



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «КГУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Директор института Теплоэнергетики

Н.Д. Чичирова

*Исход*

2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Топливные элементы

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль) Автономные энергетические системы.

Квалификация

Бакалавр

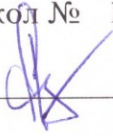
г. Казань, 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Программу разработал(и):

Доцент, к.м.н.  Филимонова А.А.

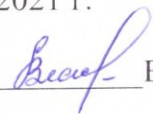
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Химия и водородная энергетика», протокол № 14 от 15.06.2021 г.

Зав. кафедрой «ХВ»  Чичиров А.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры «Химия и водородная энергетика», протокол № 14 от 15.06.2021 г.

Зав. кафедрой «ХВ»  Чичиров А.А.

Программа одобрена на заседании методического совета института Теплоэнергетики, протокол № 05/21 от 21.06.2021 г.

Зам. директора института Теплоэнергетики  Власов С.М.

Программа принята решением Ученого совета института Теплоэнергетики №05/21 от 21.06.2021 г.

Согласовано:

Руководитель ОПОП  Чичиров А.А.

## 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<br>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<br>Собирает, анализирует и обобщает научно-техническую информацию в области электрохимической энергетики | <u>знать:</u><br>-основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.<br>- способы сбора, систематизации и анализа научной информации в области водородной и электрохимической энергетики<br><u>уметь:</u><br>- систематизировать и обобщать данные научных исследований, формировать и классифицировать литературные результаты, осуществлять отбор необходимой информации из массива данных<br>- разрабатывать практические рекомендации для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем<br>- проводить маркетинговые исследования научно-технической информации<br><u>владеть:</u><br>-навыками проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы<br>-способами проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований |
|                                                                                                                                                                                                                                           | ПК 1.2<br>Разрабатывает практические                                                                            | <u>Знать:</u><br>- цели и задачи проводимых исследований и разработок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                         | Запланированные результаты обучения по дисциплине(знать, уметь, владеть)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | рекомендации для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем | <p>- методы представления практических рекомендаций для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем</p> <p>- электрохимическое оборудование, эксплуатационные характеристики, условия труда и экологической безопасности</p> <p><u>Уметь:</u></p> <p>- составлять отчеты и формировать научные публикации в области водородной и электрохимической энергетики</p> <p>-осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</p> <p>-применять нормативную документацию в соответствующей области знаний</p> <p>-применять методы анализа научно-технической информации</p> <p><u>Владеть:</u></p> <p>- способностью обобщать и формулировать, интерпретировать и представлять полученные результаты научных исследований для составления планов и программ исследований автономных энергетических систем</p> |

## 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) |
|---------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>  | 216         | 216          |
| <b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ</b> | 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:<br><i>экзамена</i> | 36 | 36 |
| ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ<br>(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 промежуточной аттестации | Сдача зачета / экзамена | Итого |                                                          |                  |                                      |                                |                                                                 |
| 1                                                                  | 2       | 3                                                                         | 4                                         | 5                   | 6                      | 7                                       | 8                                     | 9                       | 10    | 11                                                       | 12               | 13                                   | 14                             | 15                                                              |
| Раздел 1<br>Проблемы ТЭК.<br>Альтернативная энергетика.            | 7       | 10                                                                        | 8                                         | 8                   |                        | 32                                      |                                       |                         | 58    | ПК 1.1;<br>ПК 1.2зув                                     | 1о               | Кн<br>тР<br>ОЛ<br>Р                  |                                | 15                                                              |
| Раздел 2<br>Топливные элементы.<br>Классификация . Принципы работы | 7       | 10                                                                        | 8                                         | 8                   |                        | 32                                      |                                       |                         | 58    | ПК 1.1;<br>ПК 1.2зув                                     | 1о               | Кн<br>тР<br>ОЛ<br>Р                  |                                | 20                                                              |
| Раздел 3<br>Электрохимические энергоустановки и системы            | 7       | 12                                                                        | 8                                         | 8                   |                        | 32                                      |                                       |                         | 60    | ПК 1.1;<br>ПК 1.2зув                                     | 1о,<br>1д        | Кн<br>тР<br>ОЛ<br>Р                  |                                | 20                                                              |
| Экзамен                                                            | 7       |                                                                           |                                           |                     | 2                      |                                         | 36                                    | 1                       | 39    |                                                          | 1о,<br>2о,<br>1д |                                      | Экз                            | 45                                                              |
| <b>ИТОГО</b>                                                       | 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         |
| <b>Всего</b> |                                                                                        | <b>32</b> |

### 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                  |
| <b>Всего</b> |                                                                                                         | <b>24</b>          |

### 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                  |
| <b>Всего</b> |                                                                                                        | <b>24</b>          |

### 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:<br>-Основные типы наноматериалов для катодов ТОТЭ, их составы, структура, методы синтеза, характеристика структурных и транспортных свойств, состава и реакционной способности поверхности.<br>-Основные типы материалов для анодов | 32          |

|              |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|              |                                                                                                   | <p>ТОТЭ, их составы, структура, методы синтеза, транспортные характеристики, стабильность, способность работать в режиме внутренней конверсии топлив.</p> <p>-Основные типы электролитов ТОТЭ с кислородной и протонной проводимостью, их составы, структура, методы синтеза, транспортные характеристики, проблемы совместимости с катодными материалами.</p> <p>-Основные типы ТОТЭ и модели (параметры, уравнения), описывающие их характеристики</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |
| 2            | Отчет по лабораторной работе. Изучение теоретического материала, подготовка к контрольной работе. | <p>Подготовка теоретического материала по темам:</p> <p>-Наноматериалы для мембран селективного выделения кислорода или водорода, их составы, структура, методы синтеза, транспортные характеристики.</p> <p>-Основные типы мембран для селективного выделения кислорода или водорода, характеристики их работы, математическое моделирование процессов.</p> <p>-Основные типы каталитических реакций трансформации топлив в синтез-газ и водород, их термодинамические характеристики и побочные процессы.</p>                                                                                                                                                                                                                                           | 32        |
| 3            | Отчет по лабораторной работе. Изучение теоретического материала, подготовка к контрольной работе. | <p>Подготовка теоретического материала по темам:</p> <p>-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.</p> <p>-Механизмы реакций трансформации топлив в синтез-газ и водород на нанокompозитных катализаторах, кинетика реакций</p> <p>-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</p> | 32        |
| <b>Всего</b> |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>96</b> |

#### 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                      | 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                                                                  |

|                                                                                 |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                 | место грубые<br>ошибки                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                    |
| 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<br>ПК-1.2                      | Знать:                                                                                                                                                                                |                                                                           |                                                                                           |                                                                         |                                                                       |
|                 |                                       | - конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;<br>-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:                                                                                                                                                                                |                                                                           |                                                                                           |                                                                         |                                                                       |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                           |                                                                                           |                                                                         |                                                                       |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|  |  | - производить расчет характеристик данного оборудования;<br>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;<br>- 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;<br>- 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 |

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости 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-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная 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 | Сибикин Ю.Д.  | Нетрадиционные и возобновляемые источники и энергии      | Учебное пособие | М. : Кнорус               | 2019 | <a href="https://www.book.ru/book/931415">https://www.book.ru/book/931415</a>                                                   |         |
| 2 | Баранов Н.Н.  | Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии | Учебное пособие | М. : Издательский дом МЭИ | 2017 | <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011850.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011850.html</a> |         |
| 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     | Дресвянников 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        | <a href="https://lib.kgeu.ru">https://lib.kgeu.ru</a> | 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                                           | <a href="https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2410">https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2410</a> |
| 2     | Единый портал интернет-тестирования в сфере образования                                            | <a href="https://i-exam.ru/">https://i-exam.ru/</a>                                                   |
| 3     | Словари и энциклопедии                                                                             | <a href="http://dic.academic.ru/">http://dic.academic.ru/</a>                                         |
| 4     | Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> | <a href="http://www.e.lanbook.com/">http://www.e.lanbook.com/</a>                                     |

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

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

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

| № п/п | Наименование информационно-справочных систем         | Адрес                                                                                                             | Режим доступа |
|-------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1     | Федеральный институт промышленной собственности URL: | <a href="http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru">http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru</a> | 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, 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"                                                                                                                 |
|   |                      | 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](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.

## 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 \_\_\_\_\_

Подпись, дата

И.О. Фамилия

Программа одобрена методическим советом института \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_г., протокол № \_\_\_\_\_

Зам. директора по УМР \_\_\_\_\_

Подпись, дата

И.О. Фамилия

Согласовано:

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_

Подпись, дата

И.О. Фамилия



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, 2021

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<br>раздела/<br>темы дис-<br>циплины                                  | Вид СРС                                                                                                                             | Наимено-<br>вание<br>оценочно-<br>го<br>средства | Код<br>индикатора<br>достижения<br>компетенций | Уровень освоения дисциплины, баллы |                  |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|---------|---------|
|                                                                            |                                                                                                                                     |                                                  |                                                | неудов-но                          | удов-но          | хорошо  | отлично |
|                                                                            |                                                                                                                                     |                                                  |                                                | не зачтено                         | зачтено          |         |         |
|                                                                            |                                                                                                                                     |                                                  |                                                | низкий                             | ниже<br>среднего | средний | высокий |
| Текущий контроль успеваемости                                              |                                                                                                                                     |                                                  |                                                |                                    |                  |         |         |
| Раздел 1<br>Проблем<br>ы ТЭК.<br>Альтерн<br>ативная<br>энергети<br>ка.     | Изучение<br>теоретическо<br>го<br>материала,<br>подготовка к<br>лабораторно<br>му занятию,<br>подготовка к<br>контрольной<br>работе | КнтР<br>ОЛР                                      | ПК 1.1;<br>ПК 1.2                              | Менее<br>15                        | 15               |         |         |
| Раздел 2<br>Топливн<br>ые<br>элемент<br>ы.<br>Классиф<br>икация.<br>Принци | Изучение<br>теоретическо<br>го<br>материала,<br>подготовка к<br>лабораторно<br>му занятию,<br>подготовка к                          | КнтР<br>ОЛР                                      | ПК 1.1;<br>ПК 1.2                              | Менее<br>20                        | 20               |         |         |

|                                                                              |                                                                                                                                     |                                   |                   |             |       |       |        |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------|-------|-------|--------|
| пы<br>работы                                                                 | контрольной<br>работе                                                                                                               |                                   |                   |             |       |       |        |
| Раздел 3<br>Электро<br>химичес<br>кие<br>энергоус<br>тановки<br>и<br>системы | Изучение<br>теоретическо<br>го<br>материала,<br>подготовка к<br>лабораторно<br>му занятию,<br>подготовка к<br>контрольной<br>работе | КнтР<br>ОЛР                       | ПК 1.1;<br>ПК 1.2 | Менее<br>20 |       | 20    |        |
| Всего баллов                                                                 |                                                                                                                                     |                                   |                   | Менее 55    |       | 55    |        |
| Промежуточная аттестация                                                     |                                                                                                                                     |                                   |                   |             |       |       |        |
|                                                                              | Подготовка к<br>экзамену                                                                                                            | Экзаме<br>национ<br>ные<br>билеты | ПК 1.1;<br>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<br>оценочного<br>средства   | Краткая характеристика оценочного средства                                                                                                                                                                      | Оценочные<br>материалы                                                                   |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отчет по<br>лабораторной<br>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<br>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. Электрокатализаторы.</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> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 0,5 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 0,25 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> <p>4. Умение решать расчетные задачи</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение правильно выполнять расчетные задания с использованием требуемых формул – 0,5 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> решение задач с некоторыми недочетами – 0,25 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> отсутствие решения или неверное решение – 0 баллов;</li> </ul> <p>5. Уровень теоретического анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 0,5 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 0,25 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 2,5</b></p> |
| <b>Наименование оценочного средства</b>         | 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 истощения 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> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 1,5 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 0,5 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p>2. Последовательность изложения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 0,25 балл;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | <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><b>Количество баллов: максимум – 5</b></p>                                                                                                                     |
| <b>Наименование оценочного средства</b>         | 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?</p> <p>Номинальная мощность выбранного устройства?</p> <p>Как соотносятся между собой КПД одной батареи топливного элемента при различных внешних нагрузках?</p> <p>Предложите своё объяснение наблюдаемому явлению.</p> <p>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><b>Количество баллов: максимум – 2</b></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"> <li>1. Рассмотрите механизм окисления водорода в кислородно-водородном топливном элементе со щелочным и кислым электролитом.</li> <li>2. Основные виды топлива, используемого в топливных элементах.</li> <li>3. Каким должна быть скорость потока водорода, для того, чтобы в топливном элементе произвести ток величиной 1 А?</li> </ol> <p style="text-align: center;">Билет 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Токообразующие процессы в кислородно-метанольном, кислородно-гидразиновом, кислородно-аммиачном топливных элементах.</li> <li>2. Электродные материалы</li> <li>3. Стэк топливного элемента работает на чистом водороде и вырабатывает мощность 1 МВт при напряжении 700 мВ, <math>\eta_f</math> 80%.</li> </ol> <p>(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 <math>U_{ox} = 25\%</math>?</p> |
| 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"> <li>1. Правильность и полнота ответов на теоретические вопросы</li> <li>2. Умение решать расчетные задачи</li> <li>3. Понимание и способность объяснить суть происходящих фундаментальных процессов, решением которых занимается дисциплина химия в теплоэнергетике.</li> <li>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.</li> <li>5. Владение специальными терминами и использование их при ответе.</li> <li>6. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы</li> <li>7. Логичность и последовательность ответа</li> <li>8. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p><b>Максимальное количество баллов за экзамен - 45</b></p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|