Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ					
Проректор по учебной работе БГТУ					
		С. А. Кас	перович		
~	>>		2016 г.		
Рег	истраці	ионный № УД	/уч.		

Химические источники тока

Учебная программа учреждения высшего образования для специальности
1-48 01 04 Технология электрохимических производств

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, введенному в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. №88.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н. П. Иванова, доцент кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники УО БГТУ, кандидат химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Е. А. Стрельцов – заведующий кафедрой электрохимии БГУ, доктор химических наук, профессор.

А. А. Хмыль – профессор кафедры электронной техники и технологи УО БГУИР, доктор технических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

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

(протокол № 9 от 4.01. 2016 г.);

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

(протокол № 6 от 22.02. 2016 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Химические источники тока» разработана в соответствии с образовательным стандартом по специальности 1—48 01 04 «Технология электрохимических производств».

Дисциплина «Химические источники тока» является разделом прикладной электрохимии, изучающей взаимные превращения химической и электрической энергии, и рассматривает электрохимические системы, генерирующие ток за счет химических превращений.

Дисциплина «Химические источники тока» изучает основные процессы, протекающие при работе и хранении химических источников тока (ХИТ), электрические и эксплуатационные характеристики ХИТ, особенности их конструкции, эксплуатации и области применения ХИТ.

Цель дисциплины — подготовка специалистов-электрохимиков, обладающих комплексом знаний в области физико-химических основ электрохимических процессов, протекающих в химических источников тока при их разряде, заряде, хранении, и владеющих способами регенерации отработанных источников тока.

Основные задачи дисциплины — формирование у студентов целостной системы знаний по теоретическим основам работы, конструктивным особенностям и основным характеристикам химических источников тока; освоение студентами методов оценки электрических и эксплуатационных характеристик ХИТ, а также способов повышения коэффициентов использования активных материалов, включая их регенерацию; проведение расчетов материального и энергетического балансов электрохимических аппаратов.

В соответствии с учебным планом дисциплина «Химические источники тока» изучается после дисциплин «Физическая химия» (используются знания по термодинамике, электрохимическим системам), «Физика» (используются знания об электричестве), «Теоретическая электрохимия» (используются знания о кинетике протекания электрохимических реакций).

Заключительным этапом изучения дисциплины «Химические источники тока» является выполнение курсовой работы, которая позволяет применить полученные знания при решении поставленной технологической, исследовательской или учебно-методической задачи.

В результате изучения дисциплины студент должен: знать:

- теоретические основы работы и конструктивные особенности химических источников тока;
- основные характеристики химических источников тока и способы заряда аккумуляторов;
- процессы саморазряда и способы повышения удельных характеристик химических источников тока;

уметь:

– рассчитывать материальный, тепловой и энергетический балансы источников тока;

 проводить сравнительную характеристику химических источников тока по эксплуатационным и энергетическим характеристикам;

владеть:

 навыками расчета материального и энергетического балансов химических источников тока;

иметь представление:

- о технологии производства и конструкции первичных и вторичных источников тока, топливных элементов;
- об основных методах утилизации и регенерации отработанных химических источников тока.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими академическими компетенциями:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
 - АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
 - АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
 - АК-4. Уметь работать самостоятельно.
 - АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
 - АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
 - АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
 - АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- АК-10. Уметь осуществлять комплексный подход к решению электрохимических проблем.
- АК-11. Уметь создавать и использовать в своей деятельности объекты интеллектуальной собственности.

Освоение данной дисциплины должно помочь студентам обеспечить формирование следующих социально-личностных компетенций:

- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- СЛК-8. Иметь способность находить правильные решения в условиях чрезвычайных ситуаций в цехах с электрохимическими производствами.

Специалист должен быть способен:

В производственно-технологической деятельности:

- ПК-1. Самостоятельно принимать профессиональные решения с учетом их социальных, экономических и экологических последствий.
- ПК-2. Разрабатывать производственные процессы с использованием электрохимических инновационных технологий.
- ПК-3. Осуществлять производственную деятельность, техническую и технологическую подготовку электрохимических производств.
- ПК-4. Эффективно организовывать и рационально обслуживать производственные электрохимические процессы, вести соответствующую документацию и обучать персонал.
- ПК-5. Использовать современные информационные, компьютерные технологии.
- ПК-8. Владеть методами моделирования и оптимизации технологических процессов.

- ПК-9. Применять прогрессивные энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в электрохимических производствах.
- ПК-11. Внедрять современные системы контроля, управления и автоматизации электрохимических процессов.
- ПК-12. Контролировать состояние средств технологического оснащения, обеспечения безопасных условий труда на рабочих местах, соблюдение норм производственной санитарии и противопожарной безопасности.

В проектно-конструкторской деятельности:

- ПК-13. Составлять задания на разработку производства материалов и изделий электрохимическими способами.
- ПК-14. Разрабатывать технологическую схему новых электрохимических процессов.
- ПК-15. Разрабатывать проектно-сметную и другую документацию.
- ПК-16. Находить оптимальные проектные решения.
- ПК-19. Составлять договоры на выполнение научно-исследовательских и проектных работ.
- ПК-20. Оценивать технический уровень и экономическую эффективность принимаемых технологических решений.

В научно-исследовательской деятельности:

- ПК-21. Анализировать и оценивать достижения науки в области производства изделий и материалов электрохимическими способами.
- ПК-22. Владеть методами и техникой экспериментального исследования электрохимических процессов.
- ПК-23. Организовывать и проводить экспериментальные исследования в области электрохимии.

В организационно-управленческой деятельности:

- ПК-26. Разрабатывать бизнес-планы по созданию и совершенствованию электрохимических процессов.
- ПК-28. Оценивать затраты труда, результаты и качество работы исполнителей.

В инновационной деятельности:

- ПК-29. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
- ПК-30. Определять цели инноваций и способы их достижения.
- ПК-31. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.
- ПК-32. Разрабатывать новые технологические процессы на основе математического моделирования и оптимизации.
- ПК-33. Проводить опытно-технологические исследования при создании новых электрохимических технологий, опытно-промышленную проверку и испытания разрабатываемых материалов и изделий.

Учебный план специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств» предусматривает для изучения данной дисциплины в 7 семестре всего часов — 142, в том числе аудиторных — 68 часов, из них лекций — 34 часа, лабораторных занятий — 34 часа. На выполнение курсовой работы отводится 30 часов.

Форма получения образования – очная. Форма контроля: экзамен – 7 семестр.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

Задачи и значение дисциплины «Химические источники тока». История развития химических источников тока (ХИТ). Основные понятия и классификация ХИТ. Элементы сухие, резервные, топливные, общие признаки и отличительные особенности. Аккумуляторы кислотные и щелочные, их сравнительный анализ. Основные области применения источников тока. Основные производители ХИТ.

РАЗДЕЛ І. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

1.1. Электрические характеристики

ЭДС, напряжение разомкнутой цепи, разрядное и зарядное напряжение. Баланс напряжений ХИТ. Емкость, энергия, мощность. Зарядно-разрядные характеристики. Вольт-амперная характеристика.

Особенности эксплуатации аккумуляторных батарей. Отдача по току, отдача по энергии. Способы заряда аккумуляторов.

1.2. Эксплуатационные характеристики

Саморазряд и сохранность ХИТ, срок службы, ресурс. Экономические показатели ХИТ. Тепловые процессы в ХИТ.

1.3. Сравнительные характеристики источников тока

Удельная энергия, мощность по массе и объему. Теоретическая удельная энергия и возможности ее повышения. Разрядная плотность тока. Нормированный ток и нормированное время.

1.4. Особенности работы и конструкции источников тока

Активные вещества и активная масса электродов. Коэффициент использования активных веществ. Термодинамическая устойчивость веществ в водных растворах. Теория пористого электрода. Использование наноматериалов (нанокомпозитов, наночастиц, нанопластин) в ХИТ. Электролиты, сепараторы ХИТ. Основные операции при производстве источников тока.

Конструктивные особенности источников тока. Конструкция герметичных ХИТ. Диагностика состояния химических источников тока.

Утилизация и регенерация отработанных ХИТ.

1.5. Аналоги химических источников тока

Электрохимические конденсаторы.

РАЗДЕЛ II. ПЕРВИЧНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

2.1. Марганцево-цинковые солевые и щелочные элементы

Основные и побочные реакции при разряде и саморазряде в зависимости от типа электролита. Влияние температуры и режима разряда на разрядную характеристику.

Устройства, преимущества и недостатки элементов с солевым и щелочным электролитом, а также батарей галетной конструкции. Система обозначений. Области применения. Перспективы развития марганцево-цинковых элементов. Использование диоксида марганца в виде различных наноформ. Перезаряжаемые щелочные марганцево-цинковые элементы.

2.2. Первичные источники тока с неводным электролитом

XИТ с литиевым анодом. Преимущества и недостатки применения литиевого анода. Неводные электролиты для литиевых ХИТ, очистка, свойства, взаимодействие с литием. Катодные реагенты для литиевых ХИТ. Литий-марганцевые элементы. Литиевые элементы с жидкими окислителями. Особенности конструкции и характеристик элементов с жидкими окислителями. Литиевые элементы на основе тионилхлорида; диоксида серы.

Утилизация отработанных литиевых первичных ХИТ, основные стадии переработки.

XИТ с твердым электролитом. Разновидности твердых электролитов, преимущества и недостатки. Низкотемпературные твердоэлектролитные элементы на основе галогенидов серебра.

2.3. Комбинированные химические источники тока с воздушно-кислородным электродом

Особенности работы воздушного электрода. Электродные материалы и катализаторы для воздушного электрода.

Воздушно-металлические источники тока. Воздушно-цинковые элементы. Использование алюминия и магния в качестве анодов. Возможность механического перезаряда источников тока.

Сравнительный анализ и перспективы развития воздушно-металлических элементов и батарей различных типов.

2.4. Элементы и батареи резервного типа

Водоактивируемые химические источники тока. Проблемы использования магния и алюминия в водных электролитах. Основные электрохимические системы и характеристики водоактивируемых резервных элементов.

Водоактивируемые ХИТ с литиевым анодом. Источники тока, активируемые аммиаком.

Ампульные и тепловые батареи: устройство, принцип работы, преимущества и недостатки. Примеры электрохимических систем, реализованных в ампульных и тепловых батареях.

РАЗДЕЛ III. ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

3.1. Теория и особенности топливных элементов

Общие сведения о топливных элементах и установках на их основе. Представления об электрохимическом генераторе. Возникновение топливных элементов (ТЭ), этапы развития. Классификация ТЭ.

Реагенты для ТЭ. Хранение и подготовка реагентов для ТЭ. Конструкции электродов и элементов. Принципы изготовления газодиффузионных электродов. Монополярные и биполярные электроды.

Области применения и перспективы развития ТЭ и энергетических установок на их основе. Использование ТЭ в виде автономных и стационарных установок. Направления развития ТЭ. Перспективы водородной энергетики.

3.2. Топливные элементы на основе водных электролитов

Кислородно-водородные топливные элементы (КВТЭ) с щелочным электролитом. КВТЭ с матричным электролитом. КВТЭ с кислым электролитом. Сравнительная характеристика ТЭ с различными типами электролитов.

Гидразиновые ТЭ с кислородным и пероксид-водородным катодами. Кислородно-метанольный элемент. Портативные ТЭ.

3.3. Топливные элементы с твердополимерным и твердым электролитом

Использование ионообменных мембран в твердополимерных топливных элементах (ТПТЭ). Портативные ТПТЭ.

Типы твердых электролитов, условия достаточной проводимости. Конструктивные разновидности электродов и элементов. Высокотемпературные топливные элементы.

РАЗДЕЛ IV. ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

4.1. Свинцовые аккумуляторы

Основные реакции и механизм электродных процессов при заряде и разряде. Термодинамика процессов в свинцовом аккумуляторе (СК). Классификация СК. Характерные особенности конструкции и области применения стартерных, стационарных и тяговых аккумуляторов и батарей. Системы обозначений.

Стартерные аккумуляторы. Обоснование оптимальной конструкции электродов и концентрации электролита. Сохранность, механизм саморазряда. Зарядно-разрядные характеристики в зависимости от температуры и токовой нагрузки. Технологическая схема производства стартерных батарей, теория и методы формирования электродных пластин.

Перспективы развития свинцовых аккумуляторов. Герметичные свинцовые аккумуляторы. Правила эксплуатации.

Основные стадии регенерации отработанных свинцовых аккумуляторов.

4.2. Никель-железные, никель-кадмиевые и никель-цинковые аккумуляторы

Основные реакции и механизм электродных процессов при заряде и разряде. Зарядно-разрядные характеристики в зависимости от температуры и токовой нагрузки. Срок службы и сохранность. Ламельные и безламельные аккумуляторы, перспективы их развития, преимущества и недостатки. Возможность создания герметичных никель-цинковых и никель-кадмиевых аккумуляторов.

Правила эксплуатации. Система обозначений. Области применения.

4.3. Серебряно-цинковые и серебряно-кадмиевые аккумуляторы

Основные реакции на электродах при заряде и разряде. Реакции саморазряда. Зарядно-разрядные характеристики, влияние температуры и токовой нагрузки. Области применения. Особенности конструкции, преимущества и недостатки. Перспективы развития.

4.4. Металло-газовые аккумуляторы

Работа газового и твердофазного электродов, их герметизация. Никельводородный аккумулятор, его устройство, саморазряд, разрядные характеристики. Серебряно- и свинцово-водородные аккумуляторы — устройство, процессы на электродах, разрядные характеристики.

Перспективы развития металло-газовых аккумуляторов.

Никель-металл-гидридные аккумуляторы. Работа отрицательного электрода. Зарядно-разрядные характеристики. Области применения. Особенности конструкции, преимущества и недостатки.

Хлорно-цинковый аккумулятор. Применение хлора в виде хлоргидратов в качестве катодного реагента. Конструкция и условия функционирования аккумулятора.

4.5. Литиевые аккумуляторы

Проблемы циклирования (внедрения и деинтеркалирования) лития. Перезаряжаемые катоды для литиевых ХИТ. Примеры электрохимических систем и характеристики литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов. Перспективы усовершенствования аккумуляторов с литиевым анодом. Литиевые наноаккумуляторы.

Устройство и характеристики литиевых аккумуляторов. Правила эксплуатации. Сохранность.

Необходимость утилизации отработанных литиевых аккумуляторов. Возможность регенерации лития.

4.6. Аккумуляторы для электромобилей

Требования, предъявляемые к аккумуляторам, для использования в электромобилях. Запас хода электромобилей с различными XИТ.

Серно-натриевые и серно-литиевые аккумуляторы. Электродные процессы, условия стабильной работы электродов. Особенности конструкции, электрические и эксплуатационные характеристики, области применения.

Использование эффективных нанотехнологий для производства аккумуляторных батарей.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Целью курсовой работы является расширение и закрепление знаний, полученных студентами при изучении лекционного курса, а также формирование навыка выполнения материальных и энергетических расчетов электрохимических аппаратов. На выполнение курсовой работы отводится 30 часов.

Выполняемая курсовая работа может быть расчетной, исследовательской или учебно-методической. Цель расчетной курсовой работы — расчет химического источники тока. Исследовательская курсовая работа может быть патентно-информационной или научно-исследовательской. Учебно-методическая курсовая работа предусматривает разработку, модернизацию установки или методики выполнения лабораторной работы.

Пояснительная записка курсовой работы включает следующие разделы:

- 1) введение;
- 2) аналитический обзор литературы;
- 3) инженерные решения или методика выполнения экспериментальных исследований или лабораторной работы;
 - 4) технологический раздел или экспериментальные результаты;
 - 5) мероприятия по охране труда и окружающей среды;
 - б) заключение.

Объем пояснительной записки должен составлять не более 35 страниц в печатном варианте. Графическая часть курсовой работы представляет собой чертеж (1 лист) рассчитанного химического источника тока или презентацию по проработанной теме, или результаты экспериментальных исследований.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

-		Ко.	личество ча	сов			R
Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	лекции	лабораторные занятия	самостоятель- ная работа студента	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
1	2	3	4	5	6	7	8
	Введение в дисциплину «Химические источники тока».	1		1	Учебный фильм	[1,6]	Коллок-
	История развития химических источников тока (ХИТ).				«Производство	[11]	виум №1.
	Основные понятия и классификация ХИТ. Элементы сухие,				марганцево-		
	резервные, топливные, общие признаки и отличительные				цинковых		
	особенности. Аккумуляторы кислотные и щелочные, их				источников тока».		
	сравнительный анализ. Основные области применения						
	источников тока. Основные производители ХИТ.						
1.	Раздел І. Характеристики и особенности работы	7		5			
	химических источников тока.						
1.1.	Электрические характеристики.	2		1		[1,6]	Коллок-
	ЭДС, напряжение разомкнутой цепи, разрядное и зарядное					[4]	виум №1.
	напряжение. Баланс напряжений ХИТ. Емкость, энергия,					[8]	Конт-
	мощность. Зарядно-разрядные характеристики.					[11]	рольная
	Вольтамперная характеристика. Особенности эксплуатации						работа.
	аккумуляторных батарей. Отдача по току, отдача по энергии.						
1.2	Способы заряда аккумуляторов.	1				F1 73	
1.2.	Эксплуатационные характеристики.	1				[1,6]	
	Саморазряд и сохранность ХИТ, срок службы, ресурс.					[4]	
	Экономические показатели ХИТ. Тепловые процессы в ХИТ.					[8]	
1.3.	Спаринтани и и у у у рамтори от у у у у стоичу у	1		1		[11]	Коллок-
1.3.	Сравнительные характеристики источников тока. Удельная энергия, мощность по массе и объему.	1		1		[2]	виум №1.
	Удельная энергия, мощность по массе и объему. Теоретическая удельная энергия и возможности ее					[3]	виум №1.
	повышения. Разрядная плотность тока. Нормированный ток и						
	новышения. газрядная плотность тока. пормированный ток и нормированное время.						
	порипрованное вреии.					1	

1	2	3	4	5	6	7	8
1.4.	Особенности работы и конструкции источников тока. Активные вещества и активная масса электродов. Коэффициент использования активных веществ. Термодинамическая устойчивость веществ в водных растворах. Теория пористого электрода. Использование наноматериалов (нанокомпозитов, наночастиц, нанопластин) в ХИТ. Электролиты, сепараторы ХИТ. Основные операции при производстве источников тока. Конструктивные особенности источников тока. Конструкция герметичных ХИТ. Диагностика состояния химических источников тока. Утилизация и регенерация отработанных ХИТ.	2		3	Приборы, химические источники тока.	[2] [11]	Коллок- виум №1. Защита отчета по лаб. работе.
1.5.	Аналоги химических источников тока. Электрохимические конденсаторы	1					
2.	Раздел II. Первичные и комбинированные источники тока.	6	12	12	14		
2.1.	Марганцево-цинковые солевые и щелочные элементы. Основные и побочные реакции при разряде и саморазряде в зависимости от типа электролита. Влияние температуры и режима разряда на разрядную характеристику. Устройства, преимущества и недостатки элементов с солевым и щелочным электролитом, а также батарей галетной конструкции. Система обозначений. Области применения. Перспективы развития марганцево-цинковых элементов. Использование диоксида марганца в виде различных наноформ. Перезаряжаемые щелочные марганцево-цинковые элементы.	2	4	3	Учебный фильм «Производство марганцево- цинковых источников тока»; марганцево- цинковые элементы; приборы.	[1,6] [11]	Коллок- виум №2. Защита отчета по лаб. работе.
2.2.	Первичные источники тока с неводным электролитом. XИТ с литиевым анодом. Преимущества и недостатки применения литиевого анода. Неводные электролиты для литиевых ХИТ, очистка, свойства, взаимодействие с литием. Катодные реагенты для литиевых ХИТ. Литий-марганцевые элементы. Литиевые элементы с жидкими окислителями.	2	4	3	Компьютерная презентация №1 «Литиевые ХИТ»; приборы, литиевые первичные элементы.	[1,6] [9]	Коллок- виум №2. Защита отчета по лаб. работе

1	2	3	4	5	6	7	8
	Особенности конструкции и характеристик элементов с жидкими окислителями. Литиевые элементы на основе тионилхлорида; диоксида серы. Утилизация отработанных литиевых первичных ХИТ, основные стадии переработки. ХИТ с твердым электролитом. Разновидности твердых электролитов, преимущества и недостатки. Низкотемпературные твердоэлектролитные элементы на основе галогенидов серебра.						
2.3.	Комбинированные химические источники тока с воздушно-кислородным электродом. Особенности работы воздушного электрода. Электродные материалы и катализаторы для воздушного электрода. Воздушно-металлические источники тока. Воздушно-цинковые элементы. Использование алюминия и магния в качестве анодов. Возможность механического перезаряда источников тока. Сравнительный анализ и перспективы развития воздушно-металлических элементов и батарей различных типов.	1	4	3	Химические источники тока, приборы.	[1,6] [11]	Коллок- виум №2. Защита отчета по лаб. работе.
2.4.	Элементы и батареи резервного типа. Водоактивируемые химические источники тока. Проблемы использования магния и алюминия в водных электролитах. Основные электрохимические системы и характеристики водоактивируемых резервных элементов. Водоактивируемые ХИТ с литиевым анодом. Источники тока, активируемые аммиаком. Ампульные и тепловые батареи: устройство, принцип работы, преимущества и недостатки. Примеры электрохимических систем, реализованных в ампульных и тепловых батареях.	1		3		[1] [11]	Коллок- виум №2.
3.	Раздел III. Топливные элементы.	4	4	8			
3.1.	Теория и особенности топливных элементов. Общие сведения о топливных элементах и установках на их основе. Представления об электрохимическом генераторе. Возникновение топливных элементов (ТЭ), этапы развития. Классификация ТЭ. Реагенты для ТЭ. Хранение и подготовка реагентов для ТЭ. Конструкции электродов и элементов.	2		4	Компьютерная презентация №2 «Топливные элементы».	[1,6] [2] [3] [12]	Коллок- виум №3.

1	2	3	4	5	6	7	8
	Принципы изготовления газодиффузионных электродов. Монополярные и биполярные электроды. Области применения и перспективы развития ТЭ и энергетических установок на их основе. Использование ТЭ в виде автономных и стационарных установок. Направления	-					
	развития ТЭ. Перспективы водородной энергетики.						
3.2.	Топливные элементы на основе водных электролитов. Кислородно-водородные топливные элементы (КВТЭ) с щелочным электролитом. КВТЭ с матричным электролитом. КВТЭ с кислым электролитом. Сравнительная характеристика ТЭ с различными типами электролитов. Гидразиновые ТЭ с кислородным и пероксид-водородным катодами. Кислороднометанольный элемент. Портативные ТЭ.	1	4	2	Приборы, макет водородного электрода.	[1,6] [2] [3] [12]	Коллок- виум №3. Защита отчета по лаб. работе.
3.3.	Топливные элементы с твердополимерным и твердым	1		2		[12]	Коллок-
	электролитом. Использование ионообменных мембран в твердополимерных топливных элементах (ТПТЭ). Портативные ТПТЭ. Типы твердых электролитов, условия достаточной проводимости. Конструктивные разновидности электродов и элементов. Высокотемпературные топливные элементы.						виум №3.
4.	Раздел IV. Вторичные источники тока.	16	18	48			
4.1.	Свинцовые аккумуляторы. Основные реакции и механизм электродных процессов при заряде и разряде. Термодинамика процессов в свинцовом аккумуляторе (СК). Классификация СК. Характерные особенности конструкции и области применения стартерных, стационарных и тяговых аккумуляторов и батарей. Системы обозначений. Стартерные аккумуляторы. Обоснование оптимальной конструкции электродов и концентрации электролита. Сохранность, механизм саморазряда. Зарядноразрядные характеристики в зависимости от температуры и токовой нагрузки. Технологическая схема производства стартерных батарей, теория и методы формирования электродных пластин. Перспективы развития свинцовых аккумуляторов. Герметичные свинцовые аккумуляторы.	4	4	10	Свинцовые аккумуляторы, приборы.	[1,6] [2] [3] [5] [6] [13] [12]	Коллок- виум №4. Защита отчета по лаб. работе.

1	2	3	4	5	6	7	8
	Правила эксплуатации. Основные стадии регенерации отработанных свинцовых аккумуляторов.						
4.2.	Никель-железные, никель-кадмиевые и никель-цинковые аккумуляторы. Основные реакции и механизм электродных процессов при заряде и разряде. Зарядно-разрядные характеристики в зависимости от температуры и токовой нагрузки. Срок службы и сохранность. Ламельные и безламельные аккумуляторы, перспективы их развития, преимущества и недостатки. Возможность создания герметичных никельцинковых и никель-кадмиевых аккумуляторов. Правила эксплуатации. Система обозначений. Области применения.	2	4	8	Никель-кадмиевые аккумуляторы, приборы.	[1,6] [2] [3] [11]	Коллок- виум №4. Защита отчета по лаб. работе.
4.3.	Серебряно-цинковые и серебряно-кадмиевые аккумуляторы. Основные реакции на электродах при заряде и разряде. Реакции саморазряда. Зарядно-разрядные характеристики, влияние температуры и токовой нагрузки. Области применения. Особенности конструкции, преимущества и недостатки. Перспективы развития.	2		4		[1] [2] [3] [11]	Коллок- виум №4.
4.4.	Металло-газовые аккумуляторы. Работа газового и твердофазного электродов, их герметизация. Никельводородный аккумулятор, его устройство, саморазряд, разрядные характеристики. Серебряно- и свинцововодородные аккумуляторы — устройство, процессы на электродах, разрядные характеристики. Перспективы развития металло-газовых аккумуляторов. Никель-металлгидридные аккумуляторы. Работа отрицательного электрода. Зарядно-разрядные характеристики. Области применения. Особенности конструкции, преимущества и недостатки. Хлорно-цинковый аккумулятор. Применение хлора в виде хлоргидратов в качестве катодного реагента. Конструкция и условия функционирования аккумулятора.	2	4	5	Никель-металл- гидридные аккумуляторы, приборы.	[1,6] [2] [3] [10] [11]	Коллок- виум № 4. Защита отчета по лаб. работе.
4.5.	Литиевые аккумуляторы. Проблемы циклирования лития. Материалы для отрицательного электрода литий-ионных аккумуляторов. Использование наноматериалов в литиевых XИТ. Перезаряжаемые катоды для литиевых XИТ.	4	4	10	Литиевые аккумуляторы, приборы.	[6,8] [11]	Коллок- виум №4. Защита отчета по

1	2	3	4	5	6	7	8
	Примеры электрохимических систем и характеристики литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов. Перспективы усовершенствования аккумуляторов с литиевым анодом.						лаб. работе.
	Устройство и характеристики литиевых аккумуляторов. Правила эксплуатации. Сохранность. Необходимость утилизации отработанных литиевых аккумуляторов.						
1.6	Возможность регенерации лития.	2	2	1.1	TC	F1 1 7	TC
4.6.	Аккумуляторы для электромобилей. Требования, предъявляемые к аккумуляторам, для использования в электромобилях. Запас хода электромобилей с различными ХИТ. Серно-натриевые и серно-литиевые аккумуляторы. Электродные процессы, условия стабильной работы электродов. Особенности конструкции, электрические и эксплуатационные характеристики, области применения. Использование эффективных нанотехнологий для производства аккумуляторных батарей.	2	2		Компьютерная презентация-фильм «Электроаккуму-ляторы для электромобилей».	[11]	Коллок- виум № 4.
	Количество часов	34	34	74			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- контрольная работа;
- защита отчетов по лабораторным работам;
- устные и письменные опросы
- коллоквиумы;
- курсовая работа;

Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Основными формами самостоятельной работы являются: поиск информации по изучаемым темам, включая новейшие разработки в данной области, представленные в периодической и патентной литературе, выполнение домашних работ, изучение учебной и научной литературы к предстоящим лабораторным и курсовой работам, выполнение курсовой работы по заданной теме.

Основными формами контроля самостоятельной работы студентов являются: устный опрос, письменный опрос, проверка домашних заданий и курсовой работ, защита курсовой работы.

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

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

- 1. Сравнение характеристик марганцево-цинковых солевых и щелочных элементов.
- 2. Определение характеристик воздушно-цинковых элементов.
- 3. Определение характеристик малогабаритных марганцево-литиевых элементов.
- 4. Исследование водородного электрода ХИТ на основе гидридов металлов и углеродных материалов.
- 5. Изучение влияния токовой нагрузки на разрядные, зарядные характеристики; снятие вольт-амперной характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов и батарей.
- 6. Изучение влияния токовой нагрузки на разрядные, зарядные характеристики; снятие вольт-амперной характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов и батарей.
- 7. Изучение влияния токовой нагрузки на разрядные, зарядные характеристики; снятие вольт-амперной характеристики никель-металл-гидридных аккумуляторов.
- 8. Изучение влияния токовой нагрузки на разрядные, зарядные характеристики; снятие вольт-амперной характеристики литиевых аккумуляторов.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ

- 1. Расчет марганцево-цинкового щелочного источника тока.
- 2. Расчет стартерного свинцового аккумулятора.
- 3. Перезаряжаемые марганцево-цинковые элементы.
- 4. Расчет воздушно-цинкового источника тока.
- 5. Перспективы развития воздушно-металлических источников тока.
- 6. Перспективы развития первичных литиевых элементов с твердым катодом.
- 7. Перспективы развития высокотемпературных твердоэлектролитных кислородно-водородных топливных элементов.
- 8. Литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы.

Примерные темы групповых и аудиторных занятий по выполнению курсовой работы:

- 1. Расчет материального баланса химических источников тока.
- 2. Методика расчета баланса напряжения ХИТ.
- 3. Расчет теплового баланса ХИТ.

Примерный график выполнения курсовой работы:

- 1. введение; аналитический обзор литературы 2 недели;
- 2. инженерные решения или методика выполнения экспериментальных исследований или лабораторной работы -2 недели;
- 3. технологический раздел или экспериментальные результаты 6 недель;
- 4. мероприятия по охране труда и окружающей среды 1 неделя;
- 5. заключение и оформление расчетно-пояснительной записки 1 неделя;
- 6. выполнение графического материала или презентации 2 недели.

ТЕМЫ И ВОПРОСЫ ДЛЯ КОЛЛОКВИУМОВ

Для повторения и закрепления пройденного материала при изучении дисциплины «Химические источники тока» по основным разделам дисциплины проводится 4 коллоквиума.

Коллоквиум № 1. Раздел I. Характеристики и особенности работы химических источников тока.

- 1. Классификация ХИТ по принципу работы. Примеры электрохимических систем и токообразующие процессы каждой группы ХИТ.
- 2. Классификация XИТ по активному веществу отрицательного (положительного) электрода. Примеры электрохимических систем и токообразующие процессы каждой группы XИТ. Отличаются ли разрядные реакции на отрицательных (положительных) электродах в каждой группе XИТ?
- 3. Классификация XИТ по типу используемого электролита. Примеры электрохимических систем и токообразующие процессы каждой группы XИТ. Отличаются ли разрядные реакции на электродах в каждой группе XИТ?
- 4. Электроды ХИТ. Назначение добавок, вводимых в электрод. Характеристика окислителей и восстановителей, используемых в источниках тока, их основные показатели.
 - 5. Требования, предъявляемые к электролитам ХИТ. Виды электролитов.
- 6. Конструктивные особенности ХИТ на примере конструкции любого источника тока: соотношение масс активных веществ, выбор конструкционных

материалов, сепаратора, вопрос герметизации. На какие характеристики влияет материал и свойства сепаратора?

- 7. Составление баланса напряжения XИТ. Почему в баланс напряжений входит не ЭДС, а напряжение разомкнутой цепи?
- 8. Что входит во внутреннее сопротивление ХИТ? Определение внутреннего сопротивления источника тока. Вольт-амперная характеристика ХИТ.
- 9. Пути повышения разрядного напряжения XИТ. Влияние разрядного тока на разрядное напряжение источника тока.
- 10. Разрядная емкость ХИТ, ее зависимость от вида и массы активного вещества, разрядного тока, времени хранения.
 - 11. Энергия и мощность ХИТ. Зависимость мощности от разрядного тока.
- 12. Зарядное напряжение аккумулятора. Отдача аккумулятора по емкости и энергии.
- 13. Характеристики, позволяющие сравнивать XИТ между собой независимо от электрохимической системы, массы, особенностей конструкции. Способы, повышающие удельные характеристики XИТ (мероприятия по выбору активных веществ электродов, электролита, сепаратора, конструкции).
- 14. Почему в источниках тока применяют, как правило, пористые электроды? В каких ХИТ применение пористого электрода не имеет смысла?
- 15. Работа жидкостного пористого электрода. От каких параметров зависит электрохимическая активность пористого электрода? Выбор толщины пористого электрода.
- 16. Термодинамическая устойчивость активных веществ XИТ в водных растворах. Примеры термодинамически устойчивых электрохимических систем. Саморазряд XИТ с термодинамически неустойчивыми электрохимическими системами. Борьба с саморазрядом.
- 17. Составление теплового баланса источника тока при его разряде и заряде (для аккумуляторов).

Коллоквиум № 2. Раздел II. Первичные и комбинированные XИТ.

- 1. Особенности работы отрицательного и положительного электродов первичных ХИТ: марганцево-цинкового щелочного и солевого, литиевых элементов, элементов с твердым электролитом.
 - 2. Сравнение и объяснение вида разрядных кривых первичных ХИТ.
- 3. Сравнение удельных характеристик марганцево-цинкового щелочного и солевого элементов; литиевых элементов, элементов с твердым электролитом. В чем причины очень высоких удельных характеристик литиевых элементов?
- 4. Почему прерывистый разряд повышает емкость марганцево-цинковых элементов по сравнению с непрерывным разрядом?
 - 5. Способы снижения саморазряда в первичных источниках тока (примеры).
 - 6. Электроды ограничители емкости в первичных ХИТ.
- 7. Чем объяснить сочетание высокой электрохимической активности лития с очень низким саморазрядом литиевого электрода в электролите с апротонным растворителем?
- 8. Определение, особенности работы и классификация резервных XИТ. Почему в резервных XИТ редко используются пористые электроды?
- 9. Проблемы использования магния и алюминия в водных электролитах. Повышение энергетических характеристик водоактивируемых ХИТ. Разрядные

характеристики водоактивируемых элементов с хлоридными и оксидными катодами.

- 10. Электролиты, используемые в ампульных и тепловых резервных ХИТ. Особенности конструкции ампульных и тепловых батарей.
- 11. Особенности работы и выбор электродных материалов для положительного электрода в комбинированных источниках тока.
- 12. Сравнение работы и основных характеристик воздушно-цинкового, воздушно-магниевого и воздушно-алюминиевого элементов.
- 13. Примеры использования наноматериалов в первичных ХИТ.

Коллоквиум № 3. Раздел III. Топливные элементы.

- 1. Термодинамический к.п.д. топливных элементов (ТЭ). Возможные реагенты в ТЭ.
 - 2. Особенности и отличительные признаки ТЭ от других ХИТ.
- 3. Условия стабильной работы ТЭ на примере кислородно-водородного элемента.
 - 4. Области применения и классификация ТЭ.
- 5. Необходимость и способы создания развитой границы раздела трех фаз для газодиффузионных электродов. Возможные катализаторы. Принципы формирования трехфазной зоны в газодиффузионных электродах.
- 6. Электродные процессы в кислородно-водородном топливном элементе (КВТЭ) с кислым и щелочным электролитами. Сравнительная характеристика. С чем связана стабильность разрядной характеристики КВТЭ?
- 7. КВТЭ с матричным, твердополимерным и твердым электролитом. Особенности работы и конструкции.
- 8. Сравнение условий работы и кинетических характеристик положительных электродов воздушно-марганцевого элемента, воздушно-водородного и кислородно-водородного ТЭ.
- 9. Электродные процессы в гидразиновых ТЭ с кислородным и пероксидводородным катодами.
- 10. Электродные процессы в кислородно-метанольном элементе. Особенности конструкции.
 - 11. Электрохимические генераторы на основе ТЭ.

Коллоквиум № 4. Раздел IV. Вторичные источники тока.

- 1. Особенности эксплуатации аккумуляторных батарей. Режим переключения, буферный и аварийный режимы работы.
- 2. Способы заряда аккумуляторов: на стабилизированном токе, при стабилизированном напряжении, ступенчатый и импульсный режимы.
- 3. Классификация свинцово-кислотных аккумуляторов. Механизм токообразующих электродных реакций свинцово-кислотного аккумулятора (СКА). Разрядные и зарядные кривые СКА.
 - 4. Термодинамический расчет ЭДС свинцового аккумулятора.
 - 5. Какие факторы снижают работоспособность СКА?
- 6. Рассмотрите борьбу с саморазрядом, оплыванием положительной активной массы, пассивацией и сульфатацией пластин в СКА.
- 7. Влияние разрядного тока, температуры на емкость и разрядное напряжение СКА.
 - 8. Условия создания герметичного свинцового аккумулятора.

- 9. Особенности работы отрицательно и положительного электродов щелочных аккумуляторов: никель-железного, никель-кадмиевого, никель-инкового.
- 10. Реакции саморазряда и способы его уменьшения в щелочных аккумуляторах.
- 11. Условия создания герметичных никель-кадмиевого и никель-цинкового аккумуляторов. В чем особенность режима заряда аккумуляторов?
- 12. Особенности работы отрицательно и положительного электродов серебряно-цинкового и серебряно-кадмиевого аккумуляторов. Причины невысокого ресурса серебряно-цинкового аккумулятора. В чем заключается опасность перезаряда серебряно-цинкового аккумулятора?
- 13. Почему разрядная характеристика серебряно-цинкового аккумулятора отличается стабильностью, за исключением начального участка разрядной кривой?
- 14. Особенности работы металло-газовых аккумуляторов: никельводородного, серебряно- и свинцово-водородного аккумуляторов.
- 15. Способы генерации и накопления водорода на различных электродах. Механизм разряда и заряда отрицательного электрода в никель-металлгидридных аккумуляторах.
- 16. Хлорно-цинковый аккумулятор. Применение хлора в виде хлоргидратов в качестве катодного реагента. Особенности функционирования аккумулятора.
- 17. Серно-натриевый и серно-литиевый аккумуляторы: электродные процессы, условия стабильной работы электродов.
- 18. Классификация литиевых аккумуляторов. Проблемы циклирования лития, варианты сочетания электродов в аккумуляторах с литиевым анодом.
- 19. Литий-углеродные аноды для литий-ионных аккумуляторов. Новые анодные материалы для литий-ионных аккумуляторов.
 - 20. Оксидно-металлические катоды для литиевых источников тока.
- 21. Литий-полимерные аккумуляторы. Достоинства и недостатки по сравнению с литий-ионными.
- 22. Составление 12 В батареи для портативного телевизора из различных аккумуляторов. Сравнение батарей выбранных систем по удельным, эксплуатационным, экономическим характеристикам.
- 23. Использование аккумуляторных батарей в электромобилях. Требования к характеристикам аккумуляторов.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Для закрепления пройденного материала при изучении дисциплины «Химические источники тока» и освоения основных расчетов XИТ выполняется контрольная работа. Задачи контрольной работы включают следующие расчеты.

- 1. Расчет коэффициента использования активных веществ, емкости ХИТ. Материальные расчеты ХИТ заданной емкости.
- 2. Расчет потери масс, объема выделившихся газов при саморазряде ХИТ.
- 3. Определение удельных характеристик ХИТ. Определение электрических характеристик аккумуляторов.
- 4. Расчет баланса напряжения XИТ. Определение внутреннего сопротивления XИТ.
- 5. Расчет теплового баланса ХИТ.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

	TEROWEITAS ENTOT SHITE I AT 51 A	
№ пп	Наименование учебников, учебных пособий	Количество экземпляров в библиотеке
	Основная	
1.	Варыпаев, В. Н. Химические источники тока: учеб. пособие для химико-технологических специальностей ВУЗов / В. Н. Варыпаев, М. А. Дасоян, В. Н. Никольский; под ред. В. Н. Варыпаева. – М.: Высшая школа, 1990. – 240 с.	63
2.	Прикладная электрохимия: учебник / под ред А. П. Томилова. – М.: Химия, 1984. – 520 с.	40
3.	Прикладная электрохимия: учебник / под ред. Н. Т. Кудрявцева. – М.: Химия, 1975. – 552 с.	85
4.	Флеров, В. Н. Сборник задач по прикладной электрохимии: учеб. пособие для химических специальностей ВУЗов / В. Н. Флеров. – М.: Высшая школа, 1987. – 319 с.	41
5.	Практикум по прикладной электрохимии: учеб. пособие для вузов / под ред. В. Н. Варыпаева, В. Н. Кудрявцева. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.	51
6.	Химические источники тока. Лабораторный практикум: учеб метод. пособие для студентов специальности 1 — 48 01 04 «Технология электрохимических производств» / Н. П. Иванова, И. М. Жарский, В. В. Жилинский — Минск: БГТУ, 2010. — 218 с.	94
7.	Прикладная электрохимия. Учебно-метод. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств» / Н. П. Иванова. — Минск: БГТУ, 2009. — 76 с.	65
8.	Хрусталев, Д. А. Аккумуляторы / Д. А. Хрусталев. – М.: Изумруд, 2003. – 224 с.	5
	Дополнительная	
9.	Багоцкий, В. С. Химические источника тока / В. С. Багоцкий, А. М. Скундин. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.	2
10.	Коровин, Н. В. Электрохимическая энергетика / Н. В. Коровин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.	6
11.	Химические источники тока: справочник / под ред. Н. В. Коровина, А. М. Скундина. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 740 с.	1
12.	Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 278 с.	1
13.	Дасоян, М. А. Основы расчета, конструирования и технологии производства свинцовых аккумуляторов / М. А. Дасоян, И. А. Агуф. – Л 1978. – 151 с.	3
14.	Гинделис, Я. Е. Химические источники тока / Я. Е. Гинделис. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1984. — 176 с.	60

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
1.Теоретическая электрохимия	Х,ТЭХПиМЭТ	Согласовано	Черник А. А.
2. Электро- химический синтез и ГЭМ	Х,ТЭХПиМЭТ	Согласовано	Кубрак П. Б.
3. Коррозия и защита металлов	Х,ТЭХПиМЭТ	Согласовано	Иванова Н. П. Жилинский В.В.

_

 $^{^{1}}$ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на	/ учебный	і год

36.36	п	
N_0N_0	Дополнения и изменения	Основание
ПП		
Учебн	ая программа пересмотрена и одобрена	а на заседании кафедры химии,
	погии электрохимических производств и	
	окол № от 201 г.)	1
(F		
_		
•	лощий кафедрой	
химии	, технологии электрохимических	
произн	водств и материалов	
электр	онной техники,	
канд. х	ким. наук, доцент	А. А. Черник
	•	•
TAND D	DAICH A LO	
	РЖДАЮ	
Декан	факультета химической	
техног	огии и техники	

канд. техн. наук, доцент

Ю. А. Климош