

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОРРОЗИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.11.01.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	3 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	3 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	3 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 113,5 часов;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	3 семестр - 0,50 часа;

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Пуцылов И.А.
	Идентификатор	R2ab9c545-PutsyloviA-7a96334f

(подпись)

И.А. Пуцылов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение физико-химических основ процесса коррозии металлов оборудования традиционных и автономных энергетических установок для последующей эффективной борьбы с данным процессом

### Задачи дисциплины

- изучение физико-химических основ химической и электрохимической коррозии металлов энергетического оборудования;
- изучение материалов, используемых в традиционных и автономных энергетических системах, с точки зрения коррозионной стойкости;
- изучение наиболее опасных с коррозионной точки зрения технологических процессов, реализуемыми в традиционных и автономных энергетических системах;
- изучение способов защиты металлов от процесса коррозии в устройствах традиционных и автономных энергетических системах;
- освоение основ расчета процесса коррозии, анализа коррозионных процессов и выбора способов защиты металлов;
- приобретение навыков приема и обоснования конкретных технических решений по подбору материалов, их синтезу и обработке, а также защите элементов, узлов и агрегатов автономных и традиционных энергетических систем от процесса коррозии при их проектировании и эксплуатации.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-1ПК-3 Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-1ПК-3 перечень основных материалов и веществ используемых для минимизации процесса коррозии; основные методы борьбы с коррозией металлов технологического оборудования.  уметь: - ИД-1ПК-3 Оценить потребность энергообъекта в веществах и материалах, используемых для минимизации процесса коррозии, организовать производственный процесс с минимальным коррозионным износом технологического оборудования.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету	ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-2ПК-4 Способы минимизации коррозионного износа технологического оборудования.  уметь: - ИД-2ПК-4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы при эксплуатации автономных энергетических систем с целью

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
<p>потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах</p>		<p>минимизации коррозии оборудования.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать законы физики, химии, математики, физической химии, теоретической электрохимии
- знать физико-химических основ химической и электрохимической коррозии металлов энергетического оборудования
- знать виды материалов, используемых в традиционных и автономных энергетических системах
- уметь делать основные расчета процессов коррозии
- уметь анализ коррозионных процессов и выбора способов защиты металлов на основе расчетов по химической термодинамики

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия	26	3	6	-	6	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.276-282 [2], стр.7-19 [3], стр. 424-432</p>		
1.1	Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия	26		6	-	6	-	-	-	-	-	14	-			
2	Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии	36		8	-	8	-	-	-	-	-	20	-		<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.282-290 [2], стр.20-25 [3], стр. 433-443</p>	
2.1	Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии	36		8	-	8	-	-	-	-	-	20	-			
3	Методы защиты металлов от электрохимической коррозии	42		10	-	10	-	-	-	-	-	22	-			<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Методы защиты металлов от электрохимической коррозии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>
3.1	Методы защиты металлов от	42		10	-	10	-	-	-	-	-	22	-			

	электрохимической коррозии												<b><u>источников:</u></b> [1], стр.290-300 [2], стр.25-46 [3], стр. 444-452
4	Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях	40	8	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4.1	Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях	40	8	-	8	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр.30-46
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	2	-	-	0.50	-	33.50	
	Всего за семестр	180.00	32	-	32	-	2	-	-	0.50	80	33.50	
	Итого за семестр	180.00	32	-	32		2		-	0.50		113.50	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия

##### 1.1. Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия

Основные понятия, определения и термины. Общие характеристики процессов коррозии. Классификация процессов коррозии. Основные показатели процессов коррозии. Методы оценки коррозионной стойкости металлов. Особенность химической коррозии. Термодинамика газовой коррозии. Кинетика и механизм газовой коррозии. Анализ внешних факторов влияющих на скорость газовой коррозии. Газовая коррозия важнейших металлов.. Высокотемпературная коррозия в продуктах сгорания топлива. Механизм коррозии металлов под влиянием газовой среды и золы топлив. Анализ внутренних факторов влияющих на скорость газовой коррозии. Жаростойкость и жаропрочность металлов. Способы защиты металлов от высокотемпературной газовой коррозии. Коррозия и способы защиты металлов в жидких средах неэлектролитов..

#### 2. Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии

##### 2.1. Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии

Общие положения. Термодинамика электрохимической коррозии. Вероятные катодные и анодные реакции электрохимической коррозии. Диаграмма равновесия металл-вода. Применение диаграммы для установления возможности электрохимической коррозии. Движущие силы электрохимической коррозии.. Основные положения. Потенциал и ток коррозии как основные характеристики коррозионного процесса. Понятие контролирующего процесса. Коррозионные диаграммы. Коррозионный процесс при наложении внешней поляризации. Коррозия в условиях локализации катодных и анодных реакций. Принципы катодной защиты внешним током. Анодные реакции в условиях коррозии и их влияние на скорость коррозии. Пассивное состояние металлов. Теория пассивного состояния. Способы перевода металла в пассивное состояние. Механизм реакций с водородной и кислородной деполяризацией, влияние на скорость коррозии. Влияние различных факторов на скорость процесса коррозии с кислородной и водородной деполяризацией, особенности..

#### 3. Методы защиты металлов от электрохимической коррозии

##### 3.1. Методы защиты металлов от электрохимической коррозии

Обзор методов защиты металлов от электрохимической коррозии. Классификация и обоснование выбора метода защиты. Методы обработки коррозионной среды, ингибиторы коррозии, консервация. Рациональное конструирование. Легирование металлов. Аморфные сплавы. Защитные покрытия. Электрохимические методы защиты металлов от коррозии. Катодная и анодная защиты, области применения.. Коррозия и способы защиты основных конструкционных металлов.. Железо. Углеродистые стали. Низколегированные стали. Нержавеющие стали. Медь и ее сплавы. Алюминий и его сплавы. Никель и его сплавы. Магний и его сплавы..

#### 4. Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях

##### 4.1. Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях

Коррозия и защита электрохимических систем и оборудования в процессе их производства. Коррозия аппаратуры при электролизе водных растворов. Коррозия оборудования при производстве химических источников тока. Пути предотвращения коррозии в электрохимической энергетике.. Классификация процессов коррозии.

Атмосферная коррозия. Подземная коррозия. Биологическая коррозия. Морская коррозия. Питтинговая коррозия. Щелевая коррозия. Межкристаллитная коррозия. Коррозия под напряжением. Коррозионное растрескивание. Коррозионная усталость. Кавитационная коррозия. Условия возникновения видов коррозии, механизм, основные особенности, методы защиты металлов от этих видов коррозии. Коррозия и защита металлов паровых котлов. Коррозия и защита металлов паровых турбин и их конденсаторов. Коррозия и защита металлов оборудования бойлерной. Коррозия и защита металлов тепловых сетей..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Общая характеристика процессов коррозии. (2 час);
2. Химическая коррозия. (4 час);
3. Термодинамика электрохимической коррозии. (4 час);
4. Кинетика электрохимической коррозии. (4 час);
5. Методы защиты металлов от электрохимической коррозии. (6 час);
6. Коррозия и способы защиты основных конструкционных металлов. (4 час);
7. Коррозия и защита электрохимических систем и оборудования в процессе их производства. (4 час);
8. Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях. Заключение по дисциплине. (4 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы защиты металлов от электрохимической коррозии"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
ИД-1ПК-3 перечень основных материалов и веществ используемых для минимизации процесса коррозии; основные методы борьбы с коррозией металлов технологического оборудования	ИД-1ПК-3	+				Контрольная работа/Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии
ИД-2ПК-4 Способы минимизации коррозионного износа технологического оборудования	ИД-2ПК-4				+	Контрольная работа/Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла
<b>Уметь:</b>						
ИД-1ПК-3 Оценить потребность энергообъекта в веществах и материалах, используемых для минимизации процесса коррозии, организовать производственный процесс с минимальным коррозионным износом технологического оборудования	ИД-1ПК-3	+				Контрольная работа/Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии
ИД-2ПК-4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы при эксплуатации автономных энергетических систем с целью минимизации коррозии оборудования	ИД-2ПК-4		+	+		Контрольная работа/Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла (Контрольная работа)
2. Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии (Контрольная работа)
3. Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла (Контрольная работа)
4. Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Коровин, Н. В. Общая химия : учебник для вузов по техническим направлениям / Н. В. Коровин . – 15-е изд. перераб. . – М. : Академия, 2014 . – 496 с. – (Высшее профессиональное образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-4468-1461-9 .;
2. Коррозия и защита теплосилового оборудования : учебное пособие по курсам "Коррозия и защита материалов энергетики", "Физико-химические основы теплотехнологических процессов", "Физическая химия" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / О. Н. Гончарук, И. И. Ланская, И. А. Пуцылов, Н. А. Яштулов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 56 с. - книга только в электронном виде, перейти по ссылке в Электронную библиотеку МЭИ . - ISBN 978-5-7046-1560-6 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7030](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7030);
3. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/158949>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
	отсутствует	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Коррозионные проблемы в энергетике

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии (Контрольная работа)
- КМ-2 Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии (Контрольная работа)
- КМ-3 Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла (Контрольная работа)
- КМ-4 Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия					
1.1	Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия		+	+		
2	Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии					
2.1	Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии					+
3	Методы защиты металлов от электрохимической коррозии					
3.1	Методы защиты металлов от электрохимической коррозии					+
4	Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях					
4.1	Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях				+	
Вес КМ, %:			25	25	25	25