

Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С. А. Касперович

« » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Регистрационный № УД-\_\_\_\_\_/уч.

**Приборы и методы исследования электрохимических систем**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

**1-48 01 04 Технология электрохимических производств**

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени специальности 1 – 48 01 04 «Технология электрохимических производств» ОСВО 1-48 01 04-2013

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В. Г. Матыс, доцент кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, кандидат химических наук;

О. А. Слесаренко, старший преподаватель кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники;

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

С. М. Бутрим, ведущий научный сотрудник НИИ ФХП БГТУ, кандидат химических наук доцент;

В. В. Поплавский, доцент кафедры физики УО БГТУ, кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

(протокол № 13 от 30 апреля 2015);

Методической комиссией факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

(протокол № 9 от 20 мая 2015)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования и учебным планом специальности 1 – 48 01 04 «Технология электрохимических производств».

Совершенствование существующих электрохимических производств, создание новых технологий, комплексная автоматизация процессов требуют от современного инженера электрохимика-технолога прочных знаний и навыков в использовании различных методов электрохимических исследований и измерительных приборов. Учебная дисциплина «Приборы и методы исследования электрохимических систем» позволяет будущему инженеру приобрести такие знания и навыки.

Настоящая дисциплина тесно взаимосвязана с основными дисциплинами специальности, выполнение лабораторных работ по которым требует знания принципов работы измерительных приборов и, особенно, приборов для электрических измерений. С другой стороны, для усвоения принципов работы приборов и методов электрических измерений необходимо знание таких дисциплин как «Физика», «Электротехника, основы электроники и электрооборудование химических производств». Для понимания теоретических основ различных методов исследования электрохимических систем необходимы прочные знания по дисциплинам «Теоретическая электрохимия» и «Физическая химия», изучение которых начинается на один семестр раньше и происходит параллельно с данной дисциплиной. Многие методы электрохимических исследований нашли применение в анализе, что обуславливает связь настоящей дисциплины с дисциплиной «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа».

**Цель дисциплины** – формирование у выпускника инженерно-исследовательских знаний и практических навыков для самостоятельного выбора необходимых методов и средств исследования электрохимических систем, которые могут встретиться в его научно-практической деятельности.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение теоретических основ методов и принципов измерений;
- изучение принципов работы приборов и установок для проведения электрохимических исследований;
- изучение теоретических основ различных методов исследования электрохимических систем;
- приобретение студентами практических навыков использования различных методов электрохимических исследований и измерительных приборов.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны **знать**:

- принципы работы измерительных приборов как общего назначения, так и специфических для электрохимических исследований;
- теоретические основы методов исследования электрохимических систем;
- достоинства и недостатки различных методов исследования электрохимических систем;
- условия применения методов исследования в различных электрохимических системах;

После изучения данной дисциплины студенты должны **уметь**:

- грамотно подготовить и провести электрохимический эксперимент, учиты-

вая повышенные требования к чистоте используемых реактивов и посуды при проведении электрохимических исследований;

– использовать методы и приборы для исследования электрохимических систем;

– выбрать необходимые методы и приборы для исследования конкретных электрохимических систем.

Изучение данной дисциплины даст возможность студентам **владеть:**

– приборами для исследования электрохимических систем;

– методами исследования электрохимических систем.

Освоение данной дисциплины должно помочь студентам обеспечить формирование следующих компетенций:

– в академической группе:

а) АК-7 – иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

б) АК-10 – уметь осуществлять комплексный подход к решению электрохимических проблем;

– в профессиональной группе:

а) ПК-11 – внедрять современные системы контроля, управления и автоматизации электрохимических процессов;

б) ПК-22 – владеть методами и техникой экспериментального исследования электрохимических процессов;

в) ПК-23 – организовывать и проводить экспериментальные исследования в области электрохимии.

Учебный план предусматривает для изучения дисциплины 128 часов, в том числе 54 аудиторных часа. Распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: 36 часов – лекции; 18 часов – лабораторные занятия. Учебным планом предусмотрено изучение данной дисциплины на 3 курсе в 6 семестре для очной формы обучения, форма текущей аттестации – экзамен.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Введение**

Цель и задачи дисциплины. Место и роль ее в подготовке инженера химика-технолога. Краткий обзор содержания дисциплины.

### **Раздел 1. Техника электрохимических исследований**

#### **Тема 1.1. Особенности электрохимического эксперимента**

Электрохимическая система (цепь) как объект экспериментального исследования, ее составные элементы. Ионопроводящие среды различной природы. Границы раздела фаз в электрохимических системах.

Повышенные требования к чистоте используемых реактивов, растворителей, электродов, посуды и газов. Квалификации химических реактивов. Дополнительная очистка солей, растворов соляной, серной кислоты. Очистка инертных газов (азота, аргона, гелия). Очистка кислорода. Получение и очистка водорода.

Жидкие и твердые электроды. Ртутный капаящий электрод. Очистка ртути. Требования к материалу, геометрической форме и состоянию поверхности твердо-

го электрода. Микроэлектроды: классификация, назначение. Наборные микроэлектроды.

### **Тема 1.2. Методы очистки воды**

Классификация методов очистки воды. Выбор метода очистки воды в зависимости от качества исходной воды и требований к качеству очищенной. Методы контроля качества очищенной воды.

Дистилляционный метод очистки воды: энергозатраты, причины неполного отделения нелетучих примесей и способы их устранения, удельная электропроводность дистиллята, дополнительная очистка от летучих органических примесей.

Ионообменный метод: принцип очистки, катиониты, аниониты, экологическая вредность. Электродиализ: принцип метода, катионитовые и анионитовые мембраны, характеристики используемых мембран. Обратный осмос: принцип метода, полупроницаемые мембраны, характеристики мембран, состав мембран.

### **Тема 1.3. Истинная поверхность и пористость электродов**

Понятие видимой (геометрической) и истинной поверхности. Пористость. Фактор шероховатости. Классификация методов определения истинной поверхности и пористости. Метод БЭТ. Микроскопические и дифракционные методы. Объемометрический метод. Весовой метод. Проницаемость воздуха или жидкости. Ртутная порометрия.

Электрохимические методы измерения истинной поверхности: по весу (объему) капли; отношение емкостей; зависимость Парсонса-Цобеля; адсорбция водорода из раствора; адсорбция кислорода из раствора; осаждение металлов в области «недонапряжения»; вольтамперометрия; отрицательная адсорбция; емкость ионного обмена; адсорбция пробных молекул из раствора; массоперенос.

### **Тема 1.4. Ячейки, электроды сравнения, капилляры Луггина**

Общие требования к электрохимическим ячейкам. Двух- и трехэлектродные ячейки. Электрод сравнения, рабочий и вспомогательный электроды. Омическое падение потенциала в растворе электролита. Капилляр Луггина. Общая эквивалентная электрическая схема трехэлектродной ячейки.

Различные конструкции капилляров Луггина: погрешности измерения потенциала электрода, влияние на массоперенос у поверхности электрода. Некоторые специальные электрохимические ячейки. Тонкослойные электрохимические ячейки: конструкция, применение, схемы подключения.

Электроды сравнения. Водородный электрод. Каломельные электроды: насыщенный, нормальный и децинормальный. Хлорсеребряный электрод. Оксидно-ртутный электрод.

## **Раздел 2. Приборы для электрохимических исследований**

### **Тема 2.1. Приборы и методы электрических измерений**

Электрические величины. Приборы сравнения и непосредственной оценки. Меры и эталоны электрических величин. Характеристики приборов и измерений: приведенная погрешность, абсолютная погрешность, относительная погрешность, чувствительность прибора. Классификация приборов непосредственной оценки в зависимости от природы физического взаимодействия, происходящего в приборе.

Магнитоэлектрические, электромагнитные и электродинамические приборы: схема, принцип действия, достоинства и недостатки, применение.

Измерение тока и напряжения. Шунты. Добавочные сопротивления. Компенсационный метод измерения напряжений и ЭДС. Измерение сопротивлений: метод амперметра и вольтметра, мостовые методы.

## **Тема 2.2. Цифровые измерительные приборы**

Электронные аналоговые приборы: структурная схема, достоинства и недостатки. Структурная схема цифрового измерительного прибора. Аналоговый преобразователь. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Операционные усилители: эквивалентная схема, важнейшие характеристики, назначение основных выводов. Понятие идеального операционного усилителя. Базовые схемные блоки на основе операционных усилителей: инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, повторитель напряжения, инструментальный (измерительный) усилитель, преобразователь ток-напряжение, сумматор, интегратор, дифференциатор, стабилизатор напряжения. Схема и принцип работы потенциостата.

Основные принципы преобразования сигналов в цифровой код. Двоичные коды. Схемы цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Важнейшие характеристики АЦП. Классификация АЦП: с динамической компенсацией, следящий, последовательного приближения, интегрирующий, с преобразованием напряжения в частоту, параллельного (мгновенного) преобразования. Источники опорного напряжения. Устройства выборки-хранения аналогового сигнала.

## **Раздел 3. Методы исследования электрохимических систем**

### **Тема 3.1. Граница раздела фаз электрохимической системы в равновесных условиях**

Методы и техника определения межфазной поверхностной энергии. Электрокапиллярные измерения. Методы измерения твердости по Ребиндеру и Венстрему. Метод краевого угла. Экспериментальные методы измерения равновесного, компромиссного потенциалов. Методы расчета и измерения диффузионного потенциала, способы его снижения.

Теория, методы и приборы измерения емкости двойного электрического слоя. Импедансный метод измерения двойного электрического слоя. Свободный и полный заряд электрода. Кривые заряжения. Электрокапиллярные и адсорбционные методы. Экспериментальное определение и расчет нулевых точек металла в заданном растворителе.

Адсорбционный метод изучения двойного электрического слоя. Импедансный и потенциометрический методы исследования адсорбции на твердых и жидких электродах. Методы кривых дифференциальной емкости, электрокапиллярных измерений, кривых заряжения для изучения адсорбции водорода, кислорода, органических веществ.

### **Тема 3.2. Граница раздела фаз электрохимической системы в неравновесных условиях**

Кинетическое уравнение и основные кинетические параметры электродного процесса. Классификация методов и их возможности. Способы получения поляри-

зационных кривых, форма кривых, предельные токи. Виды и способы определения предельных токов. Обработка поляризационных кривых при малых, средних и высоких перенапряжениях с учетом омической поляризации, обратной составляющей плотности тока и диффузии.

Вращающийся дисковый электрод, вращающийся дисковый электрод с кольцом. Возможности методов. Определение тока обмена, коэффициента переноса, порядка реакции, эффективной энергии активации. Установление механизма и кинетики электродного процесса по значениям кинетических параметров.

Методы и экспериментальная техника определения вида перенапряжения. Выявление признаков перенапряжения перехода, диффузии, химической реакции, омической поляризации. Температурно-кинетический, переменноточковый, циклический методы.

Полярография. Получение полярограмм. Уравнение полярографической кривой обратимого электродного процесса. Анодно-катодные волны. Анализ обратимых волн. Значение потенциалов полуволн и их определение. Необратимые электродные процессы. Анализ необратимых полярографических волн. Определение коэффициента переноса и константы скорости электродной реакции. Квазиобратимые процессы.

Хроновольтамперометрия. Обратимые электродные процессы, уравнение Рендлса-Шевчика. Критерии обратимости электродного процесса. Необратимые процессы. Потенциалы полупика и пика, величина тока пика. Определение кинетических параметров. Признаки необратимости процесса. Инверсионная вольтамперометрия.

Релаксационные методы. Основной потенциостатический метод. Метод ступенчатого изменения напряжения. Основной гальваностатический метод. Хронопотенциометрия. Уравнение Санда и Караоглава. Обратимые процессы. Переходное время. Необратимые электродные процессы. Определение кинетических параметров. Хронопотенциометры. Хронопотенциометры с реверсом по времени и потенциалу. Хронопотенциометрия с накоплением. Циклическая хронопотенциометрия.

Импедансные методы и приборы для их реализации. Электрохимическая импедансная спектроскопия. Понятие импеданса. Способы представления результатов импедансных измерений. Диаграммы Боде. Годографы импеданса. Применение электрохимической импедансной спектроскопии в исследовании электрохимической кинетики, коррозионных процессов, источников тока.

Методы изучения продуктов электродных реакций: хронопотенциометрия, хроновольтамперометрия, метод вращающегося дискового электрода с кольцом.

#### **Раздел 4. Обработка результатов электрохимических измерений**

Применение цифровых приборов и ЭВМ для обработки результатов исследований и управления электрохимическими измерениями. Использование экспертных систем и баз данных для электрохимических исследований.

Статистические методы обработки экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов. Методы нелинейной аппроксимации. Методы сглаживания экспериментальных данных.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	лабораторные занятия	всего		
1.	<b>Техника электрохимических исследований</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>10</b>		
1.1.	Особенности электрохимического эксперимента 1. Чистота реактивов, растворов, посуды, электродов. 2. Требования к электродам. 3. Микроэлектроды.	2				Экзамен
1.2.	Методы очистки воды. 1. Классификация методов. 2. Принципы очистки различных методов.	2				Экзамен
1.3.	Истинная поверхность и пористость электродов 1. Классификация методов определения поверхности. 2. Физико-химические методы. 3. Электрохимические методы.	2				Экзамен
1.4.	Ячейки, электроды сравнения, капилляры Луггина 1. Требования к электрохимическим ячейкам 2. Виды электродов сравнения. 3. Конструкции капилляров Луггина.	2				Экзамен

1.5.	Оборудование для электрохимических исследований 1. Подготовка посуды, реактивов, ячеек, капилляров Луггина, электродов сравнения. 2. Правила и порядок работы с потенциостатом. 3. Подключение ячейки к потенциостату и сборка измерительной электрической цепи.		2			Допуск к лабораторным работам
<b>2</b>	<b>Приборы для электрохимических исследований</b>	<b>10</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	
2.1.	Приборы и методы электрических измерений	4		4	4	
2.1.1.	Приборы для электрических измерений 1. Классификация приборов непосредственной оценки 2. Принцип действия приборов разных систем	2				Экзамен
2.1.2.	Методы измерения тока, напряжения и сопротивления 1. Компенсационный метод измерения ЭДС 2. Шунты. Добавочные сопротивления. 3. Мостовые методы.	2				Экзамен
2.1.3.	Методы измерения электрических величин 1. Меры и эталоны электрических величин. Характеристики приборов и измерений. 2. Потенциометры постоянного тока. 3. Мосты переменного и постоянного тока.				4	Защита реферата
2.2.	Цифровые измерительные приборы	4		4		
2.2.1.	Устройство аналоговых преобразователей. 1. Базовые схемные блоки на основе ОУ. 2. Схема и принцип работы потенциостата.	4				Экзамен
2.2.2.	Аналого-цифровые преобразователи. 1. Принципы преобразования сигнала в цифровой код. 2. Характеристики и классификация АЦП.	2				Экзамен
2.2.3.	Устройство блоков АЦП в цифровых приборах. 1. Виды АЦП: с динамической компенсацией, следящий, последовательного приближения, интегрирующий, с преобразованием напряжения в частоту, парал-					Защита реферата

	лельного (мгновенного) преобразования. 3. Источники опорного напряжения и выборки-хранения аналогового сигнала.					
<b>3.</b>	<b>Методы исследования электрохимических систем</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>20</b>	
3.1.	Граница раздела фаз электрохимической системы в равновесных условиях	4		4	4	
3.1.1.	Поверхностное натяжение и емкость двойного слоя 1. Электрокапиллярные измерения. 2. Импедансные измерения емкости двойного слоя.	2				Экзамен
3.1.2.	Адсорбционный метод изучения двойного слоя на металлах платиновой группы 1. Метод кривых заряжения. 2. Метод линейной вольтамперометрии.	2				Экзамен
3.1.3.	Ртутный капающий электрод в изучении термодинамики границы раздела фаз. 1. Методы очистки ртути. 2. Истинная поверхность ртутного электрода. 3. Капиллярный электрометр.				4	Защита реферата
3.2.	Граница раздела фаз электрохимической системы в неравновесных условиях	12	12	24	16	
3.2.1	Общая характеристика электрохимической кинетики 1. Закономерности стадии массопереноса 2. Закономерности стадии разряда-ионизации. 3. Смешанная кинетика.	2				Экзамен
3.2.2.	Особенности вращающегося дискового электрода 1. Уравнение конвективной диффузии. 2. Зависимость тока от скорости вращения. 3. Определение коэффициентов диффузии.	2				Экзамен
3.2.3.	Классификация методов электрохимической кинетики 1. Стационарные методы 2. Нестационарные методы.	2				Экзамен
3.2.4.	Полярография. 1. Линейная диффузия к плоскому и сферическому электродам. 2. Уравнение предельного тока на ртутном капающем электроде (уравнение Ильковича).	2				Экзамен

	3. Уравнение полярографической кривой.					
3.2.5.	Хроноамперометрия, хронопотенциометрия. 1. Уравнения Коттреля, Санда. 2. Хроноамперограммы необратимого процесса. 3. Переходное время.	2				Экзамен
3.2.6.	Хроновольтамперометрия 1. Уравнение Рендлса-Шевчика. 2. Вольтамперограммы для необратимого процесса.	2				Экзамен
3.2.7.	Адсорбция на металлах платиновой группы 1. Дифференциальные кривые заряжения платинового электрода. 2. Изучение поведения адатомов меди на платиновом электроде		4			Защита отчета по ЛР
3.2.8.	Исследование электрохимической кинетики методом хронопотенциометрии. 1. Основы метода хронопотенциометрии. 2. Изучение кинетических параметров лимитирующих стадий процессов катодного восстановления катионов металлов импульсным гальваностатическим методом.		4			Защита отчета по ЛР
3.2.9.	Исследование электрохимической кинетики в условиях конвективной диффузии 1. Изучение кинетики электродного процесса с помощью вращающегося дискового электрода. 2. Обработка результатов электрохимических измерений.		4			Защита отчета по ЛР
3.2.10	Метод хроновольтамперометрии в изучении поверхностных пассивационных явлений. 1. Основы метода хроновольтамперометрии. 2. Пассивационные явления на поверхности железа.		4			Защита отчета по ЛР
3.2.11	Электрохимическая импедансная спектроскопия. 1. Понятие импеданса. 2. Способы представления результатов импедансных измерений. Диаграммы Бодэ. Годографы импеданса. 3. Применение электрохимической импедансной спектроскопии в исследовании электрохимической кинетики, коррозионных процессов, источников тока.				8	Защита реферата

3.2.12	Микроэлектроды в исследовании электрохимических систем 1. Классификация микроэлектродов. 2. Преимущества микроэлектродов. 3. Способы изготовления микроэлектродов.				4	Защита реферата
3.2.13	Метод вращающегося дискового электрода с кольцом. 1. Общая характеристика метода. 2. Оборудование необходимое для реализации метода. 3. Применение метода в изучении промежуточных продуктов реакций.				4	Защита реферата
<b>4</b>	<b>Обработка результатов электрохимических измерений</b>	<b>2</b>			<b>4</b>	
4.	Обработка результатов электрохимических измерений 1. Применение цифровых приборов и ЭВМ. 2. Метод наименьших квадратов. 3. Статистические методы обработки экспериментальных данных.	2				Экзамен
4.1	Методы сглаживания и аппроксимации экспериментальных данных. 1. Метод сплайнов. 2. Аппроксимация полиномами. 3. Нелинейная аппроксимация.				4	Защита реферата
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>32</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

- допуск к лабораторным работам;
- защита отчетов по лабораторным работам;
- защита рефератов;
- экзамен.

### **Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Для самостоятельной работы студентов рекомендуется использование учебно-методического комплекса по данной дисциплине, а также написание студентами рефератов на заданную тему.

**Методы (технологии) обучения**, рекомендуемые к использованию в ходе преподавания дисциплины:

- технологии проблемно-модульного обучения;
- проектные технологии.

Для управления учебным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности преподавателям рекомендуется использовать рейтинговые, кредитно-модульные системы оценки учебной и исследовательской деятельности студентов, учебно-методические комплексы.

Целесообразно внедрять в практику проведения лабораторных и практических занятий методики активного обучения, дискуссионные формы, в целях формирования необходимых профессиональных компетенций выпускника вуза.

### **Примерный перечень лабораторных работ**

1. Дифференциальные кривые заряжения платинового электрода.
2. Изучение поведения адатомов меди на платиновом электроде.
3. Изучение поверхностных пассивационных явлений методом хроновольтамперометрии.
4. Изучение кинетических параметров лимитирующих стадий процессов катодного восстановления катионов металлов импульсным гальваностатическим методом.
5. Изучение кинетики электродного процесса с помощью вращающегося дискового электрода.

### **Примерная тематика реферативных работ**

1. Вращающийся дисковый электрод с кольцом.
2. Цилиндрический вращающийся электрод.
3. Микро– и ультрамикродоэлектроды: особенности изготовления, области применения.
4. Ферментные электроды.
5. Особенности электрохимического поведения полупроводниковых материалов (n-; p-типа).
6. Ртутный капаяющий электрод. Особенности конструкции, области применения.
7. Угольные пастовые электроды.
8. Электроды Кларка.

9. Природа предельных токов на потенциостатических поляризационных кривых.

10. Методы определения тока обмена.

11. Методы определения чисел переноса.

12. Способы повышения точности полярографического количественного анализа.

13. Амперометрическое титрование: основы метода.

14. Инверсионная вольтамперометрия.

15. Инверсионная вольтамперометрия с накоплением.

16. Способы компенсации  $iR$ -погрешностей при поляризационных измерениях.

17. Импульсный гальваностатический метод.

18. Импульсный потенциостатический метод.

19. Дифференциальная полярография.

20. Диэлкометрия.

### Перечень рекомендуемой литературы

№	Литература	Кол-во экз. в б-ке
<b>Основная:</b>		
1	Электрохимия: Учебник для вузов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина – М.: Химия, 2006. – 624 с.	100
2	Практикум по электрохимии: учеб. пособие для хим. спец. вузов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Б. И. Подловченко и др.; Под ред. Б. Б. Дамаскина. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.	58
3	Матыс, В.Г. Приборы и методы исследования электрохимических систем [Электронный ресурс]: конспект лекций по одноименному курсу для студентов специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств» / В. Г. Матыс, О. А. Слесаренко. – Минск: БГТУ, 2011. – 164 с.	Электр. ресурс
4	Жарский, И. М. Приборы и методы исследования электрохимических систем: учебно-методическое пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств» / И. М. Жарский, А. А. Черник, О. А. Слесаренко. – Минск: БГТУ, 2009. – 84 с.	77
5	Дамаскин, Б. Б. Введение в электрохимическую кинетику / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий – М.: Высшая школа, 1983. – 412 с.	26
6	Галюс, З. Теоретические основы электрохимического анализа / З. Галюс. – М.: Мир, 1974. – 552 с.	3
7	Плэмбек, Дж. Электрохимические методы анализа. Основы теории и применение / Дж. Плэмбек. – М.: Мир, 1985. – 320 с.	6
8	Поплавский, В. В. Основы измерений физических величин: учеб. пособие / В. В. Поплавский – Минск: БГТУ, 2005. – 274 с.	250
<b>Дополнительная:</b>		
9	Ротинян, А. Л. Теоретическая электрохимия / А. Л. Ротинян,	160

	К. И. Тихонов, И. А. Шошина. – М.: Высшая школа, 1984. – 519 с.	
10	Мейзда, Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений / Ф. Мейзда – М: Мир, 1990. – 535 с.	3
11	Электротехника / Ю. М. Борисов, Д. Н. Липатов, Ю. И. Зорин – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 552 с.	18
12	Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC. / Под ред. У. Томпкинса и Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1992. – 592 с.	5
13	Сухотин, А. М. Справочник по электрохимии / А. М. Сухотин – Л.: Химия, 1981. – 488 с.	55
14	Ньюмен, Дж. Электрохимические системы / Дж. Ньюмен – М.: Мир, 1977. – 464 с.	3
15	Плесков, Ю. В. Вращающийся дисковый электрод / Ю. В. Плесков, В. Ю. Филиновский – М.: Наука, 1972. – 344 с.	3

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)