



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.10 Устойчивая энергетика и энергоэффективность**

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность  
(профиль) Экономика замкнутого цикла и технологии  
управления техногенными отходами

Квалификация Магистр

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Инженерная экология и безопасность труда	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 «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» является формирование у обучающихся системных знаний и практических навыков в области устойчивой энергетике и энергоэффективности для проведения комплексного экологического анализа энергетических проектов, обеспечивающего соблюдение требований техносферной безопасности и принципов циркулярной экономики.

Задачами дисциплины являются:

- Освоить теоретические основы устойчивого развития в энергетическом секторе, нормативно-правовое регулирование в области техносферной безопасности и принципы замкнутого цикла при проектировании и эксплуатации энергетических систем.

- Сформировать умения проводить оценку энергоэффективности и экологических рисков при расширении, реконструкции или внедрении новых энергетических технологий, выявляя потенциальные угрозы для безопасности техносферы.

- Развить навыки применения современных цифровых инструментов и программного обеспечения для моделирования энергетических процессов, оптимизации потребления ресурсов и обоснования экологической безопасности проектов.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции и внедрения новых технологий с учётом требований техносферной безопасности и принципов замкнутого цикла с использованием современных цифровых технологий	ПК-1.1. Проводит комплексный экологический анализ проектных решений (модернизация, реконструкция, новое оборудование), включая оценку потенциального образования техногенных отходов, выбросов и сбросов ПК-1.2. Исследует возможности минимизации негативного воздействия и вовлечения отходов в оборот на основе принципов экономики замкнутого цикла в рамках экологического анализа проектных решений с использованием современных цифровых технологий

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Б1.О.09 Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Б2.В.03(Пд) Производственная практика (преддипломная)

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			4

ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	38	38
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,7	24	24
Лекции	0,2	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,5	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,3	84	84
Проработка учебного материала	1,3	48	48
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			-

### 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.		
Раздел 1. Методологические основы устойчивой энергетики в техносферной безопасности	36	4	8	24	Тесты, отчет по практическим работам	ПК-1.1, ПК-1.2
Раздел 2. Инструменты экологического анализа и проектирования энергоэффективных решений	36	4	8	24	Тесты, отчет по практическим работам	ПК-1.1, ПК-1.2
Экзамен	36				<b>Сдача экзамена</b>	
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>48</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Методологические основы устойчивой энергетики в техносферной безопасности

Тема 1.1. Концепция устойчивой энергетики и принципы энергоэффективности в системе техносферной безопасности.

Тема 1.2. Источники образования отходов и выбросов в энергетическом секторе.

Раздел 2. Инструменты экологического анализа и проектирования энергоэффективных решений

Тема 2.1. Методы экологической оценки проектов модернизации и реконструкции энергетических объектов.

Тема 2.2. Цифровые технологии и экономика замкнутого цикла в управлении энергопотоками.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

Тема 1. Аудит энергопотребления и инвентаризация источников воздействия техногенных отходов.

Тема 2. Оценка потенциала образования отходов при модернизации энергетического оборудования.

Тема 3. Расчёт выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ для проектных решений.

Тема 4. Сравнительный экологический анализ альтернативных технологий энергосбережения.

Тема 5. Применение принципов замкнутого цикла для минимизации отходов энергетики.

Тема 6. Моделирование энергоэффективных сценариев в табличном процессоре / специализированном ПО.

Тема 7. Оценка экономической и экологической эффективности внедрения ВИЭ на промышленном объекте.

Тема 8. Разработка комплексного заключения по экологическому анализу проекта реконструкции энергообъекта.

### **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 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-1	ПК-1.1	<p>знать: методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков.</p>				
		<p>Знает методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков без ошибок</p>	<p>Знает методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков, имеет место несколько не грубых ошибок</p>	<p>Знает методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>Не ориентируется в простейших методиках количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков, делает много грубых ошибок</p>	
		<p>уметь: выполнять расчёт баланса материальных и</p>				

	энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объемов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования.			
	Умеет выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объемов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования	Умеет выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объемов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования с некоторыми недочетами	Слабо демонстрирует умения выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объемов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования с некоторыми недочетами	Не умеет выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объемов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования, грубые ошибки
владеть: инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации				
	Демонстрирует навыки	Демонстрирует навыки	Демонстрирует минималь	Отсутствуют базовые

			<p>владения инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации без ошибок и недочетов</p>	<p>владения базовыми инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации, допускает некоторые недочеты</p>	<p>ный уровень навыков владения инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации, при решении типовых задач допускает несколько грубых ошибок</p>	<p>навыки владения инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации, имеют место грубые ошибки</p>
ПК-1	ПК-1.2	<p>знать: принципы и критерии применения инструментов экономики замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности</p>				
		<p>Знает принципы и критерии применения инструментов экономики замкнутого цикла для</p>	<p>Знает принципы и критерии применения инструментов экономики замкнутого цикла для</p>	<p>Знает принципы и критерии применения инструментов экономики замкнутого цикла</p>	<p>Не ориентируется в простейших принципах и критериях применения инструментов</p>	

			минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности без ошибок	минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности, имеет место несколько не грубых ошибок	для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности имеет место много негрубых ошибок	экономик и замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности, делает много грубых ошибок
<p>уметь: моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетики во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатели энергоэффективности, себестоимость и нагрузку на техносферу.</p>						
			Умеет моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатели энергоэффективности, себестоим	Умеет моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатели энергоэффективности, себестоим	Слабо демонстрирует умения моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатели энергоэф	Не умеет моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетики во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатели энергоэффективности, себестоим

			ость и нагрузку на техносферу	ость и нагрузку на техносферу с некоторыми недочетами	фективно сти, себестоимость и нагрузку на техносферу с некоторыми недочетами	мость и нагрузку на техносферу, грубые ошибки
<p>владеть: цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора проектного решения, обеспечивающего баланс между энергетической эффективностью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики.</p>						
			Демонстрирует навыки владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора проектного решения, обеспечивающего баланс между энергетической эффективностью, экономической целесообразностью	Демонстрирует навыки владения базовыми навыками владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора проектного решения, обеспечивающего баланс между энергетической эффективностью, экономической	Демонстрирует минимальный уровень навыков владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора проектного решения, обеспечивающего баланс между энергетической эффективностью, экономической	Отсутствуют базовые навыки владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора проектного решения, обеспечивающего баланс между энергетической эффективностью, экономической

			и принципами циркулярной экономики и без ошибок и недочетов	еской целесообразностью и принципами циркулярной экономики, допускает некоторые недочеты	еской целесообразностью и принципами циркулярной экономики, при решении типовых задач допускает несколько грубых ошибок	разность ю и принципами циркулярной экономики, имеют 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. Пестов, С. В. Устойчивое развитие : учебное пособие / С. В. Пестов. — Киров : ВятГУ, 2018. — 157 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339953>.
2. Вайсман, Я. И. Стратегия устойчивого развития : учебное пособие / Я. И. Вайсман, Л. В. Рудакова. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — ISBN 978-5-398-00092-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161055>.
3. Аполлонский, С. М. Энергосберегающие технологии в энергетике. Том 1. Энергосбережение в энергетике / С. М. Аполлонский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 436 с. — ISBN 978-5-507-47111-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/329543> (дата обращения: 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Аполлонский, С. М. Энергосберегающие технологии в энергетике. Том 2. Инновационные технологии энергосбережения и энергоменеджмент / С. М. Аполлонский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 320 с. — ISBN 978-5-507-48405-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/352634> (дата обращения: 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Рязанова, О. Е. Циркулярная экономика : учебное пособие / О. Е. Рязанова, В. П. Золотарева. — Москва : КноРус, 2025. — 181 с. — ISBN 978-5-406-14159-5. — URL: <https://book.ru/book/957024> (дата обращения: 15.03.2026). — Текст : электронный.

### 5.1.2. Дополнительная литература

6. Линник, Ю. Н. Энергосбережение и энергоэффективность : монография / Ю. Н. Линник, В. Ю. Линник. — Москва : Русайнс, 2022. — 334 с. — ISBN 978-5-4365-9211-4. — URL: <https://book.ru/book/943740>. — Текст : электронный.

7. Циркулярная экономика : учебник / Е. Ю. Сидорова, Н. В. Сергеева, Д. В. Сергеев [и др.] ; под ред. Е. Ю. Сидоровой. — Москва : КноРус, 2026. — 237 с. — ISBN 978-5-406-15163-1. — URL: <https://book.ru/book/959256> (дата обращения: 15.03.2026). — Текст : электронный.

8. Кривошеин, Д. А. Основы экологической безопасности производств : учебное пособие / Д. А. Кривошеин, В. П. Дмитренко, Н. В. Федотова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-1816-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211934> (дата обращения: 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Дмитренко, В. П. Экологическая безопасность в техносфере / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, Д. А. Кривошеин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 524 с. — ISBN 978-5-507-45264-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/263060> (дата обращения: 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 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://proed.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**

### **Б1.В.10 Устойчивая энергетика и энергезффективность**

Направление подготовки

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность  
(профиль)

Экономика замкнутого цикла и технологии  
управления техногенными отходами

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2026



## 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-1	ПК-1.2	<p>знать: методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков.</p>				
		<p>Знает методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов</p>	<p>Знает методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы расчёта балансов</p>	<p>Знает методики количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной безопасности и принципы</p>	<p>Не ориентируется в простейших методиках количественной оценки потенциала образования техногенных отходов, выбросов и сбросов при модернизации и реконструкции энергетических объектов, включая нормативные требования техносферной</p>	

			материально-энергетических потоков без ошибок	материально-энергетических потоков, имеет место несколько не грубых ошибок	расчёта балансов материально-энергетических потоков, имеет место много негрубых ошибок	безопасности и принципы расчёта балансов материально-энергетических потоков, делает много грубых ошибок
<p>уметь: уметь: выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объёмов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования.</p>						
			Умеет выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объёмов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования	Умеет выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объёмов образования отходов на разных стадиях жизненного цикла оборудования	Слабо демонстрирует умения выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объёмов образования отходов на разных стадиях	Не умеет выполнять расчёт баланса материальных и энергетических потоков для проектного решения с выделением источников негативного воздействия на техносферу и прогнозированием объёмов образования отходов на разных стадиях жизненно

			ания	ания с некоторыми недочетами	жизненно го цикла оборудования с некоторыми недочетами	го цикла оборудования, грубые ошибки
		владеть: инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации				
			Демонстрирует навыки владения инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации без ошибок и недочетов	Демонстрирует навыки владения базовыми инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации, допускает некоторые недочеты	Демонстрирует минимальный уровень навыков владения инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации, при решении типовых задач допускает несколько грубых ошибок	Отсутствуют базовые навыки владения инструментами экологической инвентаризации и алгоритмами документирования результатов анализа проектных решений в соответствии с требованиями нормативной документации, имеют место грубые ошибки
	ПК-1.2	знать: принципы и критерии применения инструментов				

экономики замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности				
	Знает принципы и критерии применения инструментов экономик и замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности без ошибок	Знает принципы и критерии применения инструментов экономик и замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности, имеет место несколько не грубых ошибок	Знает принципы и критерии применения инструментов экономик и замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности имеет место много негрубых ошибок	Не ориентируется в простейших принципах и критериях применения инструментов экономик и замкнутого цикла для минимизации экологического следа энергетических проектов и повышения их ресурсоэффективности, делает много грубых ошибок
уметь: моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетики во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатели энергоэффективности, себестоимость и нагрузку на техносферу.				
	Умеет моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во	Умеет моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во	Слабо демонстрирует умения моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во	Не умеет моделировать сценарии вовлечения техногенных отходов энергетик и во

			вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатель и энергоэффективности, себестоимость и нагрузку на техносферу	вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатель и энергоэффективности, себестоимость и нагрузку на техносферу с некоторыми недочетами	отходов энергетик и во вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатель и энергоэффективности, себестоимость и нагрузку на техносферу с некоторыми недочетами	вторичный оборот с количественной оценкой их влияния на показатель и энергоэффективности, себестоимость и нагрузку на техносферу, грубые ошибки
<p>владеть: цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора проектного решения, обеспечивающего баланс между энергетической эффективностью, экономической целесообразностью и принципами циркулярной экономики</p>						
			Демонстрирует навыки владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования выбора	Демонстрирует навыки владения базовыми навыками владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для	Демонстрирует минимальный уровень навыков владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для	Отсутствуют базовые навыки владения цифровыми инструментами многопараметрической оптимизации и сценарного моделирования для обоснования

			проектно о решения, обеспечив ающего баланс между энергетич еской эффектив ностью, экономич еской целесообр азностью и принципа ми циркуляр ной экономик и без ошибок и недочетов	обоснова ния выбора проектног о решения, обеспечив ающего баланс между энергетич еской эффектив ностью, экономич еской целесообр азностью и принципа ми циркуляр ной экономик и, допускает некоторы е недочеты	обоснова ния выбора проектног о решения, обеспечив ающего баланс между энергетич еской эффектив ностью, экономич еской целесообр азностью и принципа ми циркуляр ной экономик и, при решении типовых задач допускает несколько грубых ошибок	выбора проектно го решения, обеспечи вающего баланс между энергети ческой эффектив ностью, экономич еской целесообр азность ю и принципа ми циркуляр ной экономик и, 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	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного
-------------------------	--	---------------------

средства		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-1.1

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Что является первоочередным объектом оценки при проведении экологического анализа проекта реконструкции котельной установки?	а) Стоимость нового оборудования
	б) Потенциальный объем выбросов загрязняющих веществ и образования золы/шлака
	в) Срок окупаемости проекта
Какой метод лежит в основе расчета потенциального образования техногенных отходов при внедрении новой технологии сжигания топлива?	а) Метод экспертных оценок
	б) Метод материального баланса
	в) Метод социологического опроса
Какой параметр наиболее точно характеризует экологическую эффективность нового энергетического оборудования в рамках	а) Установленная электрическая мощность
	б) Удельные выбросы загрязняющих веществ на единицу произведенной энергии (г/кВт·ч или г/Гкал)
	в) Габаритные размеры оборудования

техносферной безопасности?	
----------------------------	--

Практическая работа:

«Расчет изменения нагрузки на атмосферу при модернизации энергообъекта». Задание: Студентам предоставляются исходные данные действующей угольной котельной (расход топлива, зольность угля, эффективность старого фильтра) и проектные данные модернизированной котельной (новый тип горелки, эффективность нового электрофильтра). Необходимо:

1. Рассчитать валовые выбросы твердых частиц (зола) до модернизации.
2. Рассчитать прогнозируемые выбросы после внедрения нового оборудования.
3. Сделать вывод о снижении негативного воздействия на техносферу в процентном соотношении и оформить фрагмент раздела «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС).

Проверяемая компетенция: ПК-1.2

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Какой принцип экономики замкнутого цикла наиболее применим к энергетическим предприятиям для минимизации отходов?	а) Одноразовое использование ресурсов
	б) Превращение техногенных отходов (зола, шлак, сбросное тепло) во вторичные ресурсы
	в) Увеличение высоты дымовой трубы для рассеивания выбросов
Какая современная цифровая технология позволяет моделировать энергопотоки и оценивать эффективность вовлечения отходов в оборот на этапе проектирования?	а) Текстовый редактор
	б) Цифровой двойник (Digital Twin) энергетической системы
	в) Электронная таблица без макросов
Какое техническое решение способствует минимизации теплового загрязнения водных объектов в рамках устойчивой энергетики?	а) Сброс подогретых вод напрямую в реку
	б) Внедрение оборотных систем водоснабжения и утилизация сбросного тепла
	в) Увеличение объема водозабора

Практическая работа:

«Анализ возможностей внедрения принципов циркулярной экономики в энергопредприятии с применением цифровых инструментов мониторинга»

Задание: На примере промышленного предприятия с собственной котельной (или мини-ТЭЦ), использующей в качестве топлива биомассу (древесные отходы, сельскохозяйственные отходы), разработать предложения по минимизации негативного воздействия на окружающую среду и вовлечению побочных продуктов в хозяйственный оборот.

Необходимо:

1. Выявить потенциальные потоки отходов энергетического процесса (зола, неорганические примеси, сбросное тепло, сточные воды) и оценить возможности их вторичного использования в рамках экономики замкнутого цикла.

2. Подобрать цифровой инструмент для экологического анализа проектного решения (например, программа для оценки жизненного цикла LCA, система энергоменеджмента, платформа для мониторинга выбросов в реальном времени) и обосновать выбор.

3. Разработать схему минимизации негативного воздействия, включающую:

Мероприятия по снижению образования отходов у источника;

Варианты утилизации или переработки образующихся побочных продуктов;

Индикаторы эффективности внедрения принципов замкнутого цикла (KPI).

**Для промежуточной аттестации:**

*Экзамен:*

*Перечень вопросов:*

1. Инженерные критерии оценки техносферной безопасности при проектировании энергообъектов.

2. Применение требований Комплексного экологического разрешения (КЭР) при реконструкции энергетических установок.

3. Технологические принципы реализации экономики замкнутого цикла на тепловых электростанциях.

4. Расчет санитарно-защитных зон (СЗЗ) для проектов расширения энергопредприятий.

5. Классификация источников загрязнения атмосферы и водных объектов в схемах энергоснабжения.

6. Требования к разделу «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» (ПМООС) при модернизации котельных.

7. Применение справочников НДТ для выбора технологий очистки выбросов в проектных решениях.

8. Влияние коэффициента полезного действия (КПД) оборудования на показатели экологической безопасности.

9. Инженерный анализ рисков аварийных выбросов при внедрении новых видов топлива.

10. Система нормирования удельных показателей образования отходов для энергетического оборудования.
11. Алгоритм проведения инвентаризации источников выбросов при реконструкции энергообъекта.
12. Методика расчета валовых выбросов твердых частиц при изменении режима сжигания топлива.
13. Определение массы загрязняющих веществ в сбросных водах систем технического водоснабжения.
14. Составление материального баланса процесса сжигания для оценки образования золошлаковых отходов.
15. Порядок расчета нормативов допустимых выбросов (НДВ) для проектируемого оборудования.
16. Использование коэффициентов неорганизованного выброса при анализе проектов расширения складских зон топлива.
17. Методы инструментального контроля и верификации расчетных данных по выбросам.
18. Оценка класса опасности отходов энергетического производства при внедрении новых технологий.
19. Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом рельефа местности и застройки.
20. Технический анализ эффективности существующих газоочистных установок при планировании модернизации.
21. Применение программных комплексов рассеивания выбросов (например, «Эколог», «UPRZ») в проектном анализе.
22. Архитектура цифрового двойника энергообъекта для мониторинга экологических параметров в реальном времени.
23. Использование САД/ВІМ-систем для моделирования потоков отходов в проекте реконструкции.
24. Технологические схемы переработки золы уноса и золошлаковых смесей в строительные материалы.
25. Инженерные решения по утилизации сбросного тепла в системах теплоснабжения (тепловые насосы, теплообменники).
26. Выбор программного обеспечения для оценки жизненного цикла (LCA) энергетических установок.
27. Автоматизированные системы контроля выбросов (АСКВ) и их интеграция в систему управления безопасностью.
28. Применение методов энергоаудита для выявления резервов снижения экологической нагрузки.
29. Цифровые платформы для учета и паспортизации отходов I–IV классов опасности.
30. Расчет технико-экономических показателей внедрения технологий замкнутого водооборота.