



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

электроэнергетики и электроники

\_\_\_\_\_ Р.Р.Гибадуллин

«24» февраля 2026 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.08 Технологические основы переработки техногенных отходов

Направление подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность  
(профиль)

Экономика замкнутого цикла и технологии  
управления техногенными отходами

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2026

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Инженерная экология и безопасность труда	Доцент, к.т.н.	Фахреев Н.Н.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Инженерная экология и безопасность труда	22.01.2026	№ 1	Зав.каф., д.т.н., проф. Николаева Лариса Андреевна
Согласована	Инженерная экология и безопасность труда	22.01.2026	№ 1	Зав.каф., д.т.н., проф. Николаева Лариса Андреевна
Согласована	Учебно-методический совет института	24.02.2026	№ 5	Директор, к.т.н., доц. Гибадуллин Рамил Рифатович
Одобрена	Ученый совет института	24.02.2026	№ 6	Директор, к.т.н., доц. Гибадуллин Рамил Рифатович

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Технологические основы переработки техногенных отходов» является формирование у обучающихся знаний о современных технологиях переработки техногенных отходов, необходимых для обоснования экономического регулирования природоохранной деятельности и внедрения принципов циркулярной экономики в системе ответственного управления отходами.

Задачами дисциплины являются:

- Изучить классификацию техногенных отходов и технологические процессы их переработки с точки зрения потенциала извлечения вторичных материальных ресурсов для экономики замкнутого цикла.

- Освоить методики технико-экономического анализа технологий переработки отходов для оценки эффективности природоохранных мероприятий и инструментов регулирования деятельности организации.

- Сформировать умения выбирать оптимальные технологические решения по управлению отходами, обеспечивающие баланс между требованиями техносферной безопасности, экологической ответственностью и экономической целесообразностью.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3. Способен осуществлять экономическое регулирование природоохранной деятельности организации с применением инструментов экономики замкнутого цикла и систем ответственного управления техногенными отходами	ПК-3.1. Применяет экономические инструменты замкнутого цикла для регулирования обращения с техногенными отходами и стимулирования их вторичного использования;
	ПК-3.2. Проводит расчёт экономической эффективности мероприятий по обращению с техногенными отходами и обосновывает выбор оптимальной стратегии управления отходами с учётом принципов замкнутого цикла

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины:

Б1.В.04. Управление отходами и экономика замкнутого цикла (ПК-1)

Последующие дисциплины:

Б2.В.02(П). Производственная практика (экспертно-надзорная) (ПК-2)

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			3
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	24	24
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,7	24	24
Лекции	0,22	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,5	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ</b>	<b>2,3</b>	<b>84</b>	<b>84</b>
Проработка учебного материала	2,3	84	84
Курсовой проект	-		-
Курсовая работа	-		-
Подготовка к промежуточной аттестации	-		-
Промежуточная аттестация:			3
			-

**3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий**

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы			Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	пр. зан.	сам. раб.		
<b>Раздел 1.</b> Техногенные отходы как объект переработки: характеристика, ресурсный потенциал и технологии утилизации	54	4	8	42	Сбс	ПК.3.1, ПК.3.2
<b>Раздел 2.</b> Проектирование и технико-экономическое обоснование систем переработки техногенных отходов	54	4	8	42	Сбс	ПК.3.1, ПК.3.2

Зачет						
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>84</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Техногенные отходы как объект переработки: характеристика, ресурсный потенциал и технологии утилизации

Тема 1.1. Инженерная классификация техногенных отходов и оценка их ресурсного потенциала

Тема 1.2. Технологии переработки техногенных отходов: принципы, оборудование, режимы

Раздел 2. Проектирование и технико-экономическое обоснование систем переработки техногенных отходов

Тема 2.1. Проектирование систем обращения с отходами с учётом принципов экономики замкнутого цикла

Тема 2.2. Техно-экономическая оценка проектов переработки отходов: от параметров процесса к финансовым показателям

### 3.4. Тематический план практических занятий

Тема 1. Лабораторный анализ техногенных отходов и определение технологических параметров

Тема 2. Выбор технологии переработки на основе характеристик отходов

Тема 3. Расчёт материального и энергетического баланса технологической линии

Тема 4. Подбор и расчёт основного технологического оборудования

Тема 5. Оценка качества вторичной продукции и её рыночной ценности

Тема 6. Техно-экономическое моделирование проекта в табличном процессоре

Тема 7. Многокритериальное сравнение альтернативных технических решений

Тема 8. Создание инженерного проекта с техническим решением и экономическим обоснованием

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компе-	Код индикатора	Заплани- рованные	Уровень сформированности индикатора компетенции
------------	----------------	-------------------	---

тенции	компетенции	результаты обучения по дисциплине	Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-3	ПК-3.1	знать: технические требования и регламенты применения экономических механизмов				
			Уровень знаний технических требований и механизмов в объеме соответствующем программе, без ошибок	Уровень знаний технических требований и механизмов в объеме соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимальный уровень знаний технических требований и механизмов, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний технических требований и механизмов ниже минимальных требований
		уметь: интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов.				
			Показаны все основные умения интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов, решены все	Показаны все основные умения интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических	Показаны основные умения делать интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических	При решении стандартных задач не показаны основные умения делать интеграцию параметров экономических инструментов замкнутого цикла в технический

			основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	ческих линий и выбор оборудования для утилизации отходов, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	ческих линий и выбор оборудования для утилизации отходов, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	кие задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов, имеют место грубые ошибки
<p>владеть: навыками технико-экономической оптимизации режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов.</p>						
			Показаны навыки владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов. при решении	Показаны базовые навыки владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении	Имеется минимальный набор навыков владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов	При решении стандартных задач не показаны базовые навыки владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации

			нестандартных задач без ошибок и недочетов	ии экологических и экономических нормативов . при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	при соблюдении экологических и экономических нормативов. решения стандартных задач с некоторыми недочетами	выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов. имеют место грубые ошибки
ПК-3	ПК-3.2	знать: методы инженерно-экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов.				
			Уровень знаний методов инженерно-экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов в объеме соответствующем программе, без ошибок	Показаны все основные умения методов инженерно-экономического анализа технологических процессов , включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов, имеет место	Минимальный уровень знаний методов инженерно-экономического анализа технологических процессов , включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов. имеет место	Уровень знаний методов инженерно-экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов ниже минимальных

				несколько негрубых ошибок	много негрубых ошибок	требований
		уметь: выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения.				
			Показаны все основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, выполнены все задания в полном	Показаны все основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Показаны основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не показаны основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, имеют место грубые ошибки

				недочета ми		
		<p>владеть: инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики.</p>				
			<p>Показаны навыки владения инструментами и компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики. при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов</p>	<p>Показаны базовые навыки владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики. при решении стандартных задач с некоторыми</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики.</p>	<p>При решении стандартных задач не показаны базовые навыки владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики.</p>

				ми недочета ми	некоторые ми недочета ми	место грубые ошибки
--	--	--	--	----------------------	-----------------------------------	---------------------------

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Экология производства :учебник для вузов / Э.В. Ивентер. - СПб.: Лань, 2024. - 232 с. - ISBN 987-5-507-49802-4. - Текст : непосредственный — URL: <https://reader.lanbook.com/book/427994>— Текст : электронный;

2. Управление техногенными отходами : учебное пособие / В. Н. Коротаев, Н. Н. Слюсарь, Я. А. Жилинская [и др.]. — Пермь : ПНИПУ, 2016. — 390 с. — ISBN 978-5-398-01541-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161217>

3. Ветошкин, А. Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2025 - 304 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/480245>. - ISBN 978-5-507-53250-6. - Текст : электронный.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

4. Колесников, С. И. Охрана природы и природоохранное законодательство : учебник / С. И. Колесников. — Москва : КноРус, 2023. — 209 с. — ISBN 978-5-406-11711-8. — URL: <https://book.ru/book/949526>. — Текст : электронный.

5. Широков, Ю. А. Экологическая безопасность на предприятии : учебное пособие для вузов / Ю. А. Широков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-9051-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/183796>.

6. Рязанова, О. Е. Циркулярная экономика : учебное пособие / О. Е. Рязанова, В. П. Золотарева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Кнорус, 2025 - 181 с. - URL: <https://book.ru/books/957024>. - ISBN 978-5-406-14159-5. - Текст : электронный.

7. Ветошкин, А. Г. Основы инженерной экологии : учебное пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025 — 332 с. — ISBN 978-5-507-50793-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/465095>.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. <http://www.mnr.gov.ru/> - Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
2. <http://nproed.ru> - Портал "Открытое образование"

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. ГПНТБ России (Экологический раздел) Специализированная база данных «Экология: наука и технологии» <http://ecology.gpntb.ru/ecology db/>
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
3. ИСС «Кодекс» / «Техэксперт» <http://app.kgeu.local/Home/Apps>
4. «Гарант» <http://www.garant.ru/>
5. «Консультант плюс» <http://www.consultant.ru/>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. LMS Moodle
2. Windows 10

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение

	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение
--	--------------------------	---

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой

справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его

сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГЭУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**по дисциплине**

**Технологические основы переработки техногенных отходов**

Направление подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2026

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

### 1. Технологическая карта

Семестр 3

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели								
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	IV текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК4	Итого
<b>Раздел 1.</b> Техногенные отходы как объект переработки: характеристика, ресурсный потенциал и технологии утилизации	<b>ТК1</b>	25	0-10	10	0-15					<b>25-50</b>
<b>Раздел 2.</b> Проектирование и технико-экономическое обоснование систем переработки техногенных отходов	<b>ТК2</b>					15	0-10	10	0-15	25-50
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>	<b>ОМ</b>									<b>0-40</b>

### 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-3	ПК-3.1	знать: технические требования и регламенты применения экономических	Уровень знаний технических требований	Уровень знаний технических требований	Минимальный уровень знаний технических	Уровень знаний технических требований

		механизмов	й и механизмов в объеме соответствующем программе, без ошибок	й и механизмов в объеме соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	их требований и механизмов, имеет место много негрубых ошибок	ий и механизмов ниже минимальных требований
		уметь:				
		интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов.	Показаны все основные умения интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов, решены все основные задачи с отдельными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Показаны все основные умения интегрировать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в	Показаны основные умения делать параметры экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены задания, но не в	При решении стандартных задач не показаны основные умения делать интеграцию параметров экономических инструментов замкнутого цикла в технические задания на разработку технологических линий и выбор оборудования для утилизации отходов, имеют место грубые ошибки

				полном объеме, но некоторые недочетами	полном объеме	
		владеть:				
		навыками технико-экономической оптимизации режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов.	Показаны навыки владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов. при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Показаны базовые навыки владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов. при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов. решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не показаны базовые навыки владения технико-экономической оптимизацией режимов работы установок переработки для максимизации выхода вторичных ресурсов при соблюдении экологических и экономических нормативов. имеют место грубые ошибки
		знать:				
	ПК-3.2	методы инженерно-экономического анализа	Уровень знаний методов инженерно-	Показаны все основные умения	Минимальный уровень знаний	Уровень знаний методов инженер

		<p>технологически процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов</p>	<p>экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов в объеме соответствующем программе, без ошибок</p>	<p>методов инженерного экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>методов инженерного экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки отходов. имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>но-экономического анализа технологических процессов, включая расчёт удельных капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости и себестоимости переработки единицы отходов ниже минимальных требований</p>
<p>уметь:</p>						
	<p>выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения.</p>	<p>Показаны все основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и</p>	<p>Показаны все основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой</p>	<p>Показаны основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их</p>	<p>Показаны основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических схем переработки с оценкой их</p>	<p>При решении стандартных задач не показаны основные умения выполнять сравнительный технико-экономический расчёт альтернативных технологических</p>

			энергосбережения, выполнены все задания в полном	их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, решены все основные задачи с негрубым и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, решены типовые задачи с негрубым и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	схем переработки с оценкой их эффективности по критериям ресурсо- и энергосбережения, имеют место грубые ошибки
владеть:						
	инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики.	Показаны навыки владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью	Показаны базовые навыки владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечивающего баланс	Имеется минимальный набор навыков владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технологического решения, обеспечив	При решении стандартных задач не показаны базовые навыки владения инструментами компьютерного моделирования и многопараметрической оптимизации для обоснования выбора технолог	

			тью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики. при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики. при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	ающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики. решения стандартных задач с некоторыми недочетами	ического решения, обеспечивающего баланс между технической реализуемостью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики. имеют место грубые ошибки
--	--	--	---	---	---	--

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *практических заданий в семестре; тестовых заданий; полные и содержательные ответы на вопросы;*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *практических заданий в семестре; тестовых заданий;*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *практических заданий;*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение *практических заданий.*

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Мультимедийная презентация (МП)	Представление содержания учебного материала с использованием мультимедийных технологий	Тематика презентаций

Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

#### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

*Пример задания*

**Для текущего контроля:**

Проверяемая компетенция: ПК-3.1

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>	
Какой экономический инструмент замкнутого цикла наиболее целесообразно применить для стимулирования переработки золошлаковых отходов ТЭЦ в производстве строительных материалов?	а) Система депозитов за возврат тары	
	б) Расширенная ответственность производителя (РОП) с нормативами утилизации	
	в) Углеродный налог на выбросы CO <sub>2</sub>	
	г) Субсидирование тарифов на захоронение отходов	
Установите соответствие между техническим параметром техногенных отходов и экономическим механизмом, который целесообразно интегрировать в техническое задание на проектирование линии переработки:	Технический параметр	Экономический механизм
	1. Высокая однородность фракции	А. Льготное кредитование под «зелёные» проекты
	2. Наличие в отходах драгметаллов	Б. Сертификация вторичного сырья по экостандартам
	3. Низкая энергоёмкость процесса переработки	В. Торговля квотами на первичное сырьё

Типовые задачи:

Пример практического задания

Тема: «Инженерный расчёт параметров технологической линии переработки техногенных отходов с учётом требований экономических механизмов циркулярной экономики»

Исходные данные:

Вид отхода: золошлаковые материалы ТЭЦ (гранулометрический состав, химический состав, влажность, объём образования);

Целевой продукт: вторичный наполнитель для бетонов (требования ГОСТ 32496-2013);

Применяемый экономический механизм: расширенная ответственность

производителя (РОП) с нормативом утилизации 45%.

Задание:

Выполнить расчёт необходимого класса сепарации и степени извлечения целевой фракции для соответствия требованиям экостандарта, дающего право на применение льготного тарифа.

Рассчитать производительность грохота/сепаратора и подобрать его типоразмер по каталогу оборудования, исходя из условия: выход товарной фракции  $\geq$  норматива РОП.

Определить влияние изменения влажности сырья на энергопотребление сушильного агрегата и рассчитать допустимый предел влажности, при котором сохраняется рентабельность процесса с учётом стоимости энергии и размера экономической льготы.

Сформировать таблицу технических спецификаций оборудования, в которой явно указать параметры, обусловленные требованиями экономического инструмента (например: «точность сепарации  $\pm 3\%$  — для получения сертификата вторичного сырья», «модульная конструкция — для масштабирования при изменении нормативов РОП»).

Проверяемая компетенция: ПК-3.2

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
При многопараметрической оптимизации стратегии управления отходами нефтепереработки какой из перечисленных параметров НЕ является ключевым для оценки баланса «техническая реализуемость — экономическая целесообразность — циркулярность»?	а) Коэффициент извлечения ценных компонентов
	б) Динамика рыночных цен на вторичное сырьё
	в) Цвет визуализации отчёта в ПО для моделирования
Рассчитайте срок простой окупаемости (РР) проекта по переработке пластиковых отходов, если капитальные затраты составляют 12 млн руб., годовые эксплуатационные расходы — 3 млн руб., а ежегодный доход от реализации вторичных гранул — 6 млн руб.	а) 2 года
	б) 3 года
	в) 4 года

Типовые задачи:

Пример практического задания

Тема: «Многовариантный технико-экономический расчёт и оптимизация технологической схемы переработки отходов с использованием методов инженерного моделирования»

Исходные данные:

Объект: переработка отработанных шлифовальных кругов (абразив + связка);

Три альтернативные технологические схемы:

Механическое дробление + сепарация;

Термическая обработка + рекуперация металла;

Гидрометаллургическое выщелачивание ценных компонентов;

Для каждой схемы заданы: удельные энергозатраты (кВт·ч/т), расход реагентов/воды, капиталоемкость (тыс. руб./т год. произв.), выход товарных фракций (%), нормативные экологические платежи.

Задание:

Выполнить расчёт удельной себестоимости переработки 1 тонны отхода для каждой схемы, включая статьи: амортизация оборудования, электроэнергия, реагенты, вода, оплата труда, экологические платежи, утилизация хвостов.

Рассчитать показатель «энергетическая эффективность циркулярности»: отношение энергии, затраченной на переработку, к энергии, эквивалентной замещённому первичному сырью (на основе данных о энергоёмкости производства аналогичного первичного продукта).

Построить в табличном процессоре параметрическую модель чувствительности чистого дисконтированного дохода (NPV) к изменению ключевых инженерных параметров: производительности линии, степени извлечения ценного компонента, тарифа на электроэнергию.

Провести многокритериальную оптимизацию: методом взвешенной суммы оценить каждый вариант по трём группам критериев — техническим (надёжность, ремонтпригодность), экономическим (NPV, срок окупаемости), циркулярным (коэффициент возврата материалов в цикл, удельные выбросы).

Обосновать выбор оптимальной схемы, представив инженерную рекомендацию с указанием «запасов прочности» решения при изменении внешних условий.

### **Для промежуточной аттестации:**

*Зачет:*

1. Опишите алгоритм определения фракционного состава техногенных отходов для обоснования выбора оборудования грохочения и классификации.

2. Какие технические параметры (влажность, зольность, теплота сгорания) необходимо учитывать при проектировании термической утилизации органической фракции отходов?

3. Составьте принципиальную схему механической переработки строительных отходов с выделением металлической, инертной и горючей фракций.

4. Обоснуйте выбор типа дробильного оборудования (щековая, конусная, роторная дробилка) для переработки металлургических шлаков с заданной прочностью и абразивностью.

5. Рассчитайте необходимую производительность магнитного сепаратора для извлечения черного металла из потока смешанных техногенных отходов.

6. Охарактеризуйте технические требования к подготовке пульпы при гидрометаллургическом извлечении цветных металлов из хвостов обогащения.

7. Какие параметры технологического режима (температура, время, газовая среда) обеспечивают минимизацию образования диоксинов при термической переработке хлорсодержащих отходов?

8. Разработайте узел системы аспирации и пылеулавливания для участка дробления техногенного сырья: обоснуйте выбор типа фильтра и расчетный воздухообмен.

9. Опишите технические решения по герметизации и противодиффузионной защите площадок временного хранения техногенных отходов.

10. Какие методы экспресс-контроля качества вторичного продукта (рентгенофлуоресцентный анализ, гранулометрия, прочность) целесообразно внедрить в технологическую линию переработки?

11. Выполните сравнительный анализ двух технологических схем переработки золошлаковых отходов: с сухой и мокрой классификацией — по критериям энергозатрат и качества товарного продукта.

12. Рассчитайте потребность в основных видах оборудования (дробилки, сепараторы, конвейеры) для линии переработки 100 тыс. т/год техногенных отходов.

13. Обоснуйте выбор между стационарным и мобильным комплектом оборудования для переработки отходов с учетом логистики и масштаба образования отходов.

14. Какие технические решения позволяют снизить удельные энергозатраты на процесс переработки техногенных отходов? Приведите примеры рекуперации энергии.

15. Охарактеризуйте применение принципов модульного проектирования при создании установок переработки отходов: преимущества, ограничения, условия масштабирования.

16. Рассчитайте баланс материальных потоков для технологической схемы комплексной переработки металлургических шлаков с получением щебня, песка и металлической фазы.

17. Какие нормативные документы (ГОСТ, СП, руководящие материалы по НДТ) регламентируют технические требования к оборудованию для переработки техногенных отходов?

18. Обоснуйте необходимость и технические параметры системы автоматизированного учета и мониторинга потоков отходов на предприятии переработки.

19. Охарактеризуйте технические аспекты внедрения системы замкнутого водооборота на предприятии переработки техногенных отходов.

20. Какие инженерные решения обеспечивают соответствие технологического процесса переработки отходов требованиям промышленной и экологической безопасности?

21. Выполните расчет точки безубыточности для проекта производства строительного щебня из доменных шлаков с учетом производственных затрат и рыночной цены продукции.

22. Обоснуйте выбор технологии переработки нефтешламов (термическая десорбция, биоремедиация, экстракция) на основе технико-экономических критериев.

23. Рассчитайте экономический эффект от внедрения системы рекуперации тепла отходящих газов печи переработки отходов для нужд технологического процесса.

24. Охарактеризуйте методику оценки предотвращенного экологического ущерба как составляющей экономической эффективности проекта переработки техногенных отходов.

25. Выполните анализ чувствительности проекта переработки отходов к изменению ключевых технических параметров: производительность, степень извлечения, энергопотребление.

26. Обоснуйте экономическую целесообразность глубокой переработки техногенных отходов (получение высокочистых продуктов) по сравнению с их упрощенной утилизацией.

27. Рассчитайте влияние нормативов утилизации и платы за размещение отходов на выбор технического решения по обращению с техногенными отходами предприятия.

28. Охарактеризуйте подходы к оценке срока службы и амортизации основного технологического оборудования в проектах переработки отходов.

29. Выполните сравнительный анализ вариантов утилизации побочных продуктов переработки (хвосты, шламы, фильтраты) с позиций минимизации совокупных затрат.

30. Сформулируйте технические и экономические критерии выбора между захоронением, сжиганием и рециклингом техногенных отходов для конкретного предприятия.