смесей, методы оценки этих свойств;
- виды и конструктивные особенности средств технологического оснащения, используемых для рециклинга ПКМ;
- пути эффективного использования вторичных ПКМ и методы оценки технико-экономической эффективности технологических процессов рециклинга;

**уметь:**

- выбирать наиболее эффективные процессы рециклинга промышленных и бытовых отходов ПКМ;
- принимать конструктивные и технологические решения при рециклинге ПКМ;

**владеть:**

- знаниями о проблемах утилизации промышленных и бытовых отходов ПКМ, о возможных подходах к их решению и об опыте развитых стран в области утилизации ПКМ;
- знаниями о нормативных требованиях к утилизации отходов в Республике Беларусь, вытекающих из законодательства об охране окружающей среды и концепции устойчивого развития экономики;
- навыками обоснования и принятия решений о технологиях и режимах вторичной переработки полимеров и композиционных материалов;

– навыками выбора методики, осуществления необходимых экспериментов и интерпретации их результатов.

#### **1.4. Требования к компетенциям специалиста**

##### *Академические компетенции*

Студент должен:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

##### *Социально-личностные компетенции*

Студент должен:

СЛК-6. Уметь работать в команде.

##### *Профессиональные компетенции*

Студент должен быть способен:

ПК-1. Проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий.

ПК-2. Анализировать и объективно оценивать достижения науки в области рециклинга полимерных и композиционных материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспективы и направления развития.

ПК-6. Организовывать и проводить экспериментальные исследования материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований.

#### **1.5. Структура и содержание учебной дисциплины**

В соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» общее количество часов по дисциплине составляет 108 часов, в том числе 48 часов аудиторных занятий, из них 32 часа лекций и 16 часов лабораторных занятий.

Дисциплина изучается в 8 семестре. Форма текущей аттестации – экзамен.

Форма получения высшего образования – очная, дневная.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Проблемы утилизации полимерных и композиционных материалов.** Рост производства полимерных и композиционных материалов и экологические проблемы. Классификация отходов. Законодательство Республики Беларусь в области экологии и утилизации отходов полимерных и композиционных материалов. Системы рециклинга полимерных отходов в Европе.

**2. Основные методы утилизации отходов всех типов.** Особенности полимерных промышленных и бытовых отходов. Источники отходов пластмасс. Доля отходов из различных источников в общем объеме образования полимерных отходов. Основы рециклинга полимерных отходов. Терминология в области вторичной переработки полимерных отходов.

**3. Процессы механического рециклинга.** Группы отходов по пригодности к рециклингу. Стадии переработки отходов. Сортировка полимерных материалов и изделий. Достоинства и недостатки методов и существующего оборудования.

**4. Мойка, очистка, сушка и транспортировка.** Предварительная мойка и мойка измельченных материалов. Механическая и термическая сушка. Транспортировка на этапе подготовки отходов. Существующие принципы реализации этих процессов и используемое оборудование.

**5. Измельчение отходов полимерных и композиционных материалов.** Классификация принципов измельчения. Резка и резательное оборудование, его достоинства и недостатки. Ударное измельчение, применяемое оборудование. Мельницы тонкого помола для получения тонкодисперсных порошков.

Особенности измельчения отходов волокнистых композиционных материалов. Специальные способы: криогенное измельчение, сдвиговая твердофазная экструзия, химическое измельчение.

**6. Уплотнение и агломерация.** Агломерация отходов полимерных и композиционных материалов. Основные принципы и методы. Технологические свойства агломерированных вторичных материалов и области применения.

**7. Классификация (фракционирование) отходов полимерных и композиционных материалов.** Существующие способы разделения по крупности, плотности и другим параметрам. Классификация существующего оборудования, предпочтительные области применения каждого из классов, достоинства и недостатки.

**8. Гранулирование вторичных полимерных материалов.** «Повторная грануляция». Требования для фильтрации вторичных полимеров. Линии по гранулированию различных полимерных отходов.

**9. Модификация вторично переработанных пластмасс.** Причины склонности к деструкции восстановленных полимеров. Методы модификации вторичных полимеров (полиолефинов, полиамидов, полиэтилентерефталатов и др.) с целью регулирования технологических и эксплуатационных свойств.

**10. Вторичная переработка полимерных материалов.** Вторичная переработка полиолефинов: свойства вторичных полиолефинов и их смесей. Используемые подходы и оборудование, технологические схемы.

Вторичная переработка полиалкилентерефталатов (полиэтилентерефталат, полибутилентерефталат): свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы.

Вторичная переработка поливинилхлорида: свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы.

**11. Вторичная переработка композиционных материалов.** Вторичная переработка композиционных материалов на основе термопластов (полиолефины, АБС-пластики, полиамиды и др.). Свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы.

Вторичная переработка композиционных материалов на основе терморезистивных полимеров. Свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы.

Рециклинг вторичных полимерных смесей без сортировки компонентов.

**12. Совмещение отходов полимерных и композиционных материалов.** Использование червячного и дискового экструдеров, особенности конструкции экструдеров и параметры процесса.

Формообразование изделий из отходов полимерных и композиционных материалов. Композиции вторичных термопластичных полимеров с наполнителями различного происхождения.

**13. Переработка эластомерных композиций.** Основные технологические схемы процессов. Применяемое оборудование. Использование рециклята для изготовления новых изделий. Особенности технологических и эксплуатационных свойств. Области применения.

**14. Специальные методы рециклинга пластмасс.** Термический рециклинг. Процессы и оборудование для сжигания отходов. Газификация твердых органических отходов. Пиролизные технологии. Термическая деструкция в углеводородных растворителях и в среде водяного пара.

Химическая переработка отходов полимеров и композитов.

**15. Захоронение отходов.** Виды свалок и особенности их содержания. Саморазлагаемые (биоразлагаемые) материалы.

**16. Экономика вторичной переработки.** Выбор направления утилизации промышленных отходов. Методы оценки на стадии разработки технологических процессов и производства. Экономические аспекты утилизации отходов полимерных и композиционных материалов. Технико-экономическая эффективность прессования изделий.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов СР	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6
1	<b>Проблемы утилизации полимерных и композиционных материалов.</b> Рост производства полимерных и композиционных материалов и экологические проблемы. Классификация отходов. Законодательство Республики Беларусь в области экологии и утилизации отходов полимерных и композиционных материалов. Системы рециклинга полимерных отходов в Европе.	2	2	3	Контрольный опрос, отчет по лабораторным работам с его устной защитой, экзамен
2	<b>Основные методы утилизации отходов всех типов.</b> Особенности полимерных промышленных и бытовых отходов. Источники отходов пластмасс. Доля отходов из различных источников в общем объеме образования полимерных отходов. Основы рециклинга полимерных отходов. Терминология в области вторичной переработки полимерных отходов.	2	-	3	Контрольный опрос, экзамен
3	<b>Процессы механического рециклинга.</b> Группы отходов по пригодности к рециклингу. Стадии переработки отходов. Сортировка полимерных материалов и изделий. Достоинства и недостатки методов и существующего оборудования.	2	-	3	Контрольный опрос, экзамен
4	<b>Мойка, очистка, сушка и транспортировка.</b> Предварительная мойка и мойка измельченных материалов. Механическая и термическая сушка. Транспортировка на этапе подготовки отходов. Существующие принципы реализации этих процессов и используемое оборудование.	2	-	3	Контрольный опрос, экзамен
5	<b>Измельчение отходов полимерных и композиционных материалов.</b> Классификация принципов измельчения. Резка и резательное оборудование, его достоинства и недостатки. Ударное измельчение, применяемое оборудование. Мельницы тонкого помола для получения тонкодисперсных порошков. Особенности измельчения отходов волокнистых композиционных материалов. Специальные способы: криогенное измельчение, сдвиговая твердофазная экструзия, химическое измельчение.	2	4	6	Контрольный опрос, отчет по лабораторным работам с его устной защитой, экзамен
6	<b>Уплотнение и агломерация.</b> Агломерация отходов полимерных и композиционных материалов. Основные принципы и методы. Технологические свойства агломерированных вторичных материалов и области применения.	2	-	3	Контрольный опрос, экзамен

1	2	3	4	5	6
7	<b>Классификация (фракционирование) отходов полимерных и композиционных материалов.</b> Существующие способы разделения по крупности, плотности и другим параметрам. Классификация существующего оборудования, предпочтительные области применения каждого из классов, достоинства и недостатки.	2	4	6	Контрольный опрос, отчет по лабораторным работам с его устной защитой, экзамен
8	<b>Гранулирование вторичных полимерных материалов.</b> «Повторная грануляция». Требования для фильтрации вторичных полимеров. Линии по гранулированию различных полимерных отходов.	2	–	3	Контрольный опрос, экзамен
9	<b>Модификация вторично переработанных пластмасс.</b> Причины склонности к деградации восстановленных полимеров. Методы модификации вторичных полимеров (полиолефинов, полиамидов, полиэтилентерефталатов и др.) с целью регулирования технологических и эксплуатационных свойств.	2	–	3	Контрольный опрос, экзамен
10	<b>Вторичная переработка полимерных материалов.</b> Вторичная переработка полиолефинов: свойства вторичных полиолефинов и их смесей. Используемые подходы и оборудование, технологические схемы. Вторичная переработка полиалкилентерефталатов (полиэтилентерефталат, полибутилентерефталат): свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы. Вторичная переработка поливинилхлорида: свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы.	2	–	3	Контрольный опрос, экзамен
11	<b>Вторичная переработка композиционных материалов.</b> Вторичная переработка композиционных материалов на основе термопластов (полиолефины, АБС-пластики, полиамиды и др.). Свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы. Вторичная переработка композиционных материалов на основе термореактивных полимеров. Свойства, используемые подходы и оборудование, технологические схемы. Рециклинг вторичных полимерных смесей без сортировки компонентов.	2	4	6	Контрольный опрос, отчет по лабораторным работам с его устной защитой, экзамен
12	<b>Совмещение отходов полимерных и композиционных материалов.</b> Использование червячного и дискового экструдеров, особенности конструкции экструдеров и параметры процесса. Формообразование изделий из отходов полимерных и композиционных материалов. Композиции вторичных термопластичных полимеров с наполнителями различного происхождения.	2	–	3	Контрольный опрос, экзамен
13	<b>Переработка эластомерных композиций.</b> Основные технологические схемы процессов. Применяемое оборудование. Использование рециклата для изготовления новых изделий. Особенности технологических и эксплуатационных свойств. Области применения.	2	–	3	Контрольный опрос, экзамен

1	2	3	4	5	6
14	<b>Специальные методы рециклинга пластмасс.</b> Термический рециклинг. Процессы и оборудование для сжигания отходов. Газификация твердых органических отходов. Пиролизные технологии. Термическая деструкция в углеводородных растворителях и в среде водяного пара. Химическая переработка отходов полимеров и композитов.	2	-	3	Контрольный опрос, экзамен
15	<b>Захоронение отходов.</b> Виды свалок и особенности их содержания. Саморазлагаемые (биоразлагаемые) материалы.	2	-	3	Контрольный опрос, экзамен
16	<b>Экономика вторичной переработки.</b> Выбор направления утилизации промышленных отходов. Методы оценки на стадии разработки технологических процессов и производства. Экономические аспекты утилизации отходов полимерных и композиционных материалов. Технико-экономическая эффективность прессования изделий.	2	2	6	Контрольный опрос, отчет по лабораторным работам с его устной защитой, экзамен
	<b>Всего</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>60</b>	

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Перечень основной литературы

№ п/п	Литература	Количество в библиотеке БГТУ
1	Шайерс, Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс: пер. с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.	3
2	Лишик, В. Т. Рециклинг и утилизация полимерных отходов / В. Т. Лишик, Н. Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2008. – 289 с.	3
3	Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантия (ред.); пер. с англ; под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2006 и позже. – 400 с.	7

### 4.2. Перечень дополнительной литературы

№ п/п	Литература	Количество в библиотеке БГТУ
1	Рециклинг пластмасс: учеб. -метод.пособие для студентов учреждений высшего образования / А.Ф. Мануленко, В.В. Яценко. – Минск: БГТУ, 2013. – 124 с.	48
2	Шаповалов, В. М., Тартаковский, З. Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2003. – 262 с.	2
4	Левданский, Э. И., Левданский, А. Э. Энергосбережение при измельчении материалов. – Минск: БГТУ, 1999. – 86 с.	5

### 4.3 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, формирование умений, навыков по изучаемой дисциплине, активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся, формирование умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний, формирование умений и навыков самостоятельного их применения на практике. В рамках дисциплины предусмотрена *самостоятельная работа* в виде:

- освоения теоретического материала по учебным пособиям;
- оформления отчетов по лабораторным работам в аудитории во время проведения занятий в соответствии с расписанием.

Задания для самостоятельной проработки тем теоретического раздела курса выдаются преподавателем, читающим лекционный курс дисциплины, на лекции, посвященной данной тематике.

Задания по подготовке к лабораторным занятиям выдается преподавателем, ведущим занятия, в период их проведения. Защита лабораторных работ студентами проводится в присутствии преподавателя, выдавшего задание на выполнение этого вида самостоятельной работы. Результаты текущего контроля знаний используются при проведении итогового контроля знаний (экзамен).

#### **Примерный перечень заданий для самостоятельной работы студентов**

1. Ознакомиться с руководящими документами Республики Беларусь в области обращения с отходами.
2. Описать используемые методы утилизации и рециклинга отходов в Республике Беларусь.
3. Провести сравнительный анализ систем управления отходами в РБ, РФ и Европы.
4. Провести анализ проектируемого, изготавливаемого и реализуемого оборудования для измельчения полимерных и композиционных материалов на территории РБ.
5. Изучить новые научные решения в области использования вторично переработанных полимерных и композиционных материалов.
6. Определить класс опасности отходов, образующихся на предприятиях Республики Беларусь, специализирующихся на переработке и изготовлении изделий из полимерных и композиционных материалов.
7. Проанализировать проблему переработки резинотехнических изделий после истечения срока годности применительно к Республике Беларусь.
8. Подготовиться к выполнению и защите лабораторных работ.

#### **4.4. Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

**Диагностика компетенций студентов** осуществляется на экзамене по десятибалльной шкале. Оценка промежуточных учебных достижений студентов осуществляется по результатам достижения поставленных целей на лабораторных работах.

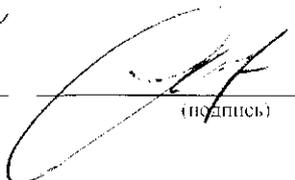
Для контроля качества усвоения знаний и оценки уровня знаний и умений студентов рекомендуется использовать следующие диагностические средства:

- контрольные опросы;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- экзамен.

## 5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Конструирование изделий из полимеров и эластомеров	Кафедра механики и конструирования	Замечаний нет 	
Формообразование изделий из полимерных и композиционных материалов	Кафедра механики и конструирования	Замечаний нет 	

Заведующий кафедрой *М.И.К.*  
*К.И.И. П.А.С.С.С.С.С.*  
(ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

*А.В.Смирнов*  
(И.О. Фамилия)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«РЕЦИКЛИНГ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»  
на 2018/2019 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1	Дополнить информационно-методическую часть: форма контроля знаний при проведении межсессионной аттестации – защита лабораторных работ. Весовые коэффициенты: $K_{\text{межс1}} = 0,2$ ; $K_{\text{межс2}} = 0,3$ ; $K_{\text{тек}} = 0,5$	Положение о межсессионной аттестации студентов БГТУ, утвержденное 16.03.2018г. №121
2	Технология последовательного измельчения и ситового анализа для контроля дисперсности состава	Протокол заседания кафедры № 5 от 28.11.2017г.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры (протокол № 12 от 21.06.2018 г.)

Заведующий кафедрой МиК,  
кандидат технических наук, доцент



А.В. Спиглазов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета ХТиТ,  
кандидат технических наук, доцент



Ю. А. Климош