



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

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИТЭ  
протокол №8 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института теплоэнергетики

С.О.Гапоненко

«30» мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.09.

Методы и средства расчета процессов в автономных энергоустановках

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и) \* Автономные энергетические системы  
(профиль(и))

Квалификация Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ХВ	Доцент, д.т.н.	Филимонова А.А.
ХВ	Доцент, к.х.н.	Сироткина Л.В.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ХВ	10.05.23	№ 10	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичиров А. А.
Согласована	ХВ	10.05.23	№ 10	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичиров А. А.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.23	№ 9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.23	№ 9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

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

Целью освоения дисциплины «Методы и средства расчета процессов в автономных энергоустановках» является знакомство обучающихся с методами и средствами расчета автономных энергоустановок и систем применительно к энергоснабжению автономных объектов, использующих привозное и получаемое на месте водородное топливо.

Задачами дисциплины являются:

-познакомить обучающихся с традиционными методами энергоснабжения автономных объектов, основанными использовании энергоустановок на органическом топливе и аккумуляторных батарей.

-познакомить обучающихся с технологиям водородной и электрохимической энергетики применительно к системам автономного энергоснабжения

-раскрыть возможности эффективного использования возобновляемых источников для нужд автономного энергоснабжения, в том числе с водородным аккумулярованием энергии;

-дать практические навыки работы с устройствами возобновляемых источников энергии и элементами водородной и электрохимической энергетики;

-научить методам и средствам расчета и обоснованию выбора элементов энергоустановок и систем для автономного энергоснабжения;

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и системы	ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики, и теплотехники
	ПК-1.2. Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники; планирует и формулирует задания на разработку проектных решений, связанных с и внедрением автономных энергетических систем
ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных	ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
энергетических систем и их компонентов	элементов в соответствии с установленными полномочиями

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: «Физическая химия», «Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем», «Физико-химические методы анализа газовых смесей и технологических жидкостей для автономных энергоустановок», «Коррозионные процессы в электрохимических установках», «Инженерное проектирование электрохимических энергоустановок».

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. «Производственная практика (преддипломная)»

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			8
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА*</b>	<b>2,17</b>	<b>78</b>	<b>78</b>
<b>АУДИТОРНАЯ РАБОТА</b>	<b>1,67</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
Лекции	1,00	36	36
Практические (семинарские) занятия	0,67	24	24
Лабораторные работы	–	–	–
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ</b>	<b>2,33</b>	<b>84</b>	<b>84</b>
Проработка учебного материала	2,33	84	84
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	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. «Автономные энергоустановки на органическом топливе»	48	12	0	8	28	ТК1	ПК-1.1 ЗУ, ПК-1.3 ЗУ, ПК-4.3 ЗУ
Раздел 2. «Автономные энергоустановки на водородном топливе»	48	12	0	8	28	ТК2	ПК-1.13У, ПК-1.33У, ПК-4.33У
Раздел 3. «Аккумуляторные батареи»	48	12	0	8	28	ТК3	ПК-1.1 ЗУВ, ПК-1.3 ЗУВ, ПК-4.3 ЗУ
Экзамен	0				0	<b>ОМ 1</b>	ПК-1.1 ЗУВ, ПК-1.3 ЗУВ, ПК-4.3 ЗУВ
<b>Итого за 8 семестр</b>	<b>180</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>84</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. «Автономные энергоустановки на органическом топливе».

Тема 1.1. Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация. Место автономных энергетических систем в энергосистеме региона и страны. Графики потребления тепловой и электрической энергии в зависимости от типа потребителя и региона.

Тема 1.2. Микротурбины. Тепловые насосы. Схемы энергоснабжения.

Тема 1.3. Автономные электростанции и системы теплоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо.

Тема 1.4. Электрохимические энергоустановки. Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения.

Раздел 2. «Автономные энергоустановки на водородном топливе»

Тема 1.5. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.

Тема 1.6. Автономные электростанции и системы на базе альтернативных источников энергии

Раздел 3. «Аккумуляторные батареи»

Тема 1.7. Аккумуляторные батареи. Типы, закономерности работы и характеристики.

Тема 1.8. Энергоснабжение автономных объектов на основе технологии твердооксидных топливных элементов

Тема 1.9. Электрохимические энергоустановки на топливных элементах. Основные закономерности работы и характеристики

Тема 1.10. Автономные электростанции и системы теплоснабжения на основе энергоустановок на топливных элементах.

Тема 1.11. Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей.

Тема 1.12. Автономные энергоустановки для автомобильного транспорта.

Тема 1.13. Автономные энергоустановки для мобильных средств связи и портативной техники.

Тема 1.14. Системы накопления энергии с топливным элементом

Тема 1.15. Автономные энергоустановки для спецназначения

Тема 1.16. Устройства и системы для резервного энергоснабжения

### 3.4. Тематический план практических занятий

1. Расчет автономной системы энергоснабжения на основе солнечных батарей и использования электрохимических накопителей энергии

2. Расчет схемы автономного энергоснабжения с использованием энергоустановок, использующих аккумуляторные батареи

3. Расчет и оптимизация электрохимической энергоустановки

4. Расчет автомобиля на водород-воздушных топливных элементах и электромобиля

### 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 достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК 1	ПК-1.1	Знать: - конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов; - основы электрохимической технологии для	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые

		решения научных и практических задач.		ошибок		ошибки
		Уметь:				
		- производить расчет характеристик данного оборудования; - производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей; - производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Владеть:				
		- методами расчета параметров работы топливных элементов; - способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах; - участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики, и теплотехники	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 1	ПК-1.3	Знать:				

	<p>- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;</p> <p>- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач;</p> <p>- методику эксперимента и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники.</p>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
	Уметь:				
	<p>- производить расчет характеристик данного оборудования;</p> <p>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;</p> <p>- производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.</p>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
	Владеть:				



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета параметров работы топливных элементов;</li> <li>- способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 4	ПК-4.3	Знать:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;</li> <li>- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчет характеристик данного оборудования;</li> <li>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;</li> <li>- производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими;</li> <li>- Выполнять эксперименты по параметрам и</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

	характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями.				
	Владеть:				
	- методами расчета параметров работы топливных элементов; - способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, и, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, 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. Сибикин, М. Ю., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. : учебное пособие / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. — Москва : КноРус, 2022. — 228 с. — ISBN 978-5-406-09989-6. — URL: <https://book.ru/book/944592>. — Текст : электронный.

2. Баранов, Н. Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии : учебное пособие / Н. Н. Баранов. - М. : Издательский

дом МЭИ, 2017. - URL:  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011850.html>. - ISBN 978-5-383-01185-0. - Текст : электронный.

### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Водородная энергетика и топливные элементы : лабораторный практикум / В. Л. Матухин [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2009. - 31 с. - 3395. - Текст : непосредственный.

2. Электрохимия. Теория и задачи : учебное пособие / Л. В. Сироткина. - Казань : КГЭУ, 2014. - 72 с. - 4718. - Текст : непосредственный

3. Подгорнова, Т. В. Электрохимия : учебное пособие / Т. В. Подгорнова, А. Ю. Митрофанов, Я. М. Суздальцева. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 42 с. — ISBN 978-5-8353-2344-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135248>.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1 ДК «Водородная энергетика», размещенный в LMS Moodle 3.8  
<https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2410>

2 Единый портал интернет-тестирования в сфере образования  
<https://i-exam.ru/>

3 Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>

4 Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>  
<http://www.e.lanbook.com/>

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

1. Российская национальная библиотека, <http://nlr.ru/>

2. Scopus, <https://www.scopus.com/>

3. Научная электронная библиотека, [elibrary.ru](http://elibrary.ru) <https://elibrary.ru/>

4. Национальная электронная библиотека, <https://rusneb.ru/>

5. Техническая библиотека, <https://techlibrary.ru/>

6. Архив журналов РАН, <https://ras.jes.su/>

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

1. Windows 7. Профессиональная (Pro). Пользовательская операционная система ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно.

2. Браузер Chrome. Система поиска информации в сети интернет. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно.

3. Adobe Acrobat. Пакет программ для создания и просмотра файлов

## 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 (ноутбук), экран, доска аудиторная, таблица Менделеева, "Стандартный ряд электродных потенциалов", таблица по ТБ.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория В-510, В-519.	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические, химические реактивы (от 10 г до 1 кг в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда, таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродных потенциалов", доска аудиторная.
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.ДЭ.01.01.04.**

**Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем**

---

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и) \* Автономные энергетические системы  
(профиль(и))

Квалификация

Бакалавр

---

*(Бакалавр / Магистр)*

Казань, 2023



## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК 1	ПК-1.1	Знать:				
		- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов; - основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		- производить расчет характеристик данного оборудования; - производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей; - производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Владеть:				

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета параметров работы топливных элементов;</li> <li>- способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 1	ПК-1.3	Знать:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;</li> <li>- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчет характеристик данного оборудования;</li> <li>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;</li> <li>- производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Владеть:				

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета параметров работы топливных элементов;</li> <li>- способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 4	ПК-4.3	Знать:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;</li> <li>- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчет характеристик данного оборудования;</li> <li>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;</li> <li>- производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Владеть:				

		- методами расчета параметров работы топливных элементов; - способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
--	--	---	---	---	---	---

Оценка **«Отлично»** выставляется студенту, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой.

Оценка **«Хорошо»** выставляется студенту, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендуемой учебной программой.

Оценка **«Удовлетворительно»** выставляется студенту, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимом для дальнейшей учебы, справился с выполнением заданий, знаком с основной литературой.

Оценка **«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы

### 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
Контрольная работа (Кнтр)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента,	Темы рефератов

	представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы	
Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам / разделам дисциплины

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

Для текущего контроля ТК1:

ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и системы.

ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики, и теплотехники.

ПК-1.2. Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники; планирует и формулирует задания на разработку проектных решений, связанных с и внедрением автономных энергетических систем.

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов.

ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями.

#### Контрольная работа по разделу «Аккумуляторы. Химические источники тока»:

1. Номенклатура современных ХИТ, основные характеристики ХИТ.
2. Внезапные и параметрические отказы, выражение для вероятности безотказной работы элемента и батареи.
3. Сольвенты и соли для электролитов ЛХИТ, образование пассивной пленки на литии, твердые окислители, жидкие и растворимые катодные материалы.
4. Аккумуляторы с литиевым анодом: катодные материалы, электродные реакции, основные проблемы, меры по их предотвращению, конструкции, перспективы систем.
5. Литий-ионные аккумуляторы: отрицательный электрод, материалы и токообразующие реакции, положительный электрод, материалы и

токообразующие реакции, вспомогательные вещества активных масс, конструкции.

6. Никель-металлогидридные аккумуляторы, электрохимическая система, электродные реакции, замкнутый кислородный цикл.

7. Отрицательный электрод: конструкции, технологии производства, материалы, удельные характеристики, деградация отрицательного электрода.

8. Положительный электрод: активная масса и токообразующие реакции, конструкции, технологии производства, материалы.

9. Метод Монда, конструкции НМА, контроль заряда НМА. 16

10. Никель-кадмиевые аккумуляторы; электрохимическая система, электродные реакции, замкнутый кислородный цикл; отрицательный электрод, деградация отрицательного электрода; контроль заряда НКА, тепловой разгон, «эффект памяти»; основные закономерности отказов и уравнение надежности НКА.

11. Резервные ХИТ: классификация, способы активации, электродные материалы и их свойства, токообразующие реакции, конструкции, удельные характеристики, назначение, устройство на примере разогретого

ХИТ. 12. Электрохимические конденсаторы. Принцип действия и назначение. Технология изготовления.

13. Источники тока диоксид марганца-цинк с разными электролитами. Токообразующие реакции, конструкция, области применения.

14. Серебряно-цинковые первичные ХИТ. Электроды и токообразующие реакции. Конструкция и параметры ХИТ.

13. Свинцовые аккумуляторы. Токообразующая реакция.

14. Положительный электрод свинцового аккумулятора. Состав, физико-химические и структурные свойства. Саморазряд положительного электрода.

15. Отрицательный электрод свинцового аккумулятора. Расширители и ингибиторы свинцового электрода.

16. Технологии производства свинцовых аккумуляторов.

17. Производство свинцового порошка.

18. Приготовление электродной пасты, намазка и сушка пластин.

19. Формирование пластин свинцовых аккумуляторов.

Для текущего контроля ТК2:

ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и системы.

ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики, и теплотехники.

ПК-1.2. Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники; планирует и формулирует задания на разработку проектных решений, связанных с и внедрением автономных энергетических систем.

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов.



ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями.

#### Контрольная работа по теме «Топливные элементы»

1. Классификация топливных элементов.
2. Компоненты электрохимических систем ТЭ: восстановитель и окислитель, электролиты. Электроды катализаторы.
3. Параметры и характеристики ТЭ.
4. Схема водородно-кислородного твердополимерного (ТПТЭ). Основные процессы.
5. Газодиффузионный слой электродов
6. Основные типы мембран и их характеристики.
7. Параметры топливного твердополимерного элемента. Достоинства и недостатки.
8. Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива.
9. Электрохимические процессы в расплавленном карбонатном топливном элементе (РКТЭ). Внутренняя конверсия топлива.
10. Термодинамика РКТЭ. Требования в электродах и их свойства. Параметры РКТЭ.
11. Электрохимические батареи, энергоустановки и электростанции.
12. Основные преимущества и недостатки твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ).
13. Электродные реакции и ионный перенос в ТОТЭ. Электроды ТОТЭ. Причины деградации электродов.
14. Электролиты твердооксидных топливных элементов.
15. Технология изготовления и технология изготовления ТОТЭ.
16. Фосфорнокислые ТЭ с жидкой фосфорной кислотой в качестве электролита. Электродные реакции. Области применения. Достоинства и недостатки
17. Щелочные топливные элементы. Токообразующие реакции. Особенности

#### Вопросы для коллоквиума

1. Ток в электролитах. Электролиз. Законы Фарадея
2. Гальванические элементы
3. Аккумуляторы
4. Топливный элемент

Для текущего контроля ТКЗ:

ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные

автономные энергоустановки и системы.

ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики, и теплотехники.

ПК-1.2. Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники; планирует и формулирует задания на разработку проектных решений, связанных с и внедрением автономных энергетических систем.

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов.

ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями.

#### Перечень тем для реферата

1. Характеристика основных потребителей тепловой и электрической энергии. Суточный и годовой график потребления.
2. Типы энергоустановок и их характеристики
3. Виды топлив и их характеристика
4. Методы расчета мощности и коммутация солнечных батарей в модули
5. Основные типы и закономерности работы топливных элементов
6. Основные типы и закономерности работы аккумуляторных батарей
7. Схемы автономного энергоснабжения с использованием энергоустановок, использующих органическое топливо
8. Схемы автономного энергоснабжения с использованием на базе альтернативных источников энергии
9. Схемы автономного энергоснабжения с использованием энергоустановок, использующих топливные элементы
10. Топливные элементы.

#### Вопросы для собеседования

1. Использование высокопористых ячеистых материалов в топливных элементах.
2. Электролиты для твердооксидных топливных элементов.
3. Перспективы развития твердооксидных топливных элементов.
4. Основные типы электрохимических энергоустановок.
5. Энергия и энтропия, термодинамические основы производства и потребления энергии.
6. Проблемы исчерпания ископаемых топлив (прогнозы по основным видам).
7. Способы получения водорода (конверсия природного газа, газификация угля, переработка биомассы), достоинства и недостатки.
8. Экологические преимущества водородной энергетики-схема и обоснование.
9. Новые принципы энергетики.
10. Общие основы водородной энергетики. Составные части.

Для промежуточной аттестации:

1. Рассмотрите типы автономных энергоустановок и их характеристики
2. Основные виды топлива, используемого в автономных энергоустановках.
3. Каким должна быть скорость потока водорода, для того, чтобы в топливном элементе произвести ток величиной 1 А?
4. Основные типы и закономерности работы аккумуляторных батарей
5. Схемы автономного энергоснабжения с использованием энергоустановок, использующих топливные элементы
6. Стэк топливного элемента работает на чистом водороде и вырабатывает мощность 1 МВт при напряжении 700 мВ,  $\eta_f$  80%. (а) Какое количество водорода потребляет топливный элемент (кг/ч)? (б) Какой должна быть скорость потока водорода? (в) Какой должна быть скорость потока воздуха, если для окислителя  $U_{ox} = 25\%$ ?
7. Понятия энергии и энергетики.
8. Тенденции развития энергетики.
9. Факторы, воздействующие на развитие энергетики.
10. Энергоёмкие технологии и тенденции их развития.
11. Энергетические ресурсы земли.
12. Органические топлива.
13. Дизельные двигатели.
14. Газотурбинные установки.
15. Пути повышения эффективности энергетических машин и установок.
16. Аккумуляция энергии и гибридные схемы энергетических установок.
17. Системы аккумулирования энергии.
18. Ветро-энергетические установки;
19. Гидро-электрические установки;
20. Энергетические установки на биотопливе;
21. Двигатели внутреннего сгорания, работающие на бензине;
22. Аккумуляторы тепловой энергии в энергетических установках;
23. Аккумуляторы механической энергии в энергетических установках;
24. Аккумуляторы пневматической энергии.