



КГУ

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

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИТЭ
протокол №8 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор _____ ИТЭ _____

_____ Н.Д. Чичирова

«21» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Топливные элементы

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и)(профиль(и)) Автономные энергетические системы.

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Программу разработал(и):

доцент каф. химия, к.м.н. _____ Филимонова А.А.
(должность, ученая степень) (дата, подпись) (Фамилия И.О.)

(должность, ученая степень) (дата, подпись) (Фамилия И.О.)

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры-разработчика _____ химия _____, протокол № _____ от _____.

Заведующий кафедрой _____ А.А. Чичиров
(подпись)

Программа обсуждена и одобрена на заседании выпускающей кафедры химия № _____ от _____.

Заведующий кафедрой _____ А.А. Чичиров
(подпись)

Программа одобрена на заседании методического совета института _ИТЭ_ протокол № _____ от _____.

Зам. директора института _ИТЭ_ _____ А.А. Баталова
(подпись)

Программа принята решением Ученого совета института _ИТЭ_ протокол № _____ от _____.

Согласовано:

Руководитель ОПОП

(подпись, дата)

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся систематических знаний и навыков в области топливных элементов, электрохимических процессов производства электроэнергии.

Задачами дисциплины являются:

- изучение общих принципов выработки электрической энергии в электрохимических преобразователях энергии;
- изучение классификации и конструктивного исполнения топливных элементов;
- получение представлений о материалах топливных элементов;
- рассмотрение сфер применения топливных элементов;
- получение представления о типах различных топливных элементов, используемых в научных исследованиях и промышленности;
- знакомство с процессами термодинамики и кинетики, которые происходят в топливных элементах в различных средах и материалах.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине(знать, уметь, владеть)
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)		
ПК 1 Способен собирать и анализировать научно-техническую информацию в области электрохимической энергетики, разрабатывать практические рекомендации и для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем	ПК 1.1 Собирает, анализирует и обобщает научно-техническую информацию в области электрохимической энергетики	<p><u>знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач. - способы сбора, систематизации и анализа научной информации в области водородной и электрохимической энергетики <p><u>уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизировать и обобщать данные научных исследований, формировать и классифицировать литературные результаты, осуществлять отбор необходимой информации из массива данных - разрабатывать практические рекомендации для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем - проводить маркетинговые исследования научно-технической информации <p><u>владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы -способами проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
	ПК 1.2 Разрабатывает	<u>Знать:</u>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине(знать, уметь, владеть)
	практические рекомендации для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем	<p>разработок</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы представления практических рекомендаций для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем - электрохимическое оборудование, эксплуатационные характеристики, условия труда и экологической безопасности <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять отчеты и формировать научные публикации в области водородной и электрохимической энергетики -осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований -применять нормативную документацию в соответствующей области знаний -применять методы анализа научно-технической информации <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью обобщать и формулировать, интерпретировать и представлять полученные результаты научных исследований для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Топливные элементы относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Направленность Автономные энергетические системы.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ПК-2 .1; ПК-2 .2	Водородная и электрохимическая энергетика	Методы и средства расчета процессов в автономных энергоустановках
ПК-1.1; ПК-1.2	Способы получения и очистки топлива для автономных энергоустановок	Инженерное проектирование электрохимических энергоустановок
ПК-1.1; ПК-1.2	Физическая химия	Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.
- способы сбора, систематизации и анализа научной информации в области водородной и электрохимической энергетики
- цели и задачи проводимых исследований и разработок
- методы представления практических рекомендаций для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем
- электрохимическое оборудование, эксплуатационные характеристики, условия труда и экологической безопасности

Уметь:

- систематизировать и обобщать данные научных исследований, формировать и классифицировать литературные результаты, осуществлять отбор необходимой информации из массива данных
- разрабатывать практические рекомендации для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем
- проводить маркетинговые исследования научно-технической информации
- составлять отчеты и формировать научные публикации в области водородной и электрохимической энергетики
- осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
- применять нормативную документацию в соответствующей области знаний
- применять методы анализа научно-технической информации

Владеть:

- навыками проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы
- способами проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований
- способностью обобщать и формулировать, интерпретировать и представлять полученные результаты научных исследований для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц(ы) (ЗЕ), всего 216 часов, из которых 85 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 32 час.), занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 48 час., самостоятельная работа обучающегося 96 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семес тр (7)
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	58	

С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:		58
Лекции (Лк)	32	32
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	24	24
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС), в том числе:	96	96
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: <i>экзамена</i>	36	36
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (Э – экзамен)	Э	Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС								Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	подготовка к <i>промежуточной аттестации</i>	Сдача зачета / экзамена	Итого					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Раздел 1 Проблемы ТЭК. Альтернативная энергетика.	7	10	8	8		32			58	ПК 1.1; ПК 1.2зув	1о	Кн тР ОЛ Р		15
Раздел 2 Топливные элементы. Классификация . Принципы работы	7	10	8	8		32			58	ПК 1.1; ПК 1.2зув	1о	Кн тР ОЛ Р		20
Раздел 3 Электрохимические энергоустановки и системы	7	12	8	8		32			60	ПК 1.1; ПК 1.2зув	1о, 1д	Кн тР ОЛ Р		20
Экзамен	7				2		36	1	39		1о, 2о, 1д		Экз	45
ИТОГО	7	32	24	24		96	36	1	216					100

3.3. Тематический план лекционных занятий

№п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Состояние и тенденции развития мировой топливно-энергетической системы. Ресурсы ископаемых топлив, оптимистические и пессимистические прогнозы, энергетические потребности населения и темпы расходования невозобновляемых энергетических ресурсов. Экологические проблемы традиционной энергетики, загрязнение окружающей среды продуктами сгорания топлив, твердые отходы, специфика атомной энергетики и ее экологические проблемы.	2
2	Альтернативная энергетика. Виды возобновляемых энергетических ресурсов, нетрадиционная энергетика, классификация возобновляемых энергетических ресурсов, оценка запасов и возможностей использования. Экологические преимущества и проблемы.	2
3	Основные понятия, физические величины и их единицы в области топливных элементов. Законы Фарадея. Гальванический элемент, ванна, катод и анод. Взаимопревращения химической и электрической энергии. Скачки потенциалов, простейшие электрохимические цепи.	2
4	Классификация топливных элементов. Области применения и экологические и энергетические преимущества. Проблемы использования.	2
5	Компоненты электрохимических систем ТЭ: восстановитель и окислитель, электролиты. Кинетика электродных реакций в ТЭ. Электрокатализаторы. Параметры и характеристики ТЭ.	2
6	Электролиты, электроды и материалы различных компонентов топливных элементов.	2
7	Термодинамика топливных элементов.	2
8	Топливные элементы с твердополимерным электролитом. Основные процессы. Параметры топливного элемента. Достоинства и недостатки.	2
9	Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом. Основные процессы. Параметры топливного элемента. Достоинства и недостатки.	2
10	Фосфорнокислые ТЭ с жидкой фосфорной кислотой в качестве электролита. Электродные реакции. Области применения. Достоинства и недостатки.	2
11	Щелочные топливные элементы. Токообразующие реакции. Особенности переноса в щелочном электролите. Преимущества щелочных ТЭ.	2
12	Биологические топливные элементы. Безмембранный топливный элемент. Однокамерный твердооксидный топливный элемент.	2
13	Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива. Метанольные и этанольные ТЭ со щелочным электролитом. Топливный элемент прямого окисления боргидрида.	2
14	Системы накопления энергии с топливным элементом	2
15	Электрохимические энергоустановки и системы	2

16	Требования безопасности топливных элементов и методы определения рабочих характеристик	2
Всего		32

3.4. Тематический план практических занятий

№п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Кейс «Определение энергопотребления на собственные нужды батареи водород-воздушных топливных элементов»	6
2	Кейс «Режим работы источника водорода. Запас энергии в источнике водорода»	6
3	Кейс «Влияние режима работы клапана продувки на работу батареи топливного элемента»	6
4	Кейс «Город на Марсе»	6
Всего		24

3.5. Тематический план лабораторных работ

№п/п	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, час.
1	Техника безопасности при работе в электрохимической лаборатории	2
2	Устройство топливной батареи	2
3	Устройство стенда «водородная энергетика»	2
4	Последовательное и параллельное соединение топливных батарей	2
5	Определение мгновенного значения КПД 1БТЭ	2
6	Определение среднего значения КПД 1БТЭ при использовании внешней нагрузки в электрической цепи	2
7	Определение среднего значения КПД 2БТЭ при использовании внешней нагрузки в электрической цепи	2
8	Определение среднего значения КПД системы двух БТЭ в зависимости от их соединения в электрической цепи	2
9	Снятие ВАХ 1БТЭ и 2БТЭ	2
10	Снятие ВАХ системы двух БТЭ при их последовательном и параллельном соединениях	2
11	Снятие Ватт-амперных характеристик 1БТЭ и 2БТЭ	2
12	Снятие Ватт-амперных характеристик системы двух БТЭ при их последовательном и параллельном соединениях	2
Всего		24

3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Объем, час.
1	Отчет по лабораторной работе. Изучение теоретического материала, подготовка к контрольной работе.	Подготовка теоретического материала по темам: -Основные типы наноматериалов для катодов ТОТЭ, их составы, структура, методы синтеза, характеристика структурных и транспортных свойств, состава и реакционной способности поверхности. -Основные типы материалов для анодов	32

		ТОТЭ, их составы, структура, методы синтеза, транспортные характеристики, стабильность, способность работать в режиме внутренней конверсии топлив. -Основные типы электролитов ТОТЭ с кислородной и протонной проводимостью, их составы, структура, методы синтеза, транспортные характеристики, проблемы совместимости с катодными материалами. -Основные типы ТОТЭ и модели (параметры, уравнения), описывающие их характеристики	
2	Отчет по лабораторной работе. Изучение теоретического материала, подготовка к контрольной работе.	Подготовка теоретического материала по темам: -Наноматериалы для мембран селективного выделения кислорода или водорода, их составы, структура, методы синтеза, транспортные характеристики. -Основные типы мембран для селективного выделения кислорода или водорода, характеристики их работы, математическое моделирование процессов. -Основные типы каталитических реакций трансформации топлив в синтез-газ и водород, их термодинамические характеристики и побочные процессы.	32
3	Отчет по лабораторной работе. Изучение теоретического материала, подготовка к контрольной работе.	Подготовка теоретического материала по темам: -Основные типы нанокompозитных активных компонентов катализаторов трансформации топлив в синтез-газ и водород, методы их синтеза, характеристика их структуры, текстуры, поверхностных свойств, реакционной способности и подвижности кислорода. -Механизмы реакций трансформации топлив в синтез-газ и водород на нанокompозитных катализаторах, кинетика реакций -Основные типы носителей для структурированных катализаторов трансформации топлив в синтез-газ и водород, методы нанесения активных компонентов, их характеристика, математическое моделирование процессов на структурированных катализаторах с учетом процессов тепло- и массопереноса, проблема деградации	32
Всего			96

4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные

образовательные технологии - лекции в сочетании с практическими занятиями, семинарами, самостоятельное изучение определённых разделов и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: интерактивные лекции, групповые дискуссии, работа в команде, контекстное обучение, обучение на основе опыта, индивидуальное обучение, междисциплинарное обучение, опережающая самостоятельная работа.

В образовательном процессе используются:

- электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru>.

5. Оценивание результатов обучения

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

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов

Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

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 ПК-1.2	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
Уметь:						

1	Сибикин Ю.Д.	Нетрадиционные и возобновляемые источники и энергии	Учебное пособие	М. : Кнорус	2019	https://www.book.ru/book/931415	
2	Баранов Н.Н.	Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии	Учебное пособие	М. : Издательский дом МЭИ	2017	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011850.html	
3	Б.Б. Дамаскин	Практикум по электрохимии	Учебное пособие	М. : Высш. шк	1991		16 экз.

Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Матухин В.Л.	Водородная энергетика и топливные элементы	Учебно-методическое пособие	Казань : КГЭУ	2010		49 экз.
2	Дресвяников А.Ф.	Материалы - аккумуляторы водорода	Научное издание	Казань : КГЭУ	2005		16 экз.
3	Сироткина Л.В.	Электрохимия: теория и задачи	Учебное пособие	Казань : КГЭУ	2014	https://lib.kgeu.ru	20 экз.
4	Коровин Н.В.	Топливные элементы и электрохимические энергоустановки	Производственно-практическое издание	М.: МЭИ	2005		6 экз.

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
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/

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	свободный
2	web of science	https://webofknowledge.com/	свободный
3	scopus	https://www.scopus.com/	свободный
4	Научная электронная библиотека elibrary.ru	https://elibrary.ru/	свободный
5	Национальная электронная библиотека	https://rusneb.ru/	свободный
6	Техническая библиотека	https://techlibrary.ru/	свободный
7	архив журналов РАН	https://ras.jes.su/	свободный

6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	Федеральный институт промышленной собственности URL:	http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru	свободный

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
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 формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	доска аудиторная (2 шт.), акустическая система, проектор, усилитель-микшер для систем громкой связи, экран, микрофон, миникомпьютер, монитор
2	Лабораторные работы	Учебная аудитория	доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродов"
		Учебная аудитория	рефрактометр ИРФ -45462М, фотоколориметр КФК-3-01, колбонагреватель ПЭ-4100М, весы электронные лабораторные, рН-метр АНИОН-4100, штативы металлические (4 шт.), плитка электрическая, химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 1 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродных потенциалов"
		Учебная аудитория	доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродов"
3	Самостоятельная работа обучающегося	Кабинет СРС	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран
		Кабинет СРС	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран, доска магнитно-маркерная
		Кабинет СРС	Проектор, переносной экран,

			тонкие клиенты (13 шт.), компьютеры (5 шт.)
4	Семинарские занятия.	Учебная аудитория	доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродов"
		Учебная аудитория	рефрактометр ИРФ -45462М, фотоколориметр КФК-3-01, колба нагреватель ПЭ-4100М, весы электронные лабораторные, рН-метр АНИОН-4100, штативы металлические (4 шт.), плитка электрическая, химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 1 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродных потенциалов"
		Учебная аудитория	доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродов"
		Учебная аудитория	доска аудиторная, таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица стандартный ряд электронов

8. 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. 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.

Лист внесения изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины на
20___/20___учебный год

В программу вносятся следующие изменения:

1. _____
2. _____
3. _____

*Указываются номера страниц, на которых внесены изменения,
и кратко дается характеристика этих изменений*

Программа одобрена на заседании кафедры –разработчика «__» _____ 20_г.,
протокол № _____

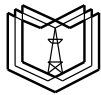
Зав.кафедрой _____ И.О. Фамилия
Подпись, дата

Программа одобрена методическим советом института _____
«__» _____ 20___г., протокол № _____

Зам. директора по УМР _____ И.О. Фамилия
Подпись, дата

Согласовано:

Руководитель ОПОП _____ И.О. Фамилия
Подпись, дата



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

КГЭУ

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине

Топливные элементы

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и)(профиль(и)) Автономные энергетические системы.

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2022

Оценочные материалы по дисциплине «Топливные элементы» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций (ПК 1.1, ПК 1.2).

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

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине, проводится в виде индивидуального и (или) группового опроса (устно или письменно); защиты лабораторных /контрольных работ; защиты письменных домашних заданий; презентаций проектов, рефератов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; коллоквиумов; тестирования (письменно или с использованием компьютера); контроля выполнения самостоятельной работы обучающихся (письменно или устно), др.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за определенный период (4 курс, 7 семестр) и проводится в форме экзамена.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

1. Технологическая карта

Семестр 7

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы				
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично	
				не зачтено	зачтено			
				низкий	ниже среднего	средний	высокий	
Текущий контроль успеваемости								
Раздел 1 Проблемы ТЭК. Альтернативная энергетика.	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторному занятию, подготовка к контрольной работе	КнтР ОЛР	ПК 1.1; ПК 1.2	Менее 15	15			
Раздел 2 Топливные элементы. Классификация.	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторному занятию,	КнтР ОЛР	ПК 1.1; ПК 1.2	Менее 20	20			

Принципы работы	подготовка к контрольной работе						
Раздел 3 Электрохимические энергоустановки и системы	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторному занятию, подготовка к контрольной работе	КнтР ОЛР	ПК 1.1; ПК 1.2	Менее 20			20
Всего баллов				Менее 55			55
Промежуточная аттестация							
	Подготовка к экзамену	Экзационные билеты	ПК 1.1; ПК 1.2		0-14	15-29	30-45
Итого баллов				0-54	55-69	70-84	85-100

2. 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	Оценочные материалы
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Контрольная работа (КнтР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Реферат (Реф)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Перечень тем
Экзамен (Экз)	Экзамен является итоговой формой оценки знаний студентов, приобретенных в течение семестра обучения по дисциплине	Перечень теоретических вопросов,

		комплект практических заданий
--	--	-------------------------------

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Контрольная работа по разделу «Топливные элементы. Классификация. Принципы работы»
Представление и содержание оценочных материалов	<p>1. Классификация топливных элементов.</p> <p>2. Компоненты электрохимических систем ТЭ: восстановитель и окислитель, электролиты. Электроды катализаторы.</p> <p>3. Параметры и характеристики ТЭ.</p> <p>4. Схема водородно-кислородного твердополимерного (ТПТЭ). Основные процессы.</p> <p>5. Газодиффузионный слой электродов</p> <p>6. Основные типы мембран и их характеристики.</p> <p>7. Параметры топливного твердополимерного элемента. Достоинства и недостатки.</p> <p>8. Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива.</p> <p>9. Электрохимические процессы в расплавленном карбонатном топливном элементе (РКТЭ). Внутренняя конверсия топлива.</p> <p>10. Термодинамика РКТЭ. Требования в электродах и их свойства. Параметры РКТЭ.</p> <p>11. Электрохимические батареи, энергоустановки и электростанции.</p> <p>12. Основные преимущества и недостатки твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ).</p> <p>13. Электродные реакции и ионный перенос в ТОТЭ. Электроды ТОТЭ. Причины деградации электродов.</p> <p>14. Электролиты твердооксидных топливных элементов.</p> <p>15. Технология изготовления и технология изготовления ТОТЭ.</p> <p>16. Фосфорнокислые ТЭ с жидкой фосфорной кислотой в качестве электролита. Электродные реакции. Области применения. Достоинства и недостатки</p> <p>17. Щелочные топливные элементы. Токообразующие реакции. Особенности переноса в щелочном электролите. Преимущества щелочных ТЭ.</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>При оценке выполненного задания учитываются следующие критерии:</p> <p>1. Знание материала</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 0,25 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</p> <p>2. Последовательность изложения</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 0,25 балл;</p>

	<p><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</p> <p>3. Владение речью и терминологией</p> <p><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 0,25 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</p> <p>4. Умение решать расчетные задачи</p> <p><input type="checkbox"/> показано умение правильно выполнять расчетные задания с использованием требуемых формул – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> решение задач с некоторыми недочетами – 0,25 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> отсутствие решения или неверное решение – 0 баллов;</p> <p>5. Уровень теоретического анализа</p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 0,25 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</p> <p>Количество баллов: максимум – 2,5</p>
Наименование оценочного средства	Перечень тем для реферата
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Использование высокопористых ячеистых материалов в топливных элементах.</p> <p>Электролиты для твердооксидных топливных элементов.</p> <p>Перспективы развития твердооксидных топливных элементов.</p> <p>Основные типы электрохимических энергоустановок.</p> <p>Энергия и энтропия, термодинамические основы производства и потребления энергии.</p> <p>Проблемы исчерпания ископаемых топлив (прогнозы по основным видам).</p> <p>Способы получения водорода (конверсия природного газа, газификация угля, переработка биомассы), достоинства и недостатки.</p> <p>Экологические преимущества водородной энергетики-схема и обоснование.</p> <p>Новые принципы энергетики. Общие основы водородной энергетики. Составные части.</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>При оценке выполненного задания учитываются следующие критерии:</p> <p>1. Знание материала</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 1,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 0,5 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</p> <p>2. Последовательность изложения</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 1 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно</p>

	<p>продумана – 0,25 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</p> <p>3. Владение речью и терминологией</p> <p><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 1 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 0,25 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</p> <p>4. Уровень теоретического анализа</p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 1,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</p> <p>Количество баллов: максимум – 5</p>
Наименование оценочного средства	Отчет по лабораторной работе.
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Всего в течение семестра предусмотрено проведение 12 лабораторных работ.</p> <p>Например, лабораторная работа «Определение среднего значения КПД одной батареи топливного элемента при использовании внешней нагрузки в электрической цепи».</p> <p>В оформлении отчета должны быть включены разделы: тема работы, цель, оборудование и реактивы, ход работы, расчеты, вывод.</p> <p>Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы:</p> <p>Какое устройство Вы взяли в качестве внешней нагрузки? Номинальная мощность выбранного устройства? Как соотносятся между собой КПД одной батареи топливного элемента при различных внешних нагрузках? Предложите своё объяснение наблюдаемому явлению. Сделайте выводы.</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>Выполнение лабораторной работы.</p> <p><input type="checkbox"/> Работа выполнена в полном объеме – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> Работа выполнена не до конца – 0,25 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> Работа не выполнена – 0 баллов.</p> <p>Обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента.</p> <p><input type="checkbox"/> Результаты обработаны, расчеты сделаны – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> Результаты обработаны частично – 0,25 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> Результаты не обработаны – 0 баллов.</p> <p>Оформление отчета.</p> <p><input type="checkbox"/> Отчет оформлен с соблюдением правил – 0,5 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> Отчет оформлен не по правилам – 0,25 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> Отчет не оформлен – 0 баллов.</p> <p>Защита результатов лабораторной работы по отчету.</p> <p><input type="checkbox"/> Не возникает затруднений при защите отчета, все ответы правильные и полные – 0,5 балла;</p>

	<p>□ Встречаются ошибки при ответе на вопросы по лабораторной работе – 0,25 баллов;</p> <p>□ Нет понимания темы лабораторной работы, защита несостоятельна – 0 баллов.</p> <p>Количество баллов: максимум – 2</p>
--	--

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Экзамен
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, состоят из экзаменационных билетов, включающих 2 теоретических вопроса и одну расчетную задачу. Всего 50 экзаменационных билетов. Примеры экзаменационных билетов:</p> <p style="text-align: center;">Билет 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рассмотрите механизм окисления водорода в кислородно-водородном топливном элементе со щелочным и кислым электролитом. 2. Основные виды топлива, используемого в топливных элементах. 3. Каким должна быть скорость потока водорода, для того, чтобы в топливном элементе произвести ток величиной 1 А? <p style="text-align: center;">Билет 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Токообразующие процессы в кислородно-метанольном, кислородно-гидразиновом, кислородно-аммиачном топливных элементах. 2. Электродные материалы 3. Стэк топливного элемента работает на чистом водороде и вырабатывает мощность 1 МВт при напряжении 700 мВ, U_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 $U_{ox} = 25\%$?
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Правильность и полнота ответов на теоретические вопросы 2. Умение решать расчетные задачи 3. Понимание и способность объяснить суть происходящих фундаментальных процессов, решением которых занимается дисциплина химия в теплоэнергетике. 4. Владение основными методами теоретического и экспериментального исследования химических процессов газов, жидкостей, расплавов, твердых и сыпучих тел, используемых как теплоносители и рабочие тела в тепло-технологических установках ТЭС. 5. Владение специальными терминами и использование их при ответе. 6. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы 7. Логичность и последовательность ответа 8. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем

От 0 до 14 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.

От 15 до 29 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.

От 30 до 45 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

Максимальное количество баллов за экзамен - 45