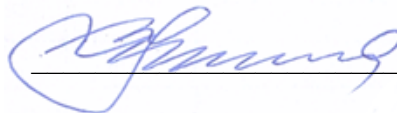


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы



Минервин И.Г.

" 14 " мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
Б1.В.01.07 ТВЕРДООКСИДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль (направленность) подготовки
Водородная энергетика

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная, заочная

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск
2026 г.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

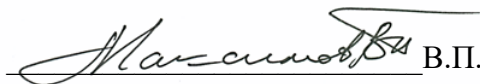
Программу составил: к.ф-м.н., доцент Минервин И.Г.



Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики и физики, протокол № 11 от 14 мая 2026 г.

Заведующий кафедрой:

д.п.н., профессор кафедры
электроэнергетики и физики



В.П. Максимов

1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины является изучение основ расчета, анализа и проектирования режимов работы твердооксидных топливных элементов.

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- использовать нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности;
- анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;
- работать над проектами топливных систем и их компонентов;
- разрабатывать простые конструкции объектов водородной энергетики;
- графически отображать геометрические образы изделий и промышленных объектов, их принципиальных схем и систем энергетики;
- контролировать режимы работы оборудования объектов водородной энергетики;
- участвовать в составлении научно-технических отчетов;
- к приемке и освоению нового оборудования.

Задачами дисциплины являются:

- познакомить обучающихся с назначением, основными параметрами, конструкцией и принципами работы твердооксидных топливных элементов;
- познакомить обучающихся со устройством твердооксидных топливных элементов;
- познакомить обучающихся с мероприятиями, направленными на повышение надёжности работы твердооксидных топливных элементов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является обязательной и относится к части блока дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Пререквизиты дисциплины (модуля): дисциплины общеобразовательного модуля, модуля общей инженерной подготовки и базового модуля направления.

Постреквизиты дисциплины: преддипломная практика, ВКР.

3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине (модулю)

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПКС-3	Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПКС-3.1. Знать: Устройство и принципы работы твердооксидных топливных элементов ПКС-3.2. Уметь: Проектировать и определять параметры твердооксидных топливных элементов ПКС-3.3. Иметь навыки: эксплуатации твердооксидных топливных элементов

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Вид работы	Трудоемкость, акад. часов
	8 семестр
Общая трудоемкость	180
Контактная работа:	94
Лекции (Лек)	44
Лабораторные работы (Лаб)	22
Практические занятия (ПР)	22
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО) (Проведение текущих консультаций и индивидуальная работа со студентами)	10
Конт ПА	1
Промежуточная аттестация: экзамен	26
Самостоятельная работа:	96
- выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР);	72
- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);	
- выполнение расчетно-графического задания (РГЗ);	
- написание реферата (Р);	
- написание эссе (Э);	
- самостоятельное изучение разделов (перечислить);	
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	
- подготовка к лабораторным занятиям;	10
- подготовка к практическим занятиям;	
- подготовка к коллоквиумам;	
- подготовка к промежуточной аттестации и т.п.)	14

4.2 Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины (модуля)

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лек	прак	лаб	сам.	контр	
1	Электрохимические устройства на ион-проводящих твердых мембранах	8	8	4	4	4	0	Тест. Контроль выполнения курсового проекта.
2	Высокотемпературные	8	8	4	4	4	0	Тест.

	электрохимические устройства на твердых электролитах							Контроль выполнения курсового проекта.
3	Материалы для твердооксидных топливных элементов	8	8	4	4	4	0	Тест. Контроль выполнения курсового проекта.
4	Материалы для кислородных электродов ТОТЭ	8	8	4	2	4	0	Тест. Контроль выполнения курсового проекта.
5	Кинетика электродных реакций.	8	8	2	4	4	0	Тест. Контроль выполнения курсового проекта.
6	Методы изучения функциональных и электрохимических характеристик электрохимических устройств	8	4	4	4	4	5	Тест. Контроль выполнения курсового проекта.
	Экзамен	8	0	0	0	0	26	Устный
	Курсовой проект	8	0	0	0	72	6	Защита КП
	Итого:	216	44	22	22	96	32	

4.3. Содержание разделов дисциплины

Электрохимические устройства на ион–проводящих твердых мембранах

Электрохимические устройства и их классификация. Общие принципы работы электрохимических устройств. Электрохимические устройства для генерации и преобразования электроэнергии (топливные элементы и электролизеры), их виды и классификация.

Высокотемпературные электрохимические устройства на твердых электролитах

Топливные элементы, электролизеры, газовые сенсоры, мембраны для парциального окисления, устройства для получения газов абсолютной чистоты.

Особенности изготовления и использования высокотемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Классификация ТОТЭ по типу электролита и конструкции: протонкерамические ТОТЭ, симметричные ТОТЭ, обратимые электрохимические устройства, ТОТЭ на несущем электролите, ТОТЭ на несущем электроде, ТОТЭ на несущем токовом коллекторе, ТОТЭ на несущей инертной основе.

Материалы для твердооксидных топливных элементов

Требования к функциональным материалам для ТОТЭ: химическая и термомеханическая совместимость материалов. Методы изготовления функциональных слоев электрохимических устройств. Твердые электролиты. Кислород–проводящие электролиты со структурой флюорита, перовскита, апатита. Поликристаллы. Объемная и зернограничная проводимость. Блочная модель

поликристаллов. Протонпроводящие электролиты со структурой перовскита, пирохлора, браунмиллерита.

Материалы для кислородных электродов ТОТЭ

Благородные металлы, сложные оксиды. Материалы для топливных электродов ТОТЭ: благородные и неблагородные металлы, керметы, сложные оксиды. Особенности выбора электродных материалов для протонкерамических ТОТЭ. Композитные электроды. Импрегнация и экссолюция как способы повышения эффективности электродов ТОТЭ.

Кинетика электродных реакций

Общие понятия о механизмах электродных реакций.

Трехфазная граница и ее роль в кинетике электродных реакций. Скоростопределяющая (лимитирующая) стадия электродного процесса. Параллельные маршруты электродного процесса. Кинетика реакции восстановления кислорода на металлических электродах и оксидных электродах со смешанной проводимостью. Модель Адлера-Лэйна-Стилла. Кинетика реакции окисления водорода и оксида углерода на металлических, металл–керамических и оксидных электродах. Особенности кинетики электродных реакций на композитных электродах, спилловер эффекты. Деградиационные процессы в ТОТЭ: интердиффузия, сегрегация, спекание, испарение, химическое взаимодействие.

Методы изучения функциональных и электрохимических характеристик электрохимических устройств

Рентгенофазовый анализ. Дилатометрия. Вольтамперометрия, выход по току. Методы измерения электропроводности (двух-, четырехконтактный). Определение ионной и электронной составляющих проводимости. Термогравиметрический анализ для определения кислородной нестехиометрии. Кулонометрическое титрование. Импедансная спектроскопия, основы метода. Эквивалентные электрические схемы. Методы анализа спектров импеданса - нелинейный метод наименьших квадратов, распределение времен релаксации.

4.4. Темы практических занятий

Электрохимические устройства на ион– проводящих твердых мембранах
Высокотемпературные электрохимические устройства на твердых электролитах
Материалы для твердооксидных топливных элементов
Материалы для кислородных электродов ТОТЭ
Кинетика электродных реакций.
Методы изучения функциональных и электрохимических характеристик электрохимических устройств

4.5. Темы лабораторных занятий

Электрохимические устройства на ион– проводящих твердых мембранах
Высокотемпературные электрохимические устройства на твердых электролитах
Материалы для твердооксидных топливных элементов
Материалы для кислородных электродов ТОТЭ
Кинетика электродных реакций.
Методы изучения функциональных и электрохимических характеристик электрохимических устройств

4.6. Примерная тематика курсовых проектов

Учебным планом предусмотрен курсовой проект на темы:

1. Топливные элементы - новые источники тока
2. Исследование переноса заряда в композиционных материалах с ионно-электронной проводимостью и создание на их основе ТОТЭ планарной конструкции.
3. Кислородно-водородные топливные элементы с обменными мембранами.
4. Нанокompозитные полимеры протонообменные мембраны для топливных элементов
5. Применение топливных элементов в энергетике.
6. Проектирование энергоустановки на основе обратимых твердооксидных топливных элементов для аккумулирования и генерации электроэнергии.
7. Изучение эксплуатационных характеристик водородно-воздушного топливного элемента
8. Проектирование и эксплуатация объектов водородного топливно-заправочного комплекса.
9. Исследование принципов проектирования ТЭС на водородных топливных элементах.
10. Материалы твердооксидных топливных элементов.

Тематика курсовых проектов (курсовых работ) утверждается на заседании кафедры ежегодно).

Методические указания выполнения курсового проекта представлены в Приложении 3.

5. Темы дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения

Нет.

6. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Электрохимические устройства на ион– проводящих твердых мембранах	Лекция Семинар Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
	Высокотемпературные электрохимические устройства на твердых электролитах	Виды учебных занятий	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной почты
	Материалы для твердооксидных топливных элементов	Лекция Семинар Лабораторная работа Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка домашних заданий посредством прямого общения или электронной

			почты
	Материалы для кислородных электродов ТОТЭ	Виды учебных занятий	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка курсового проекта посредством прямого общения или электронной почты
	Кинетика электродных реакций.	Лекция Семинар Лабораторная работа Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка курсового проекта посредством прямого общения или электронной почты
	Методы изучения функциональных и электрохимических характеристик электрохимических устройств	Лекция Семинар Самостоятельная работа	Вводная лекция с использованием видеоматериалов Развернутая беседа с обсуждением доклада Консультирование и проверка курсового проекта посредством прямого общения или электронной почты

7. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Вопросы для проведения текущего контроля

1. Виды топливных элементов и их классификация
2. Газификация угля и электролиз воды
3. Глобальные проблемы традиционной энергетики
4. Добыча угля в России и мире
5. Жидкие и твердые гидриды
6. История водородной энергетики
7. Катализаторы конверсии природного газа
8. Конверсия оксидов углерода водяным паром
9. Крупнейшие угольные месторождения
10. Материалы для водородной энергетики
11. Методы производства водорода
12. Методы транспортировки водорода
13. Методы хранения водорода
14. Мировые объемы производства водорода и перспективы их развития
15. Нормативно-техническая документация по безопасному использованию водорода
16. Области применения топливных элементов
17. Ортоводород и параводород. Изотопы водорода
18. Паровая конверсия природного газа
19. Первичные и вторичные энергоресурсы
20. Перспективы развития водородной энергетики
21. Показатели экологичности водородных технологий

22. Преимущества и недостатки водородной энергетики
23. Применение водорода в качестве энергоносителя
24. Проблемы добычи нефти и газа
25. Проблемы хранения и аккумулирования водорода
26. Расчет мощности топливного элемента
27. Твердооксидные топливные элементы
28. Твердополимерные топливные элементы
29. Техника безопасности при работе с водородом
30. Технологии сжижения водорода
31. Типы устройства водородных хранилищ
32. Топливные элементы на основе ортофосфорной кислоты
33. Топливные элементы с протонообменной мембраной
34. Топливные элементы, принцип работы и КПД
35. Физико-химические свойства водорода
36. Щелочные топливные элементы
37. Экологичность и безопасность в традиционной энергетике
38. Энергетические характеристики водорода

7.2. Примерная тематика тестов рубежного контроля

1 Выберите верный ответ. Сколько изотопов у водорода?

- 1.2. один
- 1.3. два
- 1.4. **три**
- 1.5. четыре

2. Выберите верный ответ.

Основной метод производства энергии из водорода

- ☐ сжигание кислородом воздуха
- ☐ **окисление в топливных элементах**
- ☐ горение в кислороде

2 Выберите верный ответ.

Наименее экологичным является производство водорода методом

- 2.2. паровой конверсии метана;
- 2.3. пиролиза метана;
- 2.4. **газификации угля;**
- 2.5. электролиза воды.

3. Выберите верный ответ.

Основным достоинством электролизеров со щелочным электролитом является

- ☐ **Дешевизна и отработанность технологий**
- ☐ Низкие потребности в обслуживании
- ☐ Высокая чистота получаемого водорода
- ☐ Высокий электрический КПД получения водорода

5. Выберите верный ответ.

Какой тип электролизеров наиболее эффективен?

- ☐ Щелочные
- ☐ **Твердооксидные**
- ☐ Твердополимерные

6. Выберите верный ответ.

В современных электролизерах используются тип конструкции и схема включения в цепь с

- ☐ монополярными электродами

- **биполярными электродами**
- изолирующими стеклами

7. Выберите верный ответ.

В состав мембранно-электродного блока твердополимерного электролизера не входит

- Газожидкостный диффузионный слой
- **Биполярная (монополярная) пластина**
- Каталитический слой
- Ионпроводящий материал

8. Выберите верный ответ.

Мембранно-электродный блок твердополимерного электролизера имеет тип строения

- Трубчатый
- **Планарный**
- Микротрубчатый

9. Выберите верный ответ.

В состав мембранно-электродного блока твердооксидного электролизера не входит

- Электролит;
- Анод;
- Катод;
- **Коммутационный материал**

10. Выберите верный ответ.

В каком из типов конструкции ячейки твердооксидного электролизера обеспечивается условие минимизации омических потерь?

- Электролит-несущая;
- **Электрод-несущая**
- 3 Коммутационный материал-несущая

4. Выберите верный ответ

На аноде электролизеров с полимерным электролитом используются катализаторы на основе

- платины
- **иридия**
- никеля

6. Выберите верный ответ.

В качестве электролита в электролизерах с полимерным электролитом используются

- **Перфторированные сульфированные полимеры**
- Сульфированные полимеры на основе полистирола
- Перфторированные полимеры с четвертичными азогруппами
- Сульфированные полимеры с сопряженными связями
- Выберите верный ответ.

Какое из требований не относится к материалу полимерного электролита электролизера?

- Высокий уровень ионной проводимости;
- **Высокий уровень смешанной электронно-ионной проводимости;**
- Стабильность в окислительной и восстановительной атмосферах;
- Стабильность при повышенной температуре

8. Выберите верный ответ.

Что из нижеперечисленного не относится к функциям поля потока, которые будут определяться конструкцией твердополимерного электролизера?

- Равномерное распределение воды по пространству электрода
- Отвод образующийся газов к выходу
- Подвод электричества в зону реакции
- **Разделение водорода и кислорода**
- Равномерное распределение температуры.

9. Выберите верный ответ.

Какой слой мембранно-электродного блока твердополимерного электролизера деградирует быстрее всего?

- Катодный каталитический
- Катодный газодиффузионный
- **Анодный каталитический**
- Анодный диффузионный

4. Выберите верный ответ.

Какой из перечисленных материалов не относится к катодному материалу мембранно-электродного блока твердооксидного электролизера?

- 4.2. LaSrCoO_3
- 4.3. LaSrMnO_3
- 4.4. **LaSrTiO_2**
- 4.5. LaSrCoFeO_3

5. Выберите верный ответ.

Какой из перечисленных материалов относится к материалу электролита твердооксидного электролизера?

- LSC

5. **YSZ**

6. LSM

7. CuGDC

6. Выберите верный ответ.

Какое из требований к материалам для электролизеров обязательно только для случая твердооксидных электролизеров?

- химическая и физическая стабильность в соответствующем химическом окружении (окисление или восстановление);
- **схожие коэффициенты термического расширения**
- химическая совместимость с другими компонентами;
- инертность по отношению к другим компонентам

7. Выберите все верные ответы.

К факторам, обуславливающим рост омического сопротивления твердооксидного электролизера, относят

- **Отслоение электродов;**
- Появление кроссовера топлива через мембрану
- **Появление непроводящих оксидных фаз;**
- **Нарушение контакта с токосъёмом;**
- Появление электронной проводимости в электролите
- Выберите все верные ответы.

К факторам, обуславливающим деградацию микроструктуры электродов твердооксидного электролизера, относят

- **Агломерацию фаз в составе композитного электрода;**
- Хемосорбцию CO на поверхности электрода
- **Отравление летучими соединениями хрома;**
- Восстановление оксидов в составе электрода
- **«Зауглераживание» электродов**

10. Выберите все верные ответы.

К базам поиска научной литературы относятся

- www.scirus.com
- **Scholar.google.com**
- AOL Search
- Baidu
- **SciGuide**

11. Выберите все верные ответы

Ключевые слова, подходящие для поиска параметров электрохимических реакций в твердополимерном электролизере, это

- ☐ PEM electrolyzer
- ☐ SOE parameters
- ☐ CV parameters of MEA for PEM electrolyzer
- ☐ **Hydrogen evaluation parameters in PEM cells**
- ☐ CV parameters for PEM fuel cells
- ☐ CV parameters for SOE fuel cells
- ☐ Geometry of PEM electrolyzer
- ☐ Geometry of SOE electrolyzer
- ☐ Anode for PEM electrolyzer
- ☐ Anode for SOE electrolyzer

8 Mass transport in PEM electrolyzer

9 Mass transport in SOE electrolyzer

10 Kinetics of electrode processes in PEM electrolyzer

11 Kinetics of electrode processes in SOE electrolyzer

23. Расставьте действия по поиску статей в базе поиска научной литературы в правильном порядке.

Запишите номера выбранной последовательности в строчку через запятую:

7. Выбор временного интервала поиска

8. Выбор ключевых слов для поиска

9. Выбор параметров и характеристик электролизеров из выбранных статей

10. Выбор статей, содержащих максимально подробное описание мембранно-электродного блока электролизера и его параметров

11. Составление таблицы анализируемых параметров и характеристик электролизного модуля

Ключ: 5, 2, 1, 4, 3

☐ Выберите все верные ответы.

К разделам, которые должны входить в техническое задание в соответствии с ГОСТ 19.201-78 ЕСПД, относятся

- реферат;
- **введение;**
- **основания для разработки;**
- **назначение разработки;**
- **требования к программе или программному изделию;**
- **требования к программной документации;**
- требования к эскизно-конструкторской документации;
- **технико-экономические показатели;**
- **стадии и этапы разработки;**
- **порядок контроля и приемки;**
- заключение

8. Система оценивания планируемых результатов обучения

Базовая часть (проверка знаний и умений по курсу)				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество	Максимальное количество

			баллов	баллов
Решение долгосрочного задания контрольной работы	Проверка знаний, умений	Внеаудиторная	18	36
Составление схем, диаграмм, таблиц расчетных формул по курсу	Проверка знаний, умений	Внеаудиторная	7	14
Защита лабораторных работ	Проверка знаний, умений, навыков	Аудиторная	7	14
Курсовой проект	Проверка знаний, умений	Аудиторная	15	20
Итого минимум			47	84
Дополнительная часть				
Тема или задание текущей аттестации	Виды текущей аттестации	Аудиторная или внеаудиторная	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Отработка лабораторных работ, участие в мониторинге	Проверка знаний, умений	Аудиторная	5	16
Итого			52	100

Оценивание успешности деятельности студентов по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы. Балльно-рейтинговая система основывается на интегральной оценке результатов всех видов учебной деятельности студента за весь период обучения и учитывает:

- составление опорного конспекта по теме лекции
- подготовку к занятию, выполнение домашнего задания
- активную работу на занятии
- выполнение контрольной работы
- выполнение заданий по самостоятельной работе
- промежуточную аттестацию
- составление кроссвордов по изучаемым темам или ко всему курсу
- составление картотеки основных понятий по теме.

С этой целью разработана технологическая карта, в которой детально описывается структура оценивания. Если студент не посетил занятие баллы ему не начисляются (в учетной ведомости проставляется 0 баллов).

Для получения итоговой оценки сумма баллов должна составлять:

- для оценки «отлично» 85-100 баллов;
- для оценки «хорошо» 70-84 баллов;
- для оценки «удовлетворительно» 52-69 баллов.

Студенты допускаются к экзамену только в том случае, если по дисциплине в течение семестра получено не менее 42% от максимального балла.

За неоднократную попытку списывания ответов на вопросы билета, использование при подготовке к ответам различного вида шпаргалок, электронных устройств; при нарушении студентом требований Устава СахГУ, студент удаляется, ему выставляется оценка «неудовлетворительно».

Лицам, получившие оценку «неудовлетворительно», могут сдать экзамен повторно в соответствии с Порядком промежуточной аттестации СахГУ.

Лица, которые не явились для прохождения экзамена, могут сдать экзамен в соответствии с Порядком промежуточной аттестации СахГУ.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

9.1. Основная литература:

Радченко, Р. В. Общая энергетика: водород в энергетике : учебник для вузов / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 230 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07557-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562838>

Смирнов, В. И. Нанoeлектроника, нанофотоника и микросистемная техника : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-9729-1244-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/133297.html>

Филимонова, А. А. Системы накопления электроэнергии : учебное пособие / А. А. Филимонова, А. А. Чичиров, Д. Ф. Гайнутдинова. — Казань : КГЭУ, 2023. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/487277>

9.2. Дополнительная литература

Малахова Е. А. Синтез и свойства протонпроводящих композиционных мембран на основе сополимеров сульфостирола, азотсодержащих гетероциклических мономеров и аллильных соединений: дисс. ... канд. хим. наук 02.00.06 / Малахова Е. А. — Ангарск, 2022. — 113 с.

Лысенко, В. А. История и методология химической технологии. Системное проектирование углеродных пористых композитов для топливных элементов водородной энергетики : учебное пособие / В. А. Лысенко. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. — 132 с. — ISBN 978-5-7937-1792-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102519.html>

Удалов, С. Н. Возобновляемая энергетика : учебное пособие / С. Н. Удалов. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 624 с. — ISBN 978-5-9729-2068-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/144701.html>

Нефедкин, С. И. Физико-химические методы исследований в технологиях электрохимической энергетики : учебник / С. И. Нефедкин. — Москва : НИУ МЭИ, 2024. — 460 с. — ISBN 978-5-7046-2965-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/461048>

Некрасова, С. О. Расчёт параметров источников автономного энергоснабжения : учебное пособие / С. О. Некрасова, О. В. Тремкина. — Самара : Самарский университет, 2023. — 76 с. — ISBN 978-5-7883-2012-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/406505> (дата обращения: 29.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Крайнова, Дарья Андреевна. Алюмосиликатные стеклообразные материалы для герметизации твердооксидных топливных элементов : диссертация ... кандидата химических наук : 1.4.4. / Крайнова Дарья Андреевна; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»]; Диссовет 24.2.437.03 (Д 212.298.04)]. — Киров, 2024. — 147 с. : ил.

Касилова, Екатерина Валерьевна. Расчетно-теоретическое исследование процессов переноса в твердооксидном топливном элементе : диссертация ... кандидата технических наук : 26.03.01. / Касилова Екатерина Валерьевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет имени академика С.П. Королёва (Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва)»]; Диссовет 24.2.437.03 (Д 212.298.04)]. — Самара, 2024. — 147 с. : ил.

наук : 01.04.14 / Касилова Екатерина Валерьевна; [Место защиты: Нац. исслед. ун-т МЭИ]. - Москва, 2015. - 115 с. : ил.

Кудашова, Дарья Сергеевна. Получение и свойства перфторированных мембран, модифицированных платиной, для водородного **топливного элемента** : диссертация ... кандидата химических наук : 1.4.6. / Кудашова Дарья Сергеевна; [Место защиты: Кубанский государственный университет ; Диссовет 24.2.320.04 (Д 212.101.10)]. - Краснодар, 2022. - 146 с. : ил.

Ерилин, Иван Сергеевич. Формирование функциональных слоев твердооксидных **топливных элементов** методом аэрозольного осаждения в вакууме : диссертация ... кандидата технических наук : 1.3.8. / Ерилин Иван Сергеевич; [Место защиты: ФГБУН Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук ; Диссовет 24.1.136.01 (Д 002.100.02)]. - Черноголовка, 2023. - 158 с. : ил.

9.3. Периодические издания

1. Вестник Московского энергетического института. Издательство: Национальный исследовательский университет «МЭИ». Год основания: 1994 ISSN: 1993-6982.

2. Силовая электроника. Издательство: Медиа КиТ. Год основания: 2004 ISSN: 2079-9322.

3. Электричество. Издательство: Национальный исследовательский университет «МЭИ». Год основания: 1880 ISSN: 0013-5380.

4. **ЭЛЕКТРО.** Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. International Journal of Energy Production and Management. Издательство: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ. Год основания: 2016 ISSN: 2056-3272.

9.4. Программное обеспечение

Операционные системы

- *Альт Линукс*: российская операционная система, обеспечивающая высокий уровень безопасности и соответствие национальным стандартам.
- *РЕД ОС*: отечественная разработка, ориентированная на использование в государственных учреждениях и образовательных организациях.
- *Астра Линукс*: система с повышенными требованиями к безопасности, активно применяемая в различных секторах, включая образование.
- *ОС РОСА ХРОМ*: операционная система предназначена для оснащения рабочих мест пользователей без специальных требований по информационной безопасности.

Офисные пакеты

- *МойОфис*: российский офисный пакет, включающий текстовый редактор, табличный процессор и другие инструменты для работы с документами.
- *Р7-Офис*: еще одно отечественное решение, поддерживающее работу с текстами, таблицами и презентациями, полностью совместимое с форматами Microsoft Office.

Антивирусное ПО

- *Kaspersky Lab*: один из ведущих мировых производителей антивирусного ПО, широко используемый в образовательных учреждениях России.
- *Dr.Web*: надежное антивирусное решение с многолетней историей использования в учебных заведениях.

Видеоконференции и коллаборация

- *Сферум*: отечественная платформа для видеоконференций и совместной работы, созданная специально для образовательных нужд.
- *Яндекс.Телемост*: сервис от Яндекса, обеспечивающий надежную видеосвязь и удобные инструменты для онлайн-обучения.

- *TrueConf*: российское решение для видеоконференций, поддерживающее высокое качество связи и широкие функциональные возможности.
- *МТС Линк*: делает коммуникацию со студентами и сотрудниками быстрее, результативнее и выгоднее; позволяет эффективно решить все задачи вуза по онлайн-коммуникациям.

СУБД (Системы управления базами данных)

- *Postgres Pro*: отечественная версия PostgreSQL, адаптированная для использования в России и активно применяемая в образовательных учреждениях.
- *Ред База Данных*: российская система управления базами данных, основанная на Firebird и обеспечивающая высокую надежность и производительность.
- *YDB (ранее Yandex Database)*: масштабируемая база данных от Яндекса, подходящая для различных задач, включая образовательные.

Облачное хранилище

- *Яндекс.Диск*: отечественное облачное хранилище, предлагающее удобный доступ к файлам и интеграцию с другими сервисами Яндекса.
- *Облако Mail.ru*: еще одно популярное российское решение для хранения и обмена файлами, активно используемое в образовании.
- *МойОфис Хранилище*: часть офисного пакета МойОфис, обеспечивающая безопасное хранение и совместную работу с документами.

Система управления обучением

- *Платформа Teachbase*: система дистанционного обучения, которая предназначена для автоматизации процессов обучения за счет своевременного обучения её пользователей и возможности оперативного контроля за подготовкой и переподготовкой пользователей.
- *iSpring Learn*: LMS с полным циклом обучения.
- *GetCourse*: платформа для онлайн-школы, дает возможность создавать тренинги, вести базу.
- *Stepik*: российская образовательная платформа и конструктор бесплатных и платных открытых онлайн-курсов и уроков.

Системы управления проектами и совместной работы

- *Яндекс.Трекер*: российская система для управления задачами и проектами, интегрированная с другими сервисами Яндекса.
- *Сфера*: платформа для управления проектами и задачами, широко используемая в российских компаниях и образовательных учреждениях.
- *Трекер Р7-Офис*: часть офисного пакета Р7-Офис, предлагающая инструменты для совместной работы и управления проектами.
- *TeamStorm*: платформа для управления командами и процессами разработки.

Формы и опросы

- *Яндекс.Формы*: российский сервис для создания опросов и анкет, предлагающий удобные инструменты для сбора и анализа данных.
- *Сервисы от 1С: Управление*: специализированные решения для создания и анализа опросов и анкет, используемые в российских организациях.
- *Testograf*: сервис для создания опросов, анкет и тестов для клиентов и сотрудников. Он предоставляет набор инструментов для создания и анализа опросов, а также для управления результатами и отчётами.
- *Univer Online. Анкетирование*: предназначен для сбора и предоставления руководству вуза актуальной информации о качестве образовательного процесса

Программы для работы с PDF-документами

- *PDF Commander*: российское решение для работы с PDF-файлами, предлагающее широкий функционал для создания, редактирования и просмотра документов.

- *МойОфис Стандартный. Документы*: часть офисного пакета МойОфис, включающая инструменты для работы с PDF-документами.
- *Master PDF*: многофункциональный и простой в использовании редактор файлов в формате PDF.
- *Content AI (ABBYY)*: многофункциональный редактор для решения любых задач с PDF и бумажными документами.

Почтовые клиенты

- *КриптоАРМ ГОСТ 3*: универсальное приложение для работы с электронными документами со встроенным почтовым клиентом, позволяющим безопасно обмениваться файлами.
- *P7-Офис. Органайзер*: предназначен для управления почтой, деловым расписанием, работы с контактами и планирования задач.
- *RuPost Desktop*: предоставляет полный набор инструментов для организации вашей рабочей жизни. Это включает в себя управление почтой, календарями, контактами, задачами и даже панель быстрых кнопок для удобства.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс», версия «Эксперт»
«Антиплагиат.ВУЗ»

9.5. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

- а) Центр дистанционного образования (ЦДО) СахГУ <http://wedo.sakhgu.ru/>
- б) Официальный сайт Сахалинского государственного университета. <http://www.sakhgu.ru/>
- в) Электроэнергетический Информационный Центр <http://www.electrocentr.info/download/>
- г) Twirpx.com <http://www.twirpx.com/files/tek/>
- д) ОАО "САХАЛИНЭНЕРГО": <http://www.sahen.elektra.ru/page.php?id=65>
- е) Studfiles. <http://www.studfiles.ru/all-vuz/eie/>
- ж) Единое окно доступа к информационным ресурсам: <http://window.edu.ru/resource/771/40771>
- з) Электротехническая библиотека <http://www.electrolibrary.info/bestbooks/elsnabgeniye.htm>
- и) Росэнергосервис: <http://lib.rosenergосervis.ru/elektroenergetika/>
- к) Сайт для электриков: <http://www.elektrikline.ru/biblioteka.html>
- л) Электротехническая литература: <http://electro.narod.ru/download>
- м) КнигаФонд; ООО «Центр цифровой дистрибуции»; <http://www.knigafund.ru>; ООО «Центр цифровой дистрибуции»
- н) Электронная библиотека диссертаций; Российская государственная библиотека; <http://www.rsl.ru>; ФГБУ «Российская государственная библиотека»
- о) Университетская библиотека ONLINE; ООО «Некс-Медиа» (RU); <http://www.biblioclub.ru>; ООО «НексМедиа»
- п) ЭБС Издательства «Лань»; ООО «Лань-Тренд»; www.e.lanbook.com; Бесплатный бессрочный контент
- р) Polpred.com; ООО «ПОЛПРЕДСправочники»; <http://polpred.com/>; ООО «ПОЛПРЕД Справочники» Бесплатный контент.
- с) IPRbooks; ООО «Ай Пи Эр Медиа»; <http://www.iprbookshop.ru/>.

10. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ)

предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;

- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;

- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, д. 68, каб. 210 каб. 118, каб. 400	Лекционная аудитория: Рабочие места обучающихся; Рабочее место преподавателя; Шкафы; Классная доска; Переносной экран; Ноутбук; Мультимедийный проектор; Лаборатория электрических систем, сетей и электрооборудования, в т.ч.: лабораторный стенд «Исследование на трехфазных линиях». Лаборатория электробезопасности, электрических измерений и учета электрической энергии в т.ч.: лабораторный стенд «Комплексные потребители, измерение потребления энергии и пиковой нагрузки». Лаборатория электроэнергетических систем, в т.ч.: Лабораторный стенд «Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии»; Лабораторный стенд «Измерение электрической энергии»; Лабораторный стенд «Однолинейный модуль распределительной электрической сети с измерителем показателей качества электроэнергии» Доступ к сети Интернет
---	--

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания кафедры

№ _____ от _____

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

(Изменения и дополнения в РПД вносятся ежегодно и оформляются в данной форме. Изменения вносятся заменой отдельных листов (старый лист при этом цветным маркером перечеркивается, а новый лист с изменением степлером прикалывается к рабочей программе (хранится на кафедре), в электронной форме РПД должна быть актуализированной всегда, т.е. с внесенными изменениями.

При наличии большого количества изменений и поправок, затрудняющих понимание, возникших в связи с изменением нормативной базы ВО и другим причинам, проводится полный пересмотр РПД (т.е. выпускается новая РПД), которая проходит все стадии проверки и утверждения).

в рабочей программе (модуле) дисциплины _____
(название дисциплины)

по направлению подготовки (специальности) _____

на 20__/20__ учебный год

1. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

1.1.;

1.2.;

...

1.9.

2. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

2.1.;

2.2.;

...

2.9.

3. В _____ вносятся следующие изменения:

(элемент рабочей программы)

3.1.;

3.2.;

...

3.9.

Составитель

подпись

расшифровка подписи

дата

Зав. кафедрой

подпись

расшифровка подписи