

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
 Химико-технологический институт

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
<b>Модуль</b> Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии	<b>Код модуля</b> 1128721 Учебный план № 5123 (3) очн. №5492 (3) заочн.
<b>Образовательная программа</b> Химическая технология неорганических, органических веществ, природных энергоносителей и лекарственных препаратов	<b>Код ОП</b> 18.03.01/01.01
<b>Траектория образовательной программы (ТОП)</b>	ТОП1 Технологии электрохимических производств
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.03.01
<b>Уровень подготовки.</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> № 1005 от 11.08.2016 г.

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Рудой Валентин Михайлович	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
2	Останина Татьяна Николаевна	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
3	Даринцева Анна Борисовна	к.х.н., доцент	доцент	ТЭХП	
4	Трофимов Алексей Алексеевич	ассистент		ТЭХП	
5	Никитин Вячеслав Сергеевич	ассистент		ТЭХП	

**Руководитель модуля**

Т.Н. Останина

**Рекомендовано учебно-методическим советом Химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 8 от "10" октября 2018 г.

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

**Руководитель образовательной программы (ОП),  
для которой реализуется модуль**

Т. Н. Останина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ

## Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии

1.1. Объем модуля, 12 з.е.

### 1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль «Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии» относится к вариативной части по выбору студента ОП и является обязательным для освоения для обучения по траектории ТОП1 «Технология электрохимических производств»

Формирование навыков математического анализа результатов экспериментальных исследований электрохимических процессов, использование методов математического моделирования для проектирования процессов в электрохимических технологиях. Полученные знания и умения позволят выработать профессиональный подход к выбору критерия оптимальности, обеспечивающего максимальное качество продукта при минимальных материальных и энергетических затратах.

## 2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).	Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
		Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
По очной форме обучения									
1. (ВС) Применение ЭВМ в электрохимической технологии	7	34		51	85	131	Зачет, 4	216	6
2. (ВС) Приборы и методы исследования электрохимических систем	7	34		51	85	95	Экзамен, 18	180	5
3. Проект по модулю	7					36		36	1
<b>Всего на освоение модуля</b>		68		102	170	262		432	12
По заочной форме обучения									
4. (ВС) Применение ЭВМ в электрохимической технологии	9	8		22	30	186	Зачет, 4	216	6
5. (ВС) Приборы и методы исследования электрохимических систем	8	8		22	30	150	Экзамен, 18	180	5
6. Проект по модулю	9					36		36	1
<b>Всего на освоение модуля</b>		16		44	60	372		432	12

### 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	
3.2.	Кореквизиты	Применение ЭВМ в электрохимической технологии, Приборы и методы исследования электрохимических систем

### 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

#### 4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения -РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
18.03.01/01.01	РО-ТОП1-4. Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования электрохимических процессов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);</li> <li>- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);</li> <li>- готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности (ПК-3);</li> <li>- способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа (ПК-10);</li> <li>- способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);</li> <li>- готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов (ПК-17);</li> <li>- готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за</li> </ul>

		<p>пределы компетентности конкретного направления (ПК-19);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-20);</li> <li>- готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива (ПК-21);</li> <li>- готовность использовать информационные технологии при разработке проектов (ПК-22);</li> <li>- способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива (ПК-23)</li> <li>- способность использовать навыки математического моделирования для проведения технологических расчетов электрохимических процессов и оборудования; математико-статистического анализа экспериментальных данных; готовность использовать современные приборы и методы исследования электрохимических систем для выбора эффективного технологического режима и условий электролиза (ДПК-4-ТОП1).</li> </ul>
--	--	--

#### 4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ПК-1	ПК-2	ПК-3	ПК-10	ПК-16	ПК-17	ПК-19	ПК-20	ПК-21	ПК-22	ПК-23	ДПК-4-ТОП1
1	(ВС) Применение ЭВМ в электрохимической технологии	+	+	+		+				+	+	+	+
2	(ВС) Приборы и методы исследования электрохимических систем	+	+	+	+	+	+	+	+				+
3	(ВС) Проект по модулю	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

### 5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ

#### 5.1. Весовой коэффициент значимости промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрено.

#### 5.2. Форма промежуточной аттестации по модулю:

Выполнение и защита проекта по модулю.

#### 5.3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по модулю (Приложение 1)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе модуля**  
**"Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии"**

**5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

**5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

### **5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю.**

Не предусмотрено.

### **5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю.**

Целью курсового проекта по модулю является приобретение навыков самостоятельной постановки и решения на ЭВМ различных инженерно-технических и научно-исследовательских задач.

Примерный перечень тем курсовых работ:

1. Расчет материального баланса следующих аппаратов:
  - 1.1 Электролизер для рафинирования меди
  - 1.2 Электролизер экстракции цинка
  - 1.3 Регенеративная ванна обезмеживания
  - 1.4 Ванна хромирования
  - 1.5 Ванна улавливания
  - 1.7 Ванна электролитического цинкования
  - 1.8. Ванна электролитического меднения
  - 1.10 Ванна электролитического получения медных порошков
  - 1.11 Ванна электрохимического никелирования
  - 1.12 Ванна электрохимического обезжиривания
2. Математическое моделирование электродных процессов:
  - 2.1 Кинетика электродных процессов, обусловленная различным механизмом замедленной стадии
  - 2.2 Электrokристаллизация дендритных осадков металлов
  - 2.3. Электрохимические расчеты по коррозии и защите металлов.

## 6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания проектной группы модуля</b>	<b>Дата заседания проектной группы модуля</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись руководителя проектной группы модуля</b>



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Химико-технологический институт

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ**

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии	<b>Код модуля</b> 1128721 Учебный план № 5386 (4)
<b>Образовательная программа</b> Химическая технология неорганических, органических веществ, природных энергоносителей и лекарственных препаратов	<b>Код ОП</b> 18.03.01/03.01
<b>Траектория образовательной программы (ТОП)</b>	ТОП1 Технологии электрохимических производств
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.03.01
<b>Уровень подготовки.</b> Прикладной бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> № 1005 от 11.08.2016 г.

Екатеринбург, 2018

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Рудой Валентин Михайлович	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
2	Останина Татьяна Николаевна	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
3	Даринцева Анна Борисовна	к.х.н., доцент	доцент	ТЭХП	
4	Трофимов Алексей Алексеевич	ассистент		ТЭХП	
5	Никитин Вячеслав Сергеевич	ассистент		ТЭХП	

**Руководитель модуля**

Т.Н. Останина

**Рекомендовано учебно-методическим советом Химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 8 от "10" октября 2018 г.

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

**Руководитель образовательной программы (ОП),  
для которой реализуется модуль**

Т. Н. Останина

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ

### Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии

1.1. Объем модуля, 12 з.е.

#### 1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль «Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии» относится к вариативной части по выбору студента ОП и является обязательным для освоения.

Формирование навыков математического анализа результатов экспериментальных исследований электрохимических процессов, использование методов математического моделирования для проектирования процессов в электрохимических технологиях. Полученные знания и умения позволят выработать профессиональный подход к выбору критерия оптимальности, обеспечивающего максимальное качество продукта при минимальных материальных и энергетических затратах.

## 2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).	Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
		Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
По очной форме обучения									
1. (ВС) Применение ЭВМ в электрохимической технологии	7	34		51	85	131	Зачет, 4	216	6
2. (ВС) Приборы и методы исследования электрохимических систем	7	34		51	85	95	Экзамен, 18	180	5
3. Проект по модулю	7					36		36	1
<b>Всего на освоение модуля</b>		68		102	170	262		432	12

## 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	
3.2.	Кореквизиты	Применение ЭВМ в электрохимической технологии, Приборы и методы исследования электрохимических систем

#### 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

##### 4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения -РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
18.03.01/03.01	РО-10. Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования электрохимических и коррозионно-защитных процессов	<ul style="list-style-type: none"><li>- способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);</li><li>- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);</li><li>- способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа (ПК-10);</li><li>- способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);</li><li>- готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов (ПК-17);</li><li>- готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-20);</li><li>- готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива (ПК-21);</li><li>- готовность использовать информационные технологии при разработке проектов (ПК-22);</li><li>- способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива (ПК-23)</li><li>- способность использовать навыки математического моделирования для проведения технологических расчетов электрохимических процессов и оборудования; математико-статистического анализа экспериментальных данных; готовность использовать современные приборы и методы исследования</li></ul>

		электрохимических систем для выбора эффективного технологического режима и условий электролиза (ДПК-4).
--	--	---

#### 4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ПК-1	ПК-2	ПК-10	ПК-16	ПК-17	ПК-20	ПК-21	ПК-22	ПК-23	ДПК-4
1	(ВС) Применение ЭВМ в электрохимической технологии	+	+		+			+	+	+	+
2	(ВС) Приборы и методы исследования электрохимических систем	+	+	+	+	+	+				+
3	(ВС) Проект по модулю	+	+		+	+	+	+	+	+	+

#### 5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ

##### 5.1. Весовой коэффициент значимости промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрено.

##### 5.2. Форма промежуточной аттестации по модулю:

Выполнение и защита проекта по модулю.

##### 5.3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по модулю (Приложение 1)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе модуля**  
**"Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии"**

**5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

**5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

### **5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю.**

Не предусмотрено.

### **5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю.**

Целью курсового проекта по модулю является приобретение навыков самостоятельной постановки и решения на ЭВМ различных инженерно-технических и научно-исследовательских задач.

Примерный перечень тем курсовых работ:

1. Расчет материального баланса следующих аппаратов:
  - 1.2 Электролизер для рафинирования меди
  - 1.2 Электролизер экстракции цинка
  - 1.3 Регенеративная ванна обезмеживания
  - 1.4 Ванна хромирования
  - 1.5 Ванна улавливания
  - 1.7 Ванна электролитического цинкования
  - 1.8. Ванна электролитического меднения
  - 1.10 Ванна электролитического получения медных порошков
  - 1.11 Ванна электрохимического никелирования
  - 1.12 Ванна электрохимического обезжиривания
2. Математическое моделирование электродных процессов:
  - 2.1 Кинетика электродных процессов, обусловленная различным механизмом замедленной стадии
  - 2.2 Электrokристаллизация дендритных осадков металлов
  - 2.3. Электрохимические расчеты по коррозии и защите металлов.

## 6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания проектной группы модуля</b>	<b>Дата заседания проектной группы модуля</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись руководителя проектной группы модуля</b>



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Химико-технологический институт

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии	<b>Код модуля</b> 1128721
<b>Образовательная программа</b> Химическая технология неорганических, органических веществ, природных энергоносителей и лекарственных препаратов	<b>Код ОП</b> 18.03.01/01.01
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.03.01
<b>Уровень подготовки</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> №1005 от 11.08.2016 г.

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Рудой Валентин Михайлович	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
2	Останина Татьяна Николаевна	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
3	Даринцева Анна Борисовна	к.х.н., доцент	доцент	ТЭХП	

**Руководитель модуля**

Т.Н. Останина

**Рекомендовано учебно-методическим советом Химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 8 от "10" октября 2018 г.

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина посвящена изучению основных методов исследования электрохимических систем и знакомству с наиболее широко используемыми приборами. Особое внимание уделяется методике проведения эксперимента и анализу полученных данных и закономерностей. Рассматриваются способы расчета электрохимических параметров, характеризующих электродный процесс и систему в целом.

Целью преподавания дисциплины является ознакомление с современными приборами и методами исследования сложных электрохимических процессов, овладение навыками экспериментального исследования, анализа и обработки полученных результатов. Изучение курса направлено на формирование у студентов навыков профессионального подхода к выбору эффективного технологического режима и условий электролиза.

## **1.2. Язык реализации программы - русский**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);
- готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности (ПК-3);
- способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа (ПК-10);
- способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);
- готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов (ПК-17);
- готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19);
- готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-20);
- способность использовать навыки математического моделирования для проведения технологических расчетов электрохимических процессов и оборудования; математико-статистического анализа экспериментальных данных; готовность использовать современные приборы и методы исследования электрохимических систем для выбора эффективного технологического режима и условий электролиза (ДПК-4-ТОП1).

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- знать физический смысл основных теоретических положений, лежащих в основе методов изучения электродных процессов;
- знать основные уравнения электрохимической кинетики.

**Уметь:**

- уметь грамотно выбрать метод исследования того или иного электродного процесса;
- уметь оценить ошибку в определении измеряемой величины;
- уметь квалифицированно поставить и провести эксперимент по изучению свойств электрохимической системы или кинетики электродных реакций.

**Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- владеть навыками анализа экспериментальных данных, подготовки и оформления отчетов по выполненной работе;
- владеть приемами проведения научных исследований;
- владеть методикой расчета параметров электрохимических реакций по экспериментальным данным.

**1.4. Объем дисциплины**

По очной форме обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	7
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>85</b>		<b>85</b>
2.	Лекции	34	34	34
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы	51	51	51
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>95</b>	<b>12,75</b>	<b>95</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Э</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>180</b>		<b>180</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>5</b>		<b>5</b>

По заочной форме обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	8
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
2.	Лекции	8	8	8
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы	22	22	22
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>150</b>	<b>4,5</b>	<b>150</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Э</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>180</b>		<b>180</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>5</b>		<b>5</b>

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
Р1	Общие вопросы техники электрохимических измерений	<p>Классификация методов исследования электрохимических систем. Общие вопросы техники измерений. Основные виды ошибок при измерении: инструментальные, случайные, систематические, ошибки косвенных измерений. Расчет случайной ошибки и ошибки в случае косвенных измерений.</p> <p>Методы измерения электропроводимости. Классификация методов измерения электропроводимости электролитов. Метод измерения электролитов на переменном токе (мостовой метод). Схема моста переменного тока. Источники ошибок при измерении сопротивления раствора мостовым методом. Способы уменьшения ошибок. Электрохимические ячейки для измерения сопротивления растворов. Понятие о постоянной ячейки. Расчет ошибки при определении постоянной ячейки и удельной электропроводимости электролита.</p> <p>Определение эквивалентной электропроводимости и электропроводимости при бесконечном разведении. Расчет ошибки при определении этих величин.</p> <p>Методы измерения электродных потенциалов и коэффициентов активности. Измерение равновесных потенциалов. Электрохимическая схема для измерения равновесного потенциала. Основные требования при измерении равновесного потенциала к изучаемому электроду, раствору и электроду сравнения. Расположение электролитического ключа в ячейке при измерении потенциала электрода под током.</p> <p>Измерение э.д.с. электрохимической ячейки. Отличие величины э.д.с. в равновесии и под током. Основные методы измерения э.д.с. электрохимической ячейки. Компенсационная схема измерения э.д.с. Преимущества компенсационного метода измерения. Приборы для измерения э.д.с.: потенциометры, высокоомные вольтметры.</p> <p>Измерение э.д.с. ячейки для определения стандартного потенциала и коэффициента активности.</p> <p>Определение состава комплексного соединения методом измерения электропроводимости электролита.</p> <p>Приборы и методы изучения кинетики электродных процессов. Классификация методов исследования кинетики электрохимических реакций. Приборы и схемы, используемые для изучения кинетики электродных реакций. Пассивные и активные регуляторы режима. Промышленные марки потенциостатов и их характеристики. Приборы для электрохимических исследований. Электрохимические ячейки и электроды. Методы подготовки электродов. Методы подготовки растворов. Подготовка посуды и электрохимической ячейки к проведению эксперимента.</p> <p>Методика изучения кинетики электрохимических процессов. Основные задачи при исследовании кинетики электродных процессов. Виды перенапряжений. Основные</p>

		<p>стадии электродного процесса. Скорость электрохимического превращения. Ток обмена и константа скорости электродной реакции, стандартный ток обмена.</p>
<p><b>P5</b></p>	<p><b>Стационарные методы исследования кинетики электрохимических систем</b></p>	<p>Условия, обеспечивающие стационарность поляризационных кривых. Общий вид поляризационных кривых при различных типах лимитирующих стадий (замедленный разряд, замедленная диффузия, смешанная кинетика, замедленная химическая реакция, замедленное образование новой фазы). Уравнения электрохимической кинетики для этих случаев. Обработка поляризационных кривых при малых, средних и больших перенапряжениях. Выяснение природы замедленной стадии электродного процесса. Определение кинетических параметров посредством обработки поляризационных кривых.</p> <p>Вывод уравнений поляризационных кривых, учитывающих перенапряжение диффузии и перехода. Определение тока обмена, коэффициента переноса и равновесного потенциала методом анализа поляризационных кривых. Определение стандартного тока обмена и константы скорости реакции. Определение коэффициента переноса по зависимости тока обмена от концентрации компонентов раствора.</p> <p>Уравнение поляризационной кривой в случае электродной реакции, протекающей по механизму смешанной кинетики. Методика определения тока обмена и коэффициента переноса в условиях смешанной кинетики.</p> <p>Анализ поляризационных кривых в случае, когда скорость электродного процесса контролируется замедленной гомогенной химической реакцией, замедленной гетерогенной химической реакцией. Химическая реакция предшествует электродной реакции и следует за ней.</p> <p>Анализ электродных процессов комплексов металлов. Метод амальгамной полярографии. Методика определения состава комплекса, разряжающегося на электроде. Высшее координационное число комплекса, координационное число комплекса, участвующего в электродной реакции.</p> <p>Метод вращающегося дискового электрода. Физические основы метода. Уравнение предельной диффузионной плотности тока на вращающемся дисковом электроде. Определение коэффициента диффузии, концентрации разряжающихся ионов, числа электронов, участвующих в электродной реакции с помощью вращающегося дискового электрода. Использование методики вращающегося дискового электрода для определения замедленной стадии.</p> <p>Определение параметров электродных процессов и порядка реакции с помощью вращающегося дискового электрода. Разделение двух процессов, одновременно протекающих на электроде. Исследование электродных процессов с предшествующей химической реакцией.</p> <p>Вращающиеся электроды других форм. Вращающийся электрод с кольцом. Изучение стадийных процессов с помощью вращающегося дискового электрода с кольцом.</p> <p>Определение параметров электродного процесса методом полярографии. Принцип метода. Принципиальная</p>

		<p>схема полярографа. Особенности ртутного электрода. Съемка полярограмм. Требования к растворам. Уравнение Ильковича для мгновенного тока, для среднего тока.</p> <p>Уравнение полярографической волны для обратимого электрохимического процесса. Анализ обратимых волн. Значение потенциалов полуволн и их определение. Определение характеристик комплексных соединений (координационного числа комплекса и константы нестойкости) методом анализа обратимых полярографических волн.</p> <p>Необратимые процессы. Анализ необратимых полярографических волн. Значение потенциалов полуволн необратимых процессов. Методика проверки обратимости процесса. Определение константы скорости электродной реакции, коэффициента переноса и равновесного потенциала.</p>
<b>Р3</b>	<b>Релаксационные методы исследования электрохимических систем</b>	<p>Принципы релаксационных методов исследования электродных процессов. Приборы для проведения релаксационных методов исследования: осциллографы, потенциостаты. Основной потенциостатический метод. Определение замедленной стадии процесса и параметров электрохимической реакции.</p> <p>Хроновольтамперометрия при линейном изменении потенциала. Уравнение Рэндлса-Шевчика. Потенциал пика, ток пика. Сравнение поляризационных зависимостей для обратимых и необратимых процессов. Зависимость тока пика от скорости изменения потенциала. Другие формы изменения потенциала.</p> <p>Хронопотенциометрия. Основной гальваностатический метод. Уравнение Фика с начальными и граничными условиями. Частный случай решения задачи хронопотенциометрии (область малых перенапряжений).</p> <p>Хронопотенциометрия при малых токах и отсутствии диффузионных затруднений. Определение емкости двойного электрического слоя, тока обмена и коэффициента переноса по кривой включения. Анализ кривых выключения.</p> <p>Хронопотенциометрия при больших токах и значительных диффузионных ограничениях. Уравнение Карогланова-Санда. Переходное время. Обратимые процессы. Методика проверки обратимости процесса. Смешанная кинетика. Определение кинетических параметров электродного процесса в случае малых и больших перенапряжений. Последовательное восстановление двух ионов. Исследование электродных процессов с предшествующей реакцией первого порядка.</p> <p>Хронопотенциометрия при линейном изменении тока. Анализ хронопотенциограмм в случае последовательного восстановления двух ионов.</p>
<b>Р4</b>	<b>Метод фарадеевского импеданса</b>	<p>Комплексное сопротивление в цепях переменного тока. Моста переменного тока. Принцип мостового метода измерения и понятие об эквивалентной схеме электролитической ячейки. Импеданс идеально поляризуемого электрода, сопротивление переноса заряда, диффузионный импеданс Варбурга. Вывод импеданса Эршлера-Рэндлса.</p> <p>Расчет элементов эквивалентной схемы. Метод</p>

		Эршлера-Рэндлса. Графо-аналитический метод. Метод Слюйтерса (комплексной плоскости).
<b>Р5</b>	<b>Циклические методы</b>	Циклические методы изучения электрохимических систем. Разновидности циклических методов. Циклическая хроноамперометрия. Циклическая хроновольтамперометрия. Хронопотенциометрия с изменением направления тока.
<b>Р6</b>	<b>Коррозионные испытания</b>	Основные цели коррозионных исследований и испытаний. Основные правила коррозионных испытаний. Резистометрический метод определения скорости коррозии. Коррозионный мониторинг. Лабораторные методы исследования коррозионных процессов

### **3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

#### **3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины**



По очной форме обучения

Объем модуля (зач.ед.): 12  
Объем дисциплины (зач.ед.): 5

Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																															
				Подготовка к аудиторным занятиям (час.)							Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)													Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации по модулю (час.)							
Код раздела	Наименование раздела	Всего по разделу (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен	Интегрированный экзамен по модулю	Проект по модулю					
P1	Общие вопросы техники электрохимических измерений	31	20	2		18	11	11	1		10																								
P2	Стационарные методы исследования кинетики электрохимических систем	26	14	8		6	12	8	4		4		4	1																					
P3	Релаксационные методы исследования кинетики электрохимических систем	84	37	10		27	47	25	5		20		22	1					1																
P4	Метод фарадеевского импеданса	15	10	10			5	5	5																										
P5	Циклические методы	3	2	2			1	1	1																										
P6	Коррозионные испытания	3	2	2			1	1	1																										
<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>		<b>162</b>	<b>85</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>77</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>					
<b>Всего по дисциплине (час.):</b>		<b>180</b>	<b>85</b>				<b>95</b>																				В т.ч. промежуточная аттестация			<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		

Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																														
				Подготовка к аудиторным занятиям (час.)						Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)													Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)		Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации по модулю (час.)								
Код раздела	Наименование раздела	Всего по разделу (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар. занятие	Лабораторное занятие	И/ли семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностранном языке*	Перевод иностранной литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен	Интегрированный экзамен по модулю	Проект по модулю				
P1	Общие вопросы техники электрохимических измерений	39	9	1		8	30	30	10		20																							
P2	Стационарные методы исследования кинетики электрохимических систем	38	8	2		6	30	30	20		10																							
P3	Релаксационные методы исследования кинетики электрохимических систем	52	10	2		8	42	40	20		20													2	1									
P4	Метод фарадеевского импеданса	11	1	1			10	10	10																									
P5	Циклические методы	11	1	1			10	10	10																									
P6	Коррозионные испытания	11	1	1			10	10	10																									
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>162</b>	<b>85</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>132</b>	<b>130</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>							
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>180</b>	<b>30</b>				<b>150</b>																											
В т.ч. промежуточная аттестация																											0	18	0	0				

#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

По очной форме обучения

Код раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P1	1	Мытье посуды и ячейки. Приготовление растворов. Подготовка электродов	6
P1	2	Измерение удельной и эквивалентной электропроводности	6
P1	3	Исследование состава комплексного соединения методом потенциометрии	6
P2	4	Метод вращающегося дискового электрода	6
P3	5	Хроновольтамперометрия при линейном изменении потенциала	9
P3	6	Хроновольтамперометрия при постоянном потенциале	6
P3	7	Хронопотенциометрия при задании постоянного тока	6
P3	8	Хронопотенциометрия при линейном изменении тока	6
<b>Всего:</b>			51

По заочной форме обучения

Код раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P1	1	Мытье посуды и ячейки. Приготовление растворов. Подготовка электродов	2
P1	2	Измерение удельной и эквивалентной электропроводности	2
P1	3	Исследование состава комплексного соединения методом потенциометрии	2
P2	4	Метод вращающегося дискового электрода	6
P3	5	Хроновольтамперометрия при линейном изменении потенциала	2
P3	6	Хроновольтамперометрия при постоянном потенциале	2
P3	7	Хронопотенциометрия при задании постоянного тока	2
P3	8	Хронопотенциометрия при линейном изменении тока	2
<b>Всего:</b>			22

##### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрены.

##### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

###### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

По очной форме обучения

Домашняя работа № 1. Расчет кинетических параметров электрохимической системы по стационарным поляризационным кривым.

Домашняя работа № 2. Расчет параметров электрохимических систем по данным релаксационных исследований.

- 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ**  
Не предусмотрено.
- 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**  
Не предусмотрено.
- 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**  
Не предусмотрено.
- 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)**  
Не предусмотрено.
- 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ**  
По очной форме обучения:  
1. Определение кинетических параметров электродного процесса (по вариантам).
- 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)**  
Не предусмотрено.
- 4.4.1. Примерная тематика контрольных работ**  
По заочной форме обучения:  
1. Определение кинетических параметров электродного процесса (по вариантам)
- 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов**  
Не предусмотрено.

## 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента
P1		*		*							
P2	*	*		*							
P3	*	*		*							
P4	*	*		*							
P5		*		*							
P6		*		*							

## 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)**

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **9.1.1. Основная литература**

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. -М.: Химия ; КолосС, 2010. - 672 с.
2. Лукомский, Юрий Яковлевич. Физико-химические основы электрохимии: учеб. для хим. и хим.-технол. специальностей ун-та / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный: Интеллект, 2008. - 424 с.
3. Байрамов В.М. Основы электрохимии: Учебн. пособие. М.: Изд. центр «Академия», 2005.- 240 с.
4. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. - Изд. 7-е. - Москва: Альянс, 2007. - 448 с.

#### **9.1.2.Дополнительная литература**

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.В. Введение в электрохимическую кинетику. -2-е изд.- М.: Высшая школа, 1987.- 400 с.
3. Практикум по электрохимии / Под ред.Б.Б. Дамаскина: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.
4. Ротинян А.Л., Тихонов К.Н., Шошина Н.А. Теоретическая электрохимия: Учебное пособие. 1-е изд. Л.: Химия, 1981. – 424 с.
5. Практикум по электрохимии / Под ред.Б.Б. Дамаскина: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.
6. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: учеб. пособие / И. В. Тикунова, Н. В. Дробницкая, А. И. Артеменко, Н. Н. Гаркавая. - Москва: Высшая школа, 2009. - 413 с.
7. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. М.: Мир, 1974. 552 с.
8. Стойнов З.Б., Графов Б.М., Савово-Стойнова Б., Елкин В.В. Электрохимический импеданс. М.: Наука, 1991. 336 с.
9. Г. Хенце. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика. Пер с немецкого. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 284с.
10. Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. - 592с.

#### **9.2. Методические разработки**

Методы исследования кинетики электродных процессов: учебно-методическое пособие / В. М. Рудой, Т. Н. Останина, И. Б. Мурашова, А. Б. Даринцева. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 100 с.

#### **9.3. Программное обеспечение**

- операционная система Microsoft Windows;
- Microsoft Office в составе Word, Excel;
- пакет программ для научных исследований MATCAD;
- APPA Win DMM1005 - программное обеспечение для обработки данных с цифрового мультиметра APPA 109N;
- Solartron Corr View, Solartron CorrWare, Solartron ZPlot, Solartron ZView – программное обеспечение для обработки и представления экспериментальных данных испытательного электрохимического комплекса Solartron;
- SM Zive, EIS Analyzer – программное обеспечение для обработки и представления данных электрохимической рабочей станции ZiveSP2 и ZiveSP5;

- Nova 2.1 и Nova 1.12 – программное обеспечение для обработки и представления экспериментальных данных электрохимической испытательной станции AutoLAB.

#### **9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- <http://yandex.ru>, <http://google.ru>, <http://rambler.ru> – поисковые системы в Интернет;
- <http://www.chemport.ru/data>, <http://www.xumuk.ru> - электронные справочники по химии;
- <http://rushim.ru/books/electrochemistry/electrochemistry.htm> - электронная библиотека
- <http://www.galvanicrus.ru> сайт Российского общества гальванотехников и специалистов в области обработки поверхности
- <http://www.ise-online.org> International Society of Electrochemistry
- Википедия, свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org>
- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [www.study.urfu.ru](http://www.study.urfu.ru)
- Электронные ресурсы зональной библиотеки УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>
- Поисковая система публикаций научных изданий: <http://www.sciencedirect.com>

#### **9.5. Электронные образовательные ресурсы**

Не используются.

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

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащённой современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Лабораторные работы должны выполняться в специализированных классах, оснащённых:

- специализированной электрохимической лабораторией, в состав которой входят потенциостаты, мост переменного тока, источники питания, измерительные приборы, электрохимические ячейки, установки для очистки воды, средства приготовления растворов и т.п.;
- компьютерный класс для обработки экспериментальных данных.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины  
"Приборы и методы исследования электрохимических систем"

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – не предусмотрен, в том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов – не предусмотрен.**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций (17 лекций)</i>	7, 1-8	34
<i>СРС: Выполнение домашней работы по теме: Расчет кинетических параметров электрохимической системы по стационарным поляризационным кривым</i>	7, 1-8	33
<i>СРС: Выполнение домашней работы по теме: Расчет параметров электрохимических систем по данным релаксационных исследований</i>	7, 9-17	33
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: не предусмотрены.</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Выполнение лабораторных работ (8 работ)</i>	7, 9-17	50
<i>СРС: Выполнение расчетно-графической работы</i>	7, 9-17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1.</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
Не предусмотрено.

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 7	1,0

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**"Приборы и методы исследования электрохимических систем"**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.



**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**"Приборы и методы исследования электрохимических систем"**

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

Оценивание производится в соответствии с утвержденными на заседании кафедры критериями оценок и шкалой соответствия баллов системы оценивания БРС, предусмотренной Уставом УрФУ:

**80 – 100 баллов** выставляются студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, излагающему его последовательно, исчерпывающе, грамотно и логически стройно. Задача решена и студент правильно обосновывает принятое решение, а также отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

**60 – 79 баллов** выставляются студенту, твердо и прочно знающему программный материал и по существу излагающему его. Даны правильные ответы на теоретические вопросы, задача решена, а в ответах на билет и на дополнительные вопросы студент не допускает существенных неточностей.

**40 – 59 баллов** выставляется студенту, который знает большую часть программного материала, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. При решении задачи испытывает затруднения. Данное количество баллов может быть поставлено студенту и в том случае, если на два теоретических вопроса даны достаточно полные ответы без существенных неточностей, однако задача не решена, и с помощью наводящих вопросов преподавателя студент с задачей не справился.

**Менее 40 баллов** выставляются студенту, который отвечает лишь на один из трех вопросов. При ответе на дополнительные вопросы преподавателей выясняется, что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные неточности, задача не решена.

При обнаружении списывания выставляется 0 баллов.

## **8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий** Не предусмотрены.

### **8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

1. Рассчитать ток обмена водорода на Т1 электроде и величину перенапряжения водорода при плотности тока  $40 \text{ A/m}^2$  и температуре  $25^\circ\text{C}$ , если константы в уравнении Тафеля имеют следующие значения (В):  $a=1,55$  и  $b=0,14$ .

2. При снятии поляризационной кривой на ртутном каплюющем электроде были получены следующие данные при температуре  $25^\circ\text{C}$ :

J, мкА	2	8	20	33	68	92	99
E, В	-0,2209	-0,2392	-0,2525	-0,2611	-0,2795	-0,3008	-0,3279

Определить потенциал полуволны, число электронов, участвующих в электродной реакции.

3. Поляризационная кривая разряда металла снята гальванодинамическим методом при скорости изменения тока  $20 \text{ мкА/с}$ . Определить величину диффузионной плотности тока,

если коэффициент диффузии разряжающегося иона равен  $6 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ , заряд равен 2, концентрация разряжающихся ионов 0,15 моль/л, площадь электрода  $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$ .

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрены.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Измерение электропроводимости растворов электролитов. Мостовой метод
2. Использование метода стационарных поляризационных кривых для анализа процессов, протекающих в условиях замедленного разряда-ионизации. Определение равновесного потенциала и кинетических параметров процесса.
3. Использование метода стационарных поляризационных кривых для анализа процессов, протекающих в условиях смешанной кинетики. Определение кинетических параметров процесса для случая больших поляризаций.
4. Методика определения кинетических параметров электродного процесса, протекающего по механизму смешанной кинетики.
5. Анализ электродного процесса с помощью вращающегося дискового электрода. Определение природы замедленной стадии и порядка реакции с помощью вращающегося дискового электрода.
6. Определение кинетических параметров электродного процесса и порядка реакции с помощью вращающегося дискового электрода. Понятие кинетического тока.
7. Основы метода полярографии. Понятие мгновенного тока и среднего тока за период жизни капли. Уравнение Ильковича для среднего тока.
8. Определение кинетических параметров электродного процесса методом необратимой полярографической волны.
9. Метод вольтамперометрии при постоянном потенциале. Методика анализа обратимости процесса.
10. Метод вольтамперометрии при линейном изменении потенциала. Сравнение поляризационных зависимостей обратимых и необратимых процессов. Понятие тока пика.
11. Основы метода хронопотенциометрии при постоянном токе. Определение кинетических параметров электродного процесса (тока обмена и коэффициента переноса).
12. Метод хронопотенциометрии при постоянном токе. Определение емкости двойного слоя и кинетических параметров по кривым включения и выключения.
13. Зависимость тока обмена от концентрации разряжающихся ионов в растворе. Определение тока обмена и коэффициента переноса методом стационарных поляризационных кривых в случае малых поляризаций (на примере процессов, протекающих по механизму замедленного разряда).
14. Использование хронопотенциометрии при постоянном токе для анализа обратимых процессов. Потенциал четверти переходного времени. Методика проверки обратимости процесса.
15. Метод хронопотенциометрии при линейном изменении тока. Зависимость диффузионного тока от режима съема кривой.
16. Основы метода электрохимического импеданса. Понятия комплексного сопротивления и комплексной проводимости. Схема моста переменного тока.
17. Понятие об эквивалентной схеме ячейки. Двойнослойный импеданс.
18. Основные типы электродных импедансов: двойнослойный, сопротивление переноса заряда, диффузионный импеданс Варбурга, импеданс Эршлера-Рэндлса (смешанной кинетики). Изображение в схеме и зависимость от параметров электродного процесса (без вывода формул).
19. Графо-аналитический метод определения элементов импеданса.
20. Метод комплексной плоскости (метод Слюйтерса) определения элементов импеданса.

21. Метод хронопотенциометрии при линейном изменении тока. Зависимость диффузионного тока от режима съема кривой.
22. Основы метода электрохимического импеданса. Понятия комплексного сопротивления и комплексной проводимости. Схема моста переменного тока.
23. Понятие об эквивалентной схеме ячейки. Двойнослойный импеданс.
24. Основные типы электродных импедансов: двойнослойный, сопротивление переноса заряда, диффузионный импеданс Варбурга, импеданс Эршлера-Рэндлса (смешанной кинетики). Изображение в схеме и зависимость от параметров электродного процесса (без вывода формул).

**8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

Не предусмотрено.

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не предусмотрено.

**8.3.8. Интернет-тренажеры**

Не предусмотрено.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Химико-технологический институт

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии	<b>Код модуля</b> 1128721
<b>Образовательная программа</b> Химическая технология неорганических, органических веществ, природных энергоносителей и лекарственных препаратов	<b>Код ОП</b> 18.03.01/03.01
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.03.01
<b>Уровень подготовки</b> Прикладной бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> №1005 от 11.08.2016 г.

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Рудой Валентин Михайлович	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
2	Останина Татьяна Николаевна	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
3	Даринцева Анна Борисовна	к.х.н., доцент	доцент	ТЭХП	

**Руководитель модуля**

Т.Н. Останина

**Рекомендовано учебно-методическим советом Химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 8 от "10" октября 2018 г.

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина посвящена изучению основных методов исследования электрохимических систем и знакомству с наиболее широко используемыми приборами. Особое внимание уделяется методике проведения эксперимента и анализу полученных данных и закономерностей. Рассматриваются способы расчета электрохимических параметров, характеризующих электродный процесс и систему в целом.

Целью преподавания дисциплины является ознакомление с современными приборами и методами исследования сложных электрохимических процессов, овладение навыками экспериментального исследования, анализа и обработки полученных результатов. Изучение курса направлено на формирование у студентов навыков профессионального подхода к выбору эффективного технологического режима и условий электролиза.

## **1.2. Язык реализации программы - русский**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);
- способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа (ПК-10);
- способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);
- готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов (ПК-17);
- готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-20);
- способность использовать навыки математического моделирования для проведения технологических расчетов электрохимических процессов и оборудования; математико-статистического анализа экспериментальных данных; готовность использовать современные приборы и методы исследования электрохимических систем для выбора эффективного технологического режима и условий электролиза (ДПК-4).

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- знать физический смысл основных теоретических положений, лежащих в основе методов изучения электродных процессов;
- знать основные уравнения электрохимической кинетики.

**Уметь:**

- уметь грамотно выбрать метод исследования того или иного электродного процесса;
- уметь оценить ошибку в определении измеряемой величины;
- уметь квалифицированно поставить и провести эксперимент по изучению свойств электрохимической системы или кинетики электродных реакций.

**Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- владеть навыками анализа экспериментальных данных, подготовки и оформления отчетов по выполненной работе;
- владеть приемами проведения научных исследований;
- владеть методикой расчета параметров электрохимических реакций по экспериментальным данным.

**1.4. Объем дисциплины**

По очной форме обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	7
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>85</b>		<b>85</b>
2.	Лекции	34	34	34
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы	51	51	51
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>95</b>	<b>12,75</b>	<b>95</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Э</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>180</b>		<b>180</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>5</b>		<b>5</b>

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
P1	<b>Общие вопросы техники электрохимических измерений</b>	<p>Классификация методов исследования электрохимических систем. Общие вопросы техники измерений. Основные виды ошибок при измерении: инструментальные, случайные, систематические, ошибки косвенных измерений. Расчет случайной ошибки и ошибки в случае косвенных измерений.</p> <p>Методы измерения электропроводимости. Классификация методов измерения электропроводимости электролитов. Метод измерения электролитов на переменном токе (мостовой метод). Схема моста переменного тока. Источники ошибок при измерении сопротивления раствора мостовым методом. Способы уменьшения ошибок. Электрохимические ячейки для измерения сопротивления растворов. Понятие о постоянной ячейки. Расчет ошибки при определении постоянной ячейки и удельной электропроводимости электролита.</p> <p>Определение эквивалентной электропроводимости и электропроводимости при бесконечном разведении. Расчет ошибки при определении этих величин.</p>



		<p>Методы измерения электродных потенциалов и коэффициентов активности. Измерение равновесных потенциалов. Электрохимическая схема для измерения равновесного потенциала. Основные требования при измерении равновесного потенциала к изучаемому электроду, раствору и электроду сравнения. Расположение электролитического ключа в ячейке при измерении потенциала электрода под током.</p> <p>Измерение э.д.с. электрохимической ячейки. Отличие величины э.д.с. в равновесии и под током. Основные методы измерения э.д.с. электрохимической ячейки. Компенсационная схема измерения э.д.с. Преимущества компенсационного метода измерения. Приборы для измерения э.д.с.: потенциометры, высокоомные вольтметры.</p> <p>Измерение э.д.с. ячейки для определения стандартного потенциала и коэффициента активности.</p> <p>Определение состава комплексного соединения методом измерения электропроводимости электролита.</p> <p>Приборы и методы изучения кинетики электродных процессов. Классификация методов исследования кинетики электрохимических реакций. Приборы и схемы, используемые для изучения кинетики электродных реакций. Пассивные и активные регуляторы режима. Промышленные марки потенциостатов и их характеристики. Приборы для электрохимических исследований. Электрохимические ячейки и электроды. Методы подготовки электродов. Методы подготовки растворов. Подготовка посуды и электрохимической ячейки к проведению эксперимента.</p> <p>Методика изучения кинетики электрохимических процессов. Основные задачи при исследовании кинетики электродных процессов. Виды перенапряжений. Основные стадии электродного процесса. Скорость электрохимического превращения. Ток обмена и константа скорости электродной реакции, стандартный ток обмена.</p>
<p><b>P5</b></p>	<p><b>Стационарные методы исследования кинетики электрохимических систем</b></p>	<p>Условия, обеспечивающие стационарность поляризационных кривых. Общий вид поляризационных кривых при различных типах лимитирующих стадий (замедленный разряд, замедленная диффузия, смешанная кинетика, замедленная химическая реакция, замедленное образование новой фазы). Уравнения электрохимической кинетики для этих случаев. Обработка поляризационных кривых при малых, средних и больших перенапряжениях. Выяснение природы замедленной стадии электродного процесса. Определение кинетических параметров посредством обработки поляризационных кривых.</p> <p>Вывод уравнений поляризационных кривых, учитывающих перенапряжение диффузии и перехода. Определение тока обмена, коэффициента переноса и равновесного потенциала методом анализа поляризационных кривых. Определение стандартного тока обмена и константы скорости реакции. Определение коэффициента переноса по зависимости тока обмена от концентрации компонентов раствора.</p> <p>Уравнение поляризационной кривой в случае элек-</p>

		<p>тродной реакции, протекающей по механизму смешанной кинетики. Методика определения тока обмена и коэффициента переноса в условиях смешанной кинетики.</p> <p>Анализ поляризационных кривых в случае, когда скорость электродного процесса контролируется замедленной гомогенной химической реакцией, замедленной гетерогенной химической реакцией. Химическая реакция предшествует электродной реакции и следует за ней.</p> <p>Анализ электродных процессов комплексов металлов. Метод амальгамной полярографии. Методика определения состава комплекса, разряжающегося на электроде. Высшее координационное число комплекса, координационное число комплекса, участвующего в электродной реакции.</p> <p>Метод вращающегося дискового электрода. Физические основы метода. Уравнение предельной диффузионной плотности тока на вращающемся дисковом электроде. Определение коэффициента диффузии, концентрации разряжающихся ионов, числа электронов, участвующих в электродной реакции с помощью вращающегося дискового электрода. Использование методики вращающегося дискового электрода для определения замедленной стадии.</p> <p>Определение параметров электродных процессов и порядка реакции с помощью вращающегося дискового электрода. Разделение двух процессов, одновременно протекающих на электроде. Исследование электродных процессов с предшествующей химической реакцией.</p> <p>Вращающиеся электроды других форм. Вращающийся электрод с кольцом. Изучение стадийных процессов с помощью вращающегося дискового электрода с кольцом.</p> <p>Определение параметров электродного процесса методом полярографии. Принцип метода. Принципиальная схема полярографа. Особенности ртутного электрода. Съёмка полярограмм. Требования к растворам. Уравнение Ильковича для мгновенного тока, для среднего тока.</p> <p>Уравнение полярографической волны для обратимого электрохимического процесса. Анализ обратимых волн. Значение потенциалов полуволн и их определение. Определение характеристик комплексных соединений (координационного числа комплекса и константы нестойкости) методом анализа обратимых полярографических волн.</p> <p>Необратимые процессы. Анализ необратимых полярографических волн. Значение потенциалов полуволн необратимых процессов. Методика проверки обратимости процесса. Определение константы скорости электродной реакции, коэффициента переноса и равновесного потенциала.</p>
РЗ	<p><b>Релаксационные методы исследования электрохимических систем</b></p>	<p>Принципы релаксационных методов исследования электродных процессов. Приборы для проведения релаксационных методов исследования: осциллографы, потенциостаты. Основной потенциостатический метод. Определение замедленной стадии процесса и параметров электрохимической реакции.</p> <p>Хроновольтамперометрия при линейном изменении потенциала. Уравнение Рэндлса-Шевчика. Потенциал пика,</p>

		<p>ток пика. Сравнение поляризационных зависимостей для обратимых и необратимых процессов. Зависимость тока пика от скорости изменения потенциала. Другие формы изменения потенциала.</p> <p>Хронопотенциометрия. Основной гальваностатический метод. Уравнение Фика с начальными и граничными условиями. Частный случай решения задачи хронопотенциометрии (область малых перенапряжений).</p> <p>Хронопотенциометрия при малых токах и отсутствии диффузионных затруднений. Определение емкости двойного электрического слоя, тока обмена и коэффициента переноса по кривой включения. Анализ кривых выключения.</p> <p>Хронопотенциометрия при больших токах и значительных диффузионных ограничениях. Уравнение Карогланова-Санда. Переходное время. Обратимые процессы. Методика проверки обратимости процесса. Смешанная кинетика. Определение кинетических параметров электродного процесса в случае малых и больших перенапряжений. Последовательное восстановление двух ионов. Исследование электродных процессов с предшествующей реакцией первого порядка.</p> <p>Хронопотенциометрия при линейном изменении тока. Анализ хронопотенциограмм в случае последовательного восстановления двух ионов.</p>
<b>P4</b>	<b>Метод фарадеевского импеданса</b>	<p>Комплексное сопротивление в цепях переменного тока. Моста переменного тока. Принцип мостового метода измерения и понятие об эквивалентной схеме электролитической ячейки. Импеданс идеально поляризуемого электрода, сопротивление переноса заряда, диффузионный импеданс Варбурга. Вывод импеданса Эршлера-Рэндлса.</p> <p>Расчет элементов эквивалентной схемы. Метод Эршлера-Рэндлса. Графо-аналитический метод. Метод Слюйтерса (комплексной плоскости).</p>
<b>P5</b>	<b>Циклические методы</b>	<p>Циклические методы изучения электрохимических систем. Разновидности циклических методов. Циклическая хроноамперометрия. Циклическая хроновольтамперометрия. Хронопотенциометрия с изменением направления тока.</p>
<b>P6</b>	<b>Коррозионные испытания</b>	<p>Основные цели коррозионных исследований и испытаний. Основные правила коррозионных испытаний. Резистометрический метод определения скорости коррозии. Коррозионный мониторинг. Лабораторные методы исследования коррозионных процессов</p>

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.2. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)			Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																													
Код раздела	Наименование раздела	Всего по разделу (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)										Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации по модулю (час.)							
								Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конфер., коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*			Коллоквиум*						
P1	Общие вопросы техники электрохимических измерений	31	20	2		18	11	11	1		10																Зачет	Экзамен	Интегрированный экзамен по модулю	Проект по модулю				
P2	Стационарные методы исследования кинетики электрохимических систем	26	14	8		6	12	8	4		4	4	1																					
P3	Релаксационные методы исследования кинетики электрохимических систем	84	37	10		27	47	25	5		20						1																	
P4	Метод фарадеевского импеданса	15	10	10			5	5	5																									
P5	Циклические методы	3	2	2			1	1	1																									
P6	Коррозионные испытания	3	2	2			1	1	1																									
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>162</b>	<b>85</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>77</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>180</b>	<b>85</b>				<b>95</b>	В т.ч. промежуточная аттестация																				<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

По очной форме обучения

Код раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P1	1	Мытье посуды и ячейки. Приготовление растворов. Подготовка электродов	6
P1	2	Измерение удельной и эквивалентной электропроводности	6
P1	3	Исследование состава комплексного соединения методом потенциометрии	6
P2	4	Метод вращающегося дискового электрода	6
P3	5	Хроновольтамперометрия при линейном изменении потенциала	9
P3	6	Хроновольтамперометрия при постоянном потенциале	6
P3	7	Хронопотенциометрия при задании постоянного тока	6
P3	8	Хронопотенциометрия при линейном изменении тока	6
<b>Всего:</b>			51

##### 4.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

##### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

###### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

По очной форме обучения

Домашняя работа № 1. Расчет кинетических параметров электрохимической системы по стационарным поляризационным кривым.

Домашняя работа № 2. Расчет параметров электрохимических систем по данным релаксационных исследований.

###### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

###### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

###### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

###### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

###### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

По очной форме обучения:

1. Определение кинетических параметров электродного процесса (по вариантам).

###### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

###### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

По заочной форме обучения:

1. Определение кинетических параметров электродного процесса (по вариантам)

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1		*		*								
P2	*	*		*								
P3	*	*		*								
P4	*	*		*								
P5		*		*								
P6		*		*								

### 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

### 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

### 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

### 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 9.1. Рекомендуемая литература

##### 9.1.1. Основная литература

5. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. -М.: Химия ; КолосС, 2010. - 672 с.
6. Лукомский, Юрий Яковлевич. Физико-химические основы электрохимии: учеб. для хим. и хим.-технол. специальностей ун-та / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный: Интеллект, 2008. - 424 с.
7. Байрамов В.М. Основы электрохимии: Учебн. пособие. М.: Изд. центр «Академия», 2005.- 240 с.
8. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. - Изд. 7-е. - Москва: Альянс, 2007. - 448 с.

##### 9.1.2.Дополнительная литература

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.В. Введение в электрохимическую кинетику. -2-е изд.- М.: Высшая школа, 1987.- 400 с.

3. Практикум по электрохимии / Под ред. Б.Б. Дамаскина: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.
4. Ротинян А.Л., Тихонов К.Н., Шошина Н.А. Теоретическая электрохимия: Учебное пособие. 1-е изд. Л.: Химия, 1981. – 424 с.
5. Практикум по электрохимии / Под ред. Б.Б. Дамаскина: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.
6. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: учеб. пособие / И. В. Тикунова, Н. В. Дробницкая, А. И. Артеменко, Н. Н. Гаркавая. - Москва: Высшая школа, 2009. - 413 с.
7. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. М.: Мир, 1974. 552 с.
8. Стойнов З.Б., Графов Б.М., Савово-Стойнова Б., Елкин В.В. Электрохимический импеданс. М.: Наука, 1991. 336 с.
9. Г. Хенце. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика. Пер с немецкого. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 284с.
10. Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. - 592с.

## 9.2. Методические разработки

Методы исследования кинетики электродных процессов: учебно-методическое пособие / В. М. Рудой, Т. Н. Останина, И. Б. Мурашова, А. Б. Даринцева. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 100 с.

## 9.3. Программное обеспечение

- операционная система Microsoft Windows;
- Microsoft Office в составе Word, Excel;
- пакет программ для научных исследований MATCAD;
- APPA Win DMM1005 - программное обеспечение для обработки данных с цифрового мультиметра APPA 109N;
- Solartron Corr View, Solartron CorrWare, Solartron ZPlot, Solartron ZView – программное обеспечение для обработки и представления экспериментальных данных испытательного электрохимического комплекса Solartron;
- SM Zive, EIS Analyzer – программное обеспечение для обработки и представления данных электрохимической рабочей станции ZiveSP2 и ZiveSP5;
- Nova 2.1 и Nova 1.12– программное обеспечение для обработки и представления экспериментальных данных электрохимической испытательной станции AutoLAB.

## 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- <http://yandex.ru>, <http://google.ru>, <http://rambler.ru> – поисковые системы в Интернет;
- <http://www.chemport.ru/data>, <http://www.xumuk.ru> - электронные справочники по химии;
- <http://rushim.ru/books/electrochemistry/electrochemistry.htm> - электронная библиотека
- <http://www.galvanicrus.ru> сайт Российского общества гальванотехников и специалистов в области обработки поверхности
- <http://www.ise-online.org> International Society of Electrochemistry
- Википедия, свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org>
- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [www.study.urfu.ru](http://www.study.urfu.ru)
- Электронные ресурсы зональной библиотеки УрФУ <http://lib.urfu.ru>
- Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>
- Поисковая система публикаций научных изданий: <http://www.sciencedirect.com>

## 9.5. Электронные образовательные ресурсы

Не используются.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащённой современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Лабораторные работы должны выполняться в специализированных классах, оснащённых:

- специализированной электрохимической лабораторией, в состав которой входят потенциостаты, мост переменного тока, источники питания, измерительные приборы, электрохимические ячейки, установки для очистки воды, средства приготовления растворов и т.п.;
- компьютерный класс для обработки экспериментальных данных.



**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины  
"Приборы и методы исследования электрохимических систем"

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – не предусмотрен, в том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов – не предусмотрен.**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций (17 лекций)</i>	7, 1-8	34
<i>СРС: Выполнение домашней работы по теме: Расчет кинетических параметров электрохимической системы по стационарным поляризационным кривым</i>	7, 1-8	33
<i>СРС: Выполнение домашней работы по теме: Расчет параметров электрохимических систем по данным релаксационных исследований</i>	7, 9-17	33
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: не предусмотрены.</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Выполнение лабораторных работ (8 работ)</i>	7, 9-17	50
<i>СРС: Выполнение расчетно-графической работы</i>	7, 9-17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1.</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
Не предусмотрено.

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 7	1,0

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**"Приборы и методы исследования электрохимических систем"**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**"Приборы и методы исследования электрохимических систем"**

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

Оценивание производится в соответствии с утвержденными на заседании кафедры критериями оценок и шкалой соответствия баллов системы оценивания БРС, предусмотренной Уставом УрФУ:

**80 – 100 баллов** выставляются студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, излагающему его последовательно, исчерпывающе, грамотно и логически стройно. Задача решена и студент правильно обосновывает принятое решение, а также отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

**60 – 79 баллов** выставляются студенту, твердо и прочно знающему программный материал и по существу излагающему его. Даны правильные ответы на теоретические вопросы, задача решена, а в ответах на билет и на дополнительные вопросы студент не допускает существенных неточностей.

**40 – 59 баллов** выставляется студенту, который знает большую часть программного материала, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. При решении задачи испытывает затруднения. Данное количество баллов может быть поставлено студенту и в том случае, если на два теоретических вопроса даны достаточно полные ответы без существенных неточностей, однако задача не решена, и с помощью наводящих вопросов преподавателя студент с задачей не справился.

**Менее 40 баллов** выставляются студенту, который отвечает лишь на один из трех вопросов. При ответе на дополнительные вопросы преподавателей выясняется, что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные неточности, задача не решена.

При обнаружении списывания выставляется 0 баллов.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрены.

### 8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

1. Рассчитать ток обмена водорода на Т1 электроде и величину перенапряжения водорода при плотности тока  $40 \text{ A/m}^2$  и температуре  $25^\circ\text{C}$ , если константы в уравнении Тафеля имеют следующие значения (В):  $a=1,55$  и  $b=0,14$ .

2. При снятии поляризационной кривой на ртутном каплюющем электроде были получены следующие данные при температуре  $25^\circ\text{C}$ :

J, мкА	2	8	20	33	68	92	99
E, В	-0,2209	-0,2392	-0,2525	-0,2611	-0,2795	-0,3008	-0,3279

Определить потенциал полуволны, число электронов, участвующих в электродной реакции.

3. Поляризационная кривая разряда металла снята гальванодинамическим методом при скорости изменения тока  $20 \text{ мкА/с}$ . Определить величину диффузионной плотности тока,

если коэффициент диффузии разряжающегося иона равен  $6 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ , заряд равен 2, концентрация разряжающихся ионов 0,15 моль/л, площадь электрода  $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$ .

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрены.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Измерение электропроводимости растворов электролитов. Мостовой метод
2. Использование метода стационарных поляризационных кривых для анализа процессов, протекающих в условиях замедленного разряда-ионизации. Определение равновесного потенциала и кинетических параметров процесса.
3. Использование метода стационарных поляризационных кривых для анализа процессов, протекающих в условиях смешанной кинетики. Определение кинетических параметров процесса для случая больших поляризаций.
4. Методика определения кинетических параметров электродного процесса, протекающего по механизму смешанной кинетики.
5. Анализ электродного процесса с помощью вращающегося дискового электрода. Определение природы замедленной стадии и порядка реакции с помощью вращающегося дискового электрода.
6. Определение кинетических параметров электродного процесса и порядка реакции с помощью вращающегося дискового электрода. Понятие кинетического тока.
7. Основы метода полярографии. Понятие мгновенного тока и среднего тока за период жизни капли. Уравнение Ильковича для среднего тока.
8. Определение кинетических параметров электродного процесса методом необратимой полярографической волны.
9. Метод вольтамперометрии при постоянном потенциале. Методика анализа обратимости процесса.
10. Метод вольтамперометрии при линейном изменении потенциала. Сравнение поляризационных зависимостей обратимых и необратимых процессов. Понятие тока пика.
11. Основы метода хронопотенциометрии при постоянном токе. Определение кинетических параметров электродного процесса (тока обмена и коэффициента переноса).
12. Метод хронопотенциометрии при постоянном токе. Определение емкости двойного слоя и кинетических параметров по кривым включения и выключения.
13. Зависимость тока обмена от концентрации разряжающихся ионов в растворе. Определение тока обмена и коэффициента переноса методом стационарных поляризационных кривых в случае малых поляризаций (на примере процессов, протекающих по механизму замедленного разряда).
14. Использование хронопотенциометрии при постоянном токе для анализа обратимых процессов. Потенциал четверти переходного времени. Методика проверки обратимости процесса.
15. Метод хронопотенциометрии при линейном изменении тока. Зависимость диффузионного тока от режима съема кривой.
16. Основы метода электрохимического импеданса. Понятия комплексного сопротивления и комплексной проводимости. Схема моста переменного тока.
17. Понятие об эквивалентной схеме ячейки. Двойнослойный импеданс.
18. Основные типы электродных импедансов: двойнослойный, сопротивление переноса заряда, диффузионный импеданс Варбурга, импеданс Эршлера-Рэндлса (смешанной кинетики). Изображение в схеме и зависимость от параметров электродного процесса (без вывода формул).
19. Графо-аналитический метод определения элементов импеданса.
20. Метод комплексной плоскости (метод Слюйтерса) определения элементов импеданса.

21. Метод хронопотенциометрии при линейном изменении тока. Зависимость диффузионного тока от режима съема кривой.
22. Основы метода электрохимического импеданса. Понятия комплексного сопротивления и комплексной проводимости. Схема моста переменного тока.
23. Понятие об эквивалентной схеме ячейки. Двойнослойный импеданс.
24. Основные типы электродных импедансов: двойнослойный, сопротивление переноса заряда, диффузионный импеданс Варбурга, импеданс Эршлера-Рэндлса (смешанной кинетики). Изображение в схеме и зависимость от параметров электродного процесса (без вывода формул).

**8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

Не предусмотрено.

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не предусмотрено.

**8.3.8. Интернет-тренажеры**

Не предусмотрено.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Химико-технологический институт

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии	<b>Код модуля</b> 1128721
<b>Образовательная программа</b> Химическая технология неорганических, органических веществ, природных энергоносителей и лекарственных препаратов	<b>Код ОП</b> 18.03.01/01.01
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.03.01
<b>Уровень подготовки</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> №1005 от 11.08.2018 г.

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Рудой Валентин Михайлович	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
2	Останина Татьяна Николаевна	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
3	Никитин Вячеслав Сергеевич		ассистент	ТЭХП	
4	Трофимов Алексей Алексеевич		ассистент	ТЭХП	

**Руководитель модуля**

Т.Н. Останина

**Рекомендовано учебно-методическим советом Химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета ХТИ  
Протокол № 8 от "10" октября 2018 г.

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ



# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ "ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ"**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина посвящена изучению методов моделирования электрохимических систем и использованию ЭВМ в профессиональной деятельности бакалавра в области электрохимических производств. Рассматриваются основные типы моделей и методы математического моделирования.

Целью преподавания дисциплины является дать представление об основных типах моделей, используемых для описания электрохимических процессов. Научить пользоваться методами статистической обработки данных (метод регрессионного анализа, метод планированного эксперимента) для построения эмпирических моделей, а также составлять функциональные аналитические модели электрохимических процессов с целью управления технологическим процессом.

Сформировать практические навыки применения ЭВМ в различных сферах производственной и научной деятельности: выполнении научно-технических расчетов, проектировании работы электрохимических аппаратов, управлении технологическими процессами, при проведении научных исследований и оптимизации технологических процессов.

## **1.2. Язык реализации программы - русский**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);
- готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности (ПК-3);
- способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);
- готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива (ПК-21);
- готовность использовать информационные технологии при разработке проектов (ПК-22);
- способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива (ПК-23);
- способность использовать навыки математического моделирования для проведения технологических расчетов электрохимических процессов и оборудования; математико-статистического анализа экспериментальных данных; готовность использовать современные приборы и методы исследования электрохимических систем для выбора эффективного технологического режима и условий электролиза (ДПК-4-ТОП1).

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- современные представления о методах математического моделирования технологических процессов;
- основные типы моделей, применяемых для описания электрохимических процессов;
- основные методы построения эмпирических моделей на основе экспериментальных данных.

**Уметь:**

- построить математическую модель электрохимического процесса;
- разработать алгоритм оптимизации процесса в условиях неопределенности цели;
- самостоятельно работать на компьютере с использованием основного набора прикладных программ.

**Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- навыками составления алгоритма математической модели и проведения расчетов на ЭВМ в среде прикладных программ из математического обеспечения ЭВМ;
- навыками выполнения математико-статистического анализа экспериментальных данных;
- навыками организации и обработки результатов планированного эксперимента;
- навыками выполнения основных технологических расчетов современных электрохимических аппаратов с целью интенсификации процесса и получения продуктов высокого качества.

**1.4. Объем дисциплины**

*По очной форме обучения*

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
				7
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	<b>85</b>
2.	Лекции	34	34	34
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы	51	51	51
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>131</b>	<b>12,75</b>	<b>131</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>0,25</b>	<b>Э</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>216</b>		<b>216</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>6</b>		<b>6</b>

*По заочной форме обучения*

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
				7
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
2.	Лекции	8	8	8
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы	22	22	22
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>186</b>	<b>4,5</b>	<b>186</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>4</b>	<b>0,25</b>	<b>3</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>216</b>		<b>216</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>6</b>		<b>6</b>

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
Р1	Общие сведения о моделях	<p>Математическая и компьютерная модель. Классификация моделей. Структурные и функциональные модели. Стохастические и детерминированные модели. Стационарные и нестационарные модели. Теоретические и эмпирические способы получения моделей. Принцип декомпозиции. Иерархия моделей.</p>
Р2	Принципы построения математических моделей	<p>Основные и побочные размерности в СИ. Анализ размерностей при построении моделей. Матрица размерностей. Фундаментальные законы физики при построении моделей. Модель экстракции вещества. Этапы построения модели.</p> <p>Случайная величина. Дискретные и непрерывные случайные величины. Законы распределения случайных величин. Функция распределения. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение. Равномерное распределение. Нормальное распределение. Показательное распределение. Распределение Пуассона.</p>
Р3	Построение моделей на основе фундаментальных законов	<p>Модели жидкостных и газовых потоков. Модель барботажа гальванической ванны с циркуляцией электролита для стационарного режима работы. Модель свободного истечения жидкости из емкости. Модель зоны идеального смешения (ЗИС). Алгоритм моделирования процесса изменения состава раствора в ЗИС.</p> <p>Уравнения нестационарного теплового баланса ЗИС. Полная нестационарная модель ЗИС. Стационарная модель ЗИС. Алгоритм решения.</p> <p>Типы источников вещества. Изменение количества вещества за счет химической реакции. Изменения количества вещества за счет переноса (диффузии, фильтрации, миграции). Скорость изменения количества вещества при переходе из ЗИС в контактирующую среду. Скорость изменения количества вещества при переходе из контактирующей среды в ЗИС. Скорость изменения количества вещества за счет электрохимической реакции.</p> <p>Источники тепла за счет химических реакций. Источники тепла за счет явлений переноса. Источники тепла за счет перехода в другое агрегатное состояние. Источники тепла за счет подведения электрической энергии.</p> <p>Модель зоны идеального вытеснения (ЗИВ). Особенности модели ЗИВ. Нестационарная модель. Стационарная модель. Расчет по длине зоны.</p> <p>Уравнения теплового баланса стационарной и нестационарной модели ЗИВ. Источники вещества в ЗИС. Источники тепла в ЗИС.</p>
Р4	Построение математических моделей электролизеров	<p>Математическая модель ванны рафинирования меди. Технологическая схема. Допущения при построении моделей. Математическая модель динамики изменения состава электролита. Модель накопления катодного металла. Модель расхода анодов. Модель сборной емкости.</p>

<b>P5</b>	Построение эмпирических моделей	<p>Модели неидеальных потоков. Диффузионная модель для стационарного случая в зонах, подобных ЗИВ. Ячеечная модель. Комбинированные модели. Оценка адекватности модели. Критерий Фишера. Пути коррекции модели.</p> <p>Эмпирические модели. Этапы построения эмпирических моделей. Параметры моделей. Выбор модели. Вычисление коэффициентов линейной модели.</p> <p>Оценка эмпирической модели. Оценка значимости линейной модели. Определение адекватности линейного уравнения. Определение дисперсии ошибок. Остаточная дисперсия. Ошибка определения коэффициентов и параметров выхода по уравнению регрессии. Ошибка определения параметра выхода.</p> <p>Метод наименьших квадратов в матричной форме. Эмпирическое уравнение множественной регрессии. Определение коэффициентов уравнения. Коэффициенты парной корреляции. Нормированное уравнение регрессии. Определение значимости множественного уравнения регрессии. Переход к натуральному масштабу. Оценка значимости коэффициентов и их доверительный интервал в стандартизованном масштабе.</p>
<b>P6</b>	Математическое планирование эксперимента	<p>Математическое планирование эксперимента для построения линейного уравнения регрессии. Применение и ограничения метода планированного эксперимента. Последовательность проведения планированного эксперимента. Полный факторный эксперимент. Обработка результатов планированного эксперимента. Анализ влияния концентрации ионов никеля на параметры процесса электроэкстракции.</p>
<b>P7</b>	Оптимизация химико-технологических процессов	<p>Оптимизация процесса. Этапы оптимизации. Критерий оптимальности. Неопределенности в формировании критерия оптимальности. Способы преодоления неопределенности. Линейная свертка. Использование контрольных показателей. Введение метрики в пространстве целевых функций. Использование критериев в качестве ограничений.</p>

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины





#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

По очной форме обучения

Код раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P3	1	Mathcad. Арифметические и алгебраические операции, построение функций и редактирование в MathCad.	8
P3	2	Mathcad. Встроенные функции MathCad. Построение массивов и графиков	7
P3	3	Mathcad. Вычисление производных и интегралов. Решение алгебраических уравнений.	4
P3	4	Mathcad. Решение систем дифференциальных уравнений.	4
P5	5	Mathcad. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Программирование в среде MathCad	4
P3	6	Excel. Построение таблицы решения и работа с графиками	4
P5	7	Excel. Статистический анализ экспериментальных данных	4
P4	8	Excel. Нестационарный материальный баланс	8
P4	9	Excel. Стационарный материальный баланс	4
P6	10	Excel. Планирование эксперимента и обработка данных	4
<b>Всего:</b>			51

По заочной форме обучения

Код раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P3	1	Mathcad. Арифметические и алгебраические операции, построение функций и редактирование в MathCad.	2
P3	2	Mathcad. Встроенные функции MathCad. Построение массивов и графиков	4
P3	3	Mathcad. Вычисление производных и интегралов. Решение алгебраических уравнений.	2
P3	4	Mathcad. Решение систем дифференциальных уравнений.	2
P5	5	Mathcad. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Программирование в среде MathCad	2
P3	6	Excel. Построение таблицы решения и работа с графиками	2
P5	7	Excel. Статистический анализ экспериментальных данных	2
P4	8	Excel. Нестационарный материальный баланс	2
P4	9	Excel. Стационарный материальный баланс	2
P6	10	Excel. Планирование эксперимента и обработка данных	2
<b>Всего:</b>			22

##### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрено.

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

#### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

*Для очной формы обучения:*

Расчетная работа №1. Моделирование коррозии цинка в серной кислоте

Расчетная работа №2. Расчет теплового баланса.

Расчетная работа № 3. Расчет нестационарного материального баланса ванны рафинирования меди по заданным параметрам

Расчетная работа № 4. Расчет стационарного материального баланса ванны рафинирования меди по заданным параметрам

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

*Для очной и заочной формы обучения:*

Контрольная работа №1. Применение PTC Mathcad для инженерных расчетов.

Контрольная работа №2. Применение Excel для расчета статистических параметров и уравнений регрессии. Расчет материального баланса.

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

## 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1				*								
P2				*								
P3				*								
P4				*								
P5				*								
P6				*								
P7				*								



6. **ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)**
7. **ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)**
8. **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)**
9. **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### 9.1. Рекомендуемая литература

##### 9.1.1. Основная литература

1. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие [Электронный ресурс] / Закгейм А.Ю. - М. : Логос, 2012. — 304 с. <http://www.biblioclub.ru/book/84988>.
2. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии: учеб. для хим. и хим.-технол. специальностей ун-та / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 424 с.
3. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD. - 2-е изд., доп. - Москва: Горячая Линия - Телеком, 2011. - 320 с.
4. Лесин В.В. Основы методов оптимизации: учеб. пособие / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. - Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. - 352 с.
5. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов ; [ред. Е.Ю. Ходан]. — 2-е изд., испр. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 320 с

##### 9.1.2. Дополнительная литература

1. Виноградов С.С. Промывные операции в гальваническом производстве. - М.: Глобус, 2007. - 157 с.
2. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. -М.: Глобус, 2005. – 256 с.
3. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. - М.: Техносфера, 2006. - 216 с.
4. Набойченко С.С., Ничипоренко О.С., Мурашова И.Б., Гопиенко В.Г., Нейков О.Д., Фришберг И.В. Порошки цветных металлов. М.: Metallurgia, 1997. - 542 с.
5. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. М.: Техносфера, 2006. - 216 с.
6. Очков В.Ф. Советы пользователям MathCAD. М.: Издательство МЭИ, 2001. - 196 с.
7. Кошель Н.Д. Материальные процессы в электрохимических аппаратах. Моделирование и расчет. Киев-Донецк: Вища школа, 1986. - 192 с.
8. Зарубин В.В. Математическое моделирование в технике; Учебн. пособие для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2001. - 496 с.
9. Введение в математическое моделирование. Учебн. пособие / Под ред. П.В.Трусова. М.: Логос, 2005. - 440 с.
10. Рудой В.М., Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Зайков Ю.П. Технологические расчеты оборудования электрохимических производств. Часть1. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2006. - 81 с.
11. Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов. М.: Машиностроение, 1994. - 191 с.
12. Набойченко С.С., Юнь А.А. Расчеты гидрометаллургических процессов. М.: МИСИС, 1995. - 428 с.
13. Козлов В.А., Набойченко С.С., Смирнов Б.Н. Рафинирование меди. М.: Metallurgia, 1992. - 256 с.

14. Гидрометаллургия цинка (очистка растворов и электролиз). /Л.А. Казанбаев, П.А. Козлов, В.Л. Кубасов, А.В. Колесников. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006. - 176 с.

## **9.2. Методические разработки**

1. Технологические расчеты оборудования электрохимических производств. Часть 1. / Рудой В.М., Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Останин Н.И., Зайков Ю.П. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 81 с.
2. Расчет электрохимических процессов в пакете MathCAD / Рудой В.М., Даянов А.Д., Останина Т.Н., Даринцева А.Б. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. - 56 с.
3. Технологические расчеты электрохимического оборудования. Часть II. Рудой В.М., Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Останин Н.И., Зайков Ю.П. Екатеринбург: УрФУ, 2012. - 69 с.

## **9.3. Программное обеспечение**

- операционная система Microsoft Windows;
- Word, Excel в составе Microsoft Office;
- пакет программ для научных исследований MATCAD.

## **9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- <http://yandex.ru>, <http://google.ru>, <http://rambler.ru> – поисковые системы в Интернет;
- <http://www.chemport.ru/data>, <http://www.xumuk.ru> - электронные справочники по химии;
- <http://rushim.ru/books/electrochemistry/electrochemistry.htm> - электронная библиотека
- <http://www.galvanicus.ru> сайт Российского общества гальванотехников и специалистов в области обработки поверхности
- <http://www.ise-online.org> International Society of Electrochemistry
- Википедия, свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org>
- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [www.study.urfu.ru](http://www.study.urfu.ru)
- Электронные ресурсы зональной библиотеки УрФУ <http://lib.urfu.ru>

## **9.5. Электронные образовательные ресурсы**

Не используются.

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

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Лабораторные работы должны выполняться в компьютерном классе, оснащённом:

- персональными компьютерами с установленным программным обеспечением в соответствии с тематикой дисциплины.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины  
"Применение ЭВМ в электрохимической технологии"

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – не предусмотрен, в том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов – не предусмотрен.**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций (17 лекций)</i>	7, 1-8	20
<i>Расчетная работа №1</i>	7, 9-17	20
<i>Расчетная работа №2</i>	7, 9-17	20
<i>Расчетная работа №3</i>	7, 9-17	20
<i>Расчетная работа №4</i>	7, 9-17	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: не предусмотрены.</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Контрольная работа №1</i>	7, 9-17	40
<i>Контрольная работа №1</i>	7, 9-17	40
<i>Выполнение лабораторных работ (10 работ)</i>	7, 9-17	10 x 2 = 20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - 1.</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
Не предусмотрено.

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 7	1,0

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**"Применение ЭВМ для электрохимической технологии"**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
к рабочей программе дисциплины  
"Применение ЭВМ для электрохимической технологии"

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

Оценивание производится в соответствии с утвержденными на заседании кафедры критериями оценок и шкалой соответствия баллов системы оценивания БРС, предусмотренной Уставом УрФУ:

**80 – 100 баллов** выставляются студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, излагающему его последовательно, исчерпывающе, грамотно и логически стройно. Задача решена и студент правильно обосновывает принятое решение, а также отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

**60 – 79 баллов** выставляются студенту, твердо и прочно знающему программный материал и по существу излагающему его. Даны правильные ответы на теоретические вопросы, задача решена, а в ответах на билет и на дополнительные вопросы студент не допускает существенных неточностей.

**40 – 59 баллов** выставляется студенту, который знает большую часть программного материала, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. При решении задачи испытывает затруднения. Данное количество баллов может быть поставлено студенту и в том случае, если на два теоретических вопроса даны достаточно полные ответы без существенных неточностей, однако задача не решена, и с помощью наводящих вопросов преподавателя студент с задачей не справился.

**Менее 40 баллов** выставляются студенту, который отвечает лишь на один из трех вопросов. При ответе на дополнительные вопросы преподавателей выясняется, что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные неточности, задача не решена.

При обнаружении списывания выставляется 0 баллов.

## **8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий** Не предусмотрены.

### **8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

1. С помощью метода наименьших квадратов в матричной форме по экспериментальным данным найти коэффициенты уравнения регрессии  $Y_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i}$  и определить значимость полученного уравнения. Для определения табличных значений критерия Фишера использовать функцию  $F_{PACПOБP}(\beta; f_1; f_2)$  в пакете EXCEL.

№ опыта	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
1	1,5	30	0,94
2	2,0	25	0,80
3	2,7	22	0,75
4	1,2	35	0,85

2. По приведенным данным построить линейное уравнение регрессии и определить его значимость и адекватность.

X	1	2	3	4	5	6	7	8	5
Y	4	5	4,5	6	6	7,5	8	9	5,5

Для определения табличных значений критерия Фишера использовать функцию FРАС-ПОБР( $\beta$ ;  $f_1$ ;  $f_2$ ) в пакете EXCEL.

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрены.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Определение математической модели. Функциональные модели: аналитические, имитационные, комбинированные.
2. Детерминированные и стохастические математические модели.
3. Понятие о случайной величине. Закон распределения случайных величин Гаусса. Нормированное распределение. Вероятность попадания случайной величины в заданный интервал.
4. Выборочные характеристики генеральной совокупности (среднее, выборочная дисперсия, дисперсия среднего). Доверительный интервал среднего.
5. Анализ размерностей при построении моделей. Вывод закона Фарадея на основе анализа размерностей.
6. Матрица размерностей и её свойства и характеристики. Безразмерная форма представления модели.
7. Модели жидкостных и газовых потоков.
8. Материальный баланс нестационарной модели ЗИС.
9. Тепловой баланс модели ЗИС.
10. Источники вещества в ЗИС.
11. Материальный баланс модели ЗИВ.
12. Тепловой баланс модели ЗИВ.
13. Модели неидеальных потоков.
14. Построение и анализ эмпирических моделей.
15. Метод наименьших квадратов (МНК) для одной независимой переменной. Определение среднеквадратических ошибок коэффициентов модели и прогноза.
16. Определение значимости и адекватности линейной модели.
17. Метод наименьших квадратов в матричной форме. Определение значимости множественного уравнения регрессии.
18. Понятие о коэффициенте корреляции. Коэффициент парной корреляции, коэффициент множественной корреляции.
19. Методы преодоления неопределенности целей (линейная свертка критериев, использование контрольных показателей, введение метрики в пространство целевых функций, использование ограничений).
20. Оптимизация химико-технологических процессов. Критерий оптимальности.
21. Математическое планирование эксперимента для построения линейных моделей.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено.

### 8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не предусмотрено.

### 8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не предусмотрено.

### 8.3.8. Интернет-тренажеры

Не предусмотрено.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Химико-технологический институт

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Математические методы в экспериментальной и прикладной электрохимии	<b>Код модуля</b> 1128721
<b>Образовательная программа</b> Химическая технология неорганических, органических веществ, природных энергоносителей и лекарственных препаратов	<b>Код ОП</b> 18.03.01/03.01
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.03.01
<b>Уровень подготовки</b> Прикладной бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> №1005 от 11.08.2018 г.

Екатеринбург, 2018



Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Рудой Валентин Михайлович	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
2	Останина Татьяна Николаевна	д.х.н., профессор	профессор	ТЭХП	
3	Никитин Вячеслав Сергеевич		ассистент	ТЭХП	
4	Трофимов Алексей Алексеевич		ассистент	ТЭХП	

**Руководитель модуля**

Т.Н. Останина

**Рекомендовано учебно-методическим советом Химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета ХТИ  
Протокол № 8 от "10" октября 2018 г.

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ "ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ"

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина посвящена изучению методов моделирования электрохимических систем и использованию ЭВМ в профессиональной деятельности бакалавра в области электрохимических производств. Рассматриваются основные типы моделей и методы математического моделирования.

Целью преподавания дисциплины является дать представление об основных типах моделей, используемых для описания электрохимических процессов. Научить пользоваться методами статистической обработки данных (метод регрессионного анализа, метод планированного эксперимента) для построения эмпирических моделей, а также составлять функциональные аналитические модели электрохимических процессов с целью управления технологическим процессом.

Сформировать практические навыки применения ЭВМ в различных сферах производственной и научной деятельности: выполнении научно-технических расчетов, проектировании работы электрохимических аппаратов, управлении технологическими процессами, при проведении научных исследований и оптимизации технологических процессов.

## 1.2. Язык реализации программы - русский

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);
- способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);
- готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива (ПК-21);
- готовность использовать информационные технологии при разработке проектов (ПК-22);
- способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива (ПК-23);
- способность использовать навыки математического моделирования для проведения технологических расчетов электрохимических процессов и оборудования; математико-статистического анализа экспериментальных данных; готовность использовать современные приборы и методы исследования электрохимических систем для выбора эффективного технологического режима и условий электролиза (ДПК-4).

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- современные представления о методах математического моделирования технологических процессов;
- основные типы моделей, применяемых для описания электрохимических процессов;

– основные методы построения эмпирических моделей на основе экспериментальных данных.

**Уметь:**

– построить математическую модель электрохимического процесса;  
 – разработать алгоритм оптимизации процесса в условиях неопределенности цели;  
 – самостоятельно работать на компьютере с использованием основного набора прикладных программ.

**Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

– навыками составления алгоритма математической модели и проведения расчетов на ЭВМ в среде прикладных программ из математического обеспечения ЭВМ;  
 – навыками выполнения математико-статистического анализа экспериментальных данных;  
 - навыками организации и обработки результатов планированного эксперимента;  
 - навыками выполнения основных технологических расчетов современных электрохимических аппаратов с целью интенсификации процесса и получения продуктов высокого качества.

**1.4. Объем дисциплины**

*По очной форме обучения*

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
				7
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	<b>85</b>
<b>2.</b>	Лекции	34	34	34
<b>3.</b>	Практические занятия			
<b>4.</b>	Лабораторные работы	51	51	51
<b>5.</b>	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>131</b>	<b>12,75</b>	<b>131</b>
<b>6.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>0,25</b>	<b>Э</b>
<b>7.</b>	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>216</b>		<b>216</b>
<b>8.</b>	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>6</b>		<b>6</b>

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
<b>P1</b>	Общие сведения о моделях	Математическая и компьютерная модель. Классификация моделей. Структурные и функциональные модели. Стохастические и детерминированные модели. Стационарные и нестационарные модели. Теоретические и эмпирические способы получения моделей. Принцип декомпозиции. Иерархия моделей.
<b>P2</b>	Принципы построения математических моделей	Основные и побочные размерности в СИ. Анализ размерностей при построении моделей. Матрица размерностей. Фундаментальные законы физики при построении моделей. Модель экстракции вещества. Этапы построения модели.  Случайная величина. Дискретные и непрерывные случайные величины. Законы распределения случайных величин. Функция распределения. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение. Равномерное распре-

		<p>деление. Нормальное распределение. Показательное распределение. Распределение Пуассона.</p>
<b>Р3</b>	<p>Построение моделей на основе фундаментальных законов</p>	<p>Модели жидкостных и газовых потоков. Модель барботажа гальванической ванны с циркуляцией электролита для стационарного режима работы. Модель свободного истечения жидкости из емкости. Модель зоны идеального смешения (ЗИС). Алгоритм моделирования процесса изменения состава раствора в ЗИС.</p> <p>Уравнения нестационарного теплового баланса ЗИС. Полная нестационарная модель ЗИС. Стационарная модель ЗИС. Алгоритм решения.</p> <p>Типы источников вещества. Изменение количества вещества за счет химической реакции. Изменения количества вещества за счет переноса (диффузии, фильтрации, миграции). Скорость изменения количества вещества при переходе из ЗИС в контактирующую среду. Скорость изменения количества вещества при переходе из контактирующей среды в ЗИС. Скорость изменения количества вещества за счет электрохимической реакции.</p> <p>Источники тепла за счет химических реакций. Источники тепла за счет явлений переноса. Источники тепла за счет перехода в другое агрегатное состояние. Источники тепла за счет подведения электрической энергии.</p> <p>Модель зоны идеального вытеснения (ЗИВ). Особенности модели ЗИВ. Нестационарная модель. Стационарная модель. Расчет по длине зоны.</p> <p>Уравнения теплового баланса стационарной и нестационарной модели ЗИВ. Источники вещества в ЗИС. Источники тепла в ЗИС.</p>
<b>Р4</b>	<p>Построение математических моделей электролизеров</p>	<p>Математическая модель ванны рафинирования меди. Технологическая схема. Допущения при построении моделей. Математическая модель динамики изменения состава электролита. Модель накопления катодного металла. Модель расхода анодов. Модель сборной емкости.</p>
<b>Р5</b>	<p>Построение эмпирических моделей</p>	<p>Модели неидеальных потоков. Диффузионная модель для стационарного случая в зонах, подобных ЗИВ. Ячеечная модель. Комбинированные модели. Оценка адекватности модели. Критерий Фишера. Пути коррекции модели.</p> <p>Эмпирические модели. Этапы построения эмпирических моделей. Параметры моделей. Выбор модели. Вычисление коэффициентов линейной модели.</p> <p>Оценка эмпирической модели. Оценка значимости линейной модели. Определение адекватности линейного уравнения. Определение дисперсии ошибок. Остаточная дисперсия. Ошибка определения коэффициентов и параметров выхода по уравнению регрессии. Ошибка определения параметра выхода.</p> <p>Метод наименьших квадратов в матричной форме. Эмпирическое уравнение множественной регрессии. Определение коэффициентов уравнения. Коэффициенты парной корреляции. Нормированное уравнение регрессии. Определение значимости множественного уравнения регрессии. Переход к натуральному масштабу. Оценка значимости коэффициентов и их доверительный интервал в стандартизо-</p>

		ванном масштабе.
<b>P6</b>	Математическое планирование эксперимента	Математическое планирование эксперимента для построения линейного уравнения регрессии. Применение и ограничения метода планированного эксперимента. Последовательность проведения планированного эксперимента. Полный факторный эксперимент. Обработка результатов планированного эксперимента. Анализ влияния концентрации ионов никеля на параметры процесса электроэкстракции.
<b>P7</b>	Оптимизация химико-технологических процессов	Оптимизация процесса. Этапы оптимизации. Критерий оптимальности. Неопределенности в формировании критерия оптимальности. Способы преодоления неопределенности. Линейная свертка. Использование контрольных показателей. Введение метрики в пространстве целевых функций. Использование критериев в качестве ограничений.

### **3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

#### **3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины**



## 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1. Лабораторные работы

Код раздела	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P3	1	Mathcad. Арифметические и алгебраические операции, построение функций и редактирование в MathCad.	8
P3	2	Mathcad. Встроенные функции MathCad. Построение массивов и графиков	7
P3	3	Mathcad. Вычисление производных и интегралов. Решение алгебраических уравнений.	4
P3	4	Mathcad. Решение систем дифференциальных уравнений.	4
P5	5	Mathcad. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Программирование в среде MathCad	4
P3	6	Excel. Построение таблицы решения и работа с графиками	4
P5	7	Excel. Статистический анализ экспериментальных данных	4
P4	8	Excel. Нестационарный материальный баланс	8
P4	9	Excel. Стационарный материальный баланс	4
P6	10	Excel. Планирование эксперимента и обработка данных	4
<b>Всего:</b>			<b>51</b>

### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрено.

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

#### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Расчетная работа №1. Моделирование коррозии цинка в серной кислоте

Расчетная работа №2. Расчет теплового баланса.

Расчетная работа № 3. Расчет нестационарного материального баланса ванны рафинирования меди по заданным параметрам

Расчетная работа № 4. Расчет стационарного материального баланса ванны рафинирования меди по заданным параметрам

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Контрольная работа №1. Применение PTC Mathcad для инженерных расчетов.

Контрольная работа №2. Применение Excel для расчета статистических параметров и уравнений регрессии. Расчет материального баланса.

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение						
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1				*								
P2				*								
P3				*								
P4				*								
P5				*								
P6				*								
P7				*								

#### 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

#### 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

#### 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

#### 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 9.1. Рекомендуемая литература

##### 9.1.1. Основная литература

1. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие [Электронный ресурс] / Закгейм А.Ю. - М. : Логос, 2012. — 304 с. <http://www.biblioclub.ru/book/84988>.
2. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии: учеб. для хим. и хим.-технол. специальностей ун-та / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 424 с.
3. Поршневу С.В. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD. - 2-е изд., доп. - Москва: Горячая Линия - Телеком, 2011. - 320 с.
4. Лесин В.В. Основы методов оптимизации: учеб. пособие / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. - Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. - 352 с.
5. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов ; [ред. Е.Ю. Ходан]. — 2-е изд., испр. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 320 с



### 9.1.2. Дополнительная литература

1. Виноградов С.С. Промывные операции в гальваническом производстве. - М.: Глобус, 2007. - 157 с.
2. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. -М.: Глобус, 2005. – 256 с.
3. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. - М.: Техносфера, 2006. - 216 с.
4. Набойченко С.С., Ничипоренко О.С., Мурашова И.Б., Гопиенко В.Г., Нейков О.Д., Фришберг И.В. Порошки цветных металлов. М.: Металлургия, 1997. - 542 с.
5. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. М.: Техносфера, 2006. - 216 с.
6. Очков В.Ф. Советы пользователям MathCAD. М.: Издательство МЭИ, 2001. - 196 с.
7. Кошель Н.Д. Материальные процессы в электрохимических аппаратах. Моделирование и расчет. Киев-Донецк: Вища школа, 1986. - 192 с.
8. Зарубин В.В. Математическое моделирование в технике; Учебн. пособие для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2001. - 496 с.
9. Введение в математическое моделирование. Учебн. пособие / Под ред. П.В.Трусова. М.: Логос, 2005. - 440 с.
10. Рудой В.М., Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Зайков Ю.П. Технологические расчеты оборудования электрохимических производств. Часть 1. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2006. - 81 с.
11. Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов. М.: Машиностроение, 1994. - 191 с.
12. Набойченко С.С., Юнь А.А. Расчеты гидрометаллургических процессов. М.: МИСИС, 1995. - 428 с.
13. Козлов В.А., Набойченко С.С., Смирнов Б.Н. Рафинирование меди. М.: Металлургия, 1992. - 256 с.
14. Гидрометаллургия цинка (очистка растворов и электролиз). /Л.А. Казанбаев, П.А. Козлов, В.Л. Кубасов, А.В. Колесников. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006. - 176 с.

### 9.2. Методические разработки

1. Технологические расчеты оборудования электрохимических производств. Часть 1. / Рудой В.М., Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Останин Н.И., Зайков Ю.П. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 81 с.
2. Расчет электрохимических процессов в пакете MathCAD / Рудой В.М., Даянов А.Д., Останина Т.Н., Даринцева А.Б. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. - 56 с.
3. Технологические расчеты электрохимического оборудования. Часть II. Рудой В.М., Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Останин Н.И., Зайков Ю.П. Екатеринбург: УрФУ, 2012. - 69 с.

### 9.3. Программное обеспечение

- операционная система Microsoft Windows;
- Word, Excel в составе Microsoft Office;
- пакет программ для научных исследований MATCAD.

### 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- <http://yandex.ru>, <http://google.ru>, <http://rambler.ru> – поисковые системы в Интернет;
- <http://www.chemport.ru/data>, <http://www.xumuk.ru> - электронные справочники по химии;
- <http://rushim.ru/books/electrochemistry/electrochemistry.htm> - электронная библиотека
- <http://www.galvanicus.ru> сайт Российского общества гальванотехников и специалистов в области обработки поверхности
- <http://www.ise-online.org> International Society of Electrochemistry
- Википедия, свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org>

- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [www.study.urfu.ru](http://www.study.urfu.ru)
- Электронные ресурсы зональной библиотеки УрФУ <http://lib.urfu.ru>

#### **9.5. Электронные образовательные ресурсы**

Не используются.

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

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Лабораторные работы должны выполняться в компьютерном классе, оснащённом:

- персональными компьютерами с установленным программным обеспечением в соответствии с тематикой дисциплины.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины  
"Применение ЭВМ в электрохимической технологии"

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – не предусмотрен, в том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов – не предусмотрен.**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций (17 лекций)</i>	7, 1-8	20
<i>Расчетная работа №1</i>	7, 9-17	20
<i>Расчетная работа №2</i>	7, 9-17	20
<i>Расчетная работа №3</i>	7, 9-17	20
<i>Расчетная работа №4</i>	7, 9-17	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: не предусмотрены.</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Контрольная работа №1</i>	7, 9-17	40
<i>Контрольная работа №1</i>	7, 9-17	40
<i>Выполнение лабораторных работ (10 работ)</i>	7, 9-17	10 x 2 = 20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - 1.</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет.</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
Не предусмотрено.

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 7	1,0

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**"Применение ЭВМ для электрохимической технологии"**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
к рабочей программе дисциплины  
"Применение ЭВМ для электрохимической технологии"

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

Оценивание производится в соответствии с утвержденными на заседании кафедры критериями оценок и шкалой соответствия баллов системы оценивания БРС, предусмотренной Уставом УрФУ:

**80 – 100 баллов** выставляются студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, излагающему его последовательно, исчерпывающе, грамотно и логически стройно. Задача решена и студент правильно обосновывает принятое решение, а также отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

**60 – 79 баллов** выставляются студенту, твердо и прочно знающему программный материал и по существу излагающему его. Даны правильные ответы на теоретические вопросы, задача решена, а в ответах на билет и на дополнительные вопросы студент не допускает существенных неточностей.

**40 – 59 баллов** выставляется студенту, который знает большую часть программного материала, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. При решении задачи испытывает затруднения. Данное количество баллов может быть поставлено студенту и в том случае, если на два теоретических вопроса даны достаточно полные ответы без существенных неточностей, однако задача не решена, и с помощью наводящих вопросов преподавателя студент с задачей не справился.

**Менее 40 баллов** выставляются студенту, который отвечает лишь на один из трех вопросов. При ответе на дополнительные вопросы преподавателей выясняется, что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные неточности, задача не решена.

При обнаружении списывания выставляется 0 баллов.

## **8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий** Не предусмотрены.

### **8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

1. С помощью метода наименьших квадратов в матричной форме по экспериментальным данным найти коэффициенты уравнения регрессии  $Y_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i}$  и определить значимость полученного уравнения. Для определения табличных значений критерия Фишера использовать функцию  $F_{РАСПОБР}(\beta; f_1; f_2)$  в пакете EXCEL.

№ опыта	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
1	1,5	30	0,94
2	2,0	25	0,80
3	2,7	22	0,75
4	1,2	35	0,85

2. По приведенным данным построить линейное уравнение регрессии и определить его значимость и адекватность.

X	1	2	3	4	5	6	7	8	5
Y	4	5	4,5	6	6	7,5	8	9	5,5

Для определения табличных значений критерия Фишера использовать функцию FРАС-ПОБР( $\beta$ ;  $f_1$ ;  $f_2$ ) в пакете EXCEL.

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрены.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Определение математической модели. Функциональные модели: аналитические, имитационные, комбинированные.
2. Детерминированные и стохастические математические модели.
3. Понятие о случайной величине. Закон распределения случайных величин Гаусса. Нормированное распределение. Вероятность попадания случайной величины в заданный интервал.
4. Выборочные характеристики генеральной совокупности (среднее, выборочная дисперсия, дисперсия среднего). Доверительный интервал среднего.
5. Анализ размерностей при построении моделей. Вывод закона Фарадея на основе анализа размерностей.
6. Матрица размерностей и её свойства и характеристики. Безразмерная форма представления модели.
7. Модели жидкостных и газовых потоков.
8. Материальный баланс нестационарной модели ЗИС.
9. Тепловой баланс модели ЗИС.
10. Источники вещества в ЗИС.
11. Материальный баланс модели ЗИВ.
12. Тепловой баланс модели ЗИВ.
13. Модели неидеальных потоков.
14. Построение и анализ эмпирических моделей.
15. Метод наименьших квадратов (МНК) для одной независимой переменной. Определение среднеквадратических ошибок коэффициентов модели и прогноза.
16. Определение значимости и адекватности линейной модели.
17. Метод наименьших квадратов в матричной форме. Определение значимости множественного уравнения регрессии.
18. Понятие о коэффициенте корреляции. Коэффициент парной корреляции, коэффициент множественной корреляции.
19. Методы преодоления неопределенности целей (линейная свертка критериев, использование контрольных показателей, введение метрики в пространство целевых функций, использование ограничений).
20. Оптимизация химико-технологических процессов. Критерий оптимальности.
21. Математическое планирование эксперимента для построения линейных моделей.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено.

### 8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не предусмотрено.

### 8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не предусмотрено.

### 8.3.8. Интернет-тренажеры

Не предусмотрено.