

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

**Передовая инженерная школа атомного машиностроения
и систем высокой плотности энергии (ПИШ)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПИШ:

_____ А.В. Тумасов

“20” марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.1.1 «Получение водорода методом электролиза»
для подготовки магистров

Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология

Направленность: Техника и технологии водородной энергетики

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2025

Выпускающая кафедра: ТЭПиХОВ

Кафедра-разработчик: ТЭПиХОВ

Объем дисциплины: 108/3

часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет (1 семестр)

Разработчик: Бачаев А.А., к.т.н., профессор

Нижний Новгород
2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 г. № 910 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 19.12.2024 № 7

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»

Протокол заседания от «03» марта 2025 г. №6

Зав. кафедрой к.т.н., доцент, Ивашкин Е.Г. _____

Рабочая программа рекомендована к утверждению ученым советом института физико-химических технологий и материаловедения

Протокол заседания от «20» марта 2025 г. №6

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 18.04.01-В-9

Начальник МО _____ Е.Г. Севрюкова

Заведующая отделом комплектования НТБ

_____ Н.И. Кабанина
(подпись)

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	16
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	17
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	17
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	18
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	18
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	18
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	19
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	20
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	20
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ..	20
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ..	20
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	20
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	21
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА С ОЦЕНКОЙ ..	22

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются: формирование у студентов основных представлений о принципах, достоинствах и недостатках способов получения водорода и их обоснованного выбора с учетом конкретных условий, а также навыков алгоритмов решения проблемных вопросов.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- основные представления о физико-химических основах способов;
- формирование навыков выявления проблем и способов их решения;
- получение необходимых знаний о способах снижения углеродного следа.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.ОД.1.1 «Получение водорода методом электролиза» включена в перечень обязательных дисциплин вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, программы магистратуры «Техника и технологии водородной энергетики». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Для успешного освоения дисциплины студенту необходимы знания курсов физики, математики; общей, физической, аналитической и органической химии.

Полученные знания необходимы: для изучения предметов по профилю подготовки «Получение водорода из углеводородного сырья», «Использование водорода в химической технологии», «Преддипломная практика», «Технологическая практика», «Научно-исследовательская работа», подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОП ВО по специальности 18.04.01 Химическая технология программы магистратуры «Техника и технологии водородной энергетики»:

ПК-2. Готов к внедрению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники и передовой технологии в области водородной энергетики

ПК-4. Способен к совершенствованию технологического процесса; применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
ПК-2				
Б1.В.ОД.1.1 Получение водорода методом электролиза				
Б1.В.ОД.1.3 Биологические методы получения водорода				
Б1.В.ОД.2.2 Использование водорода в химической технологии				
Б1.В.ОД.4 Технологические основы и технология очистки газов для водородной энергетики				
Б1.В.ОД.5 Научные основы процессов массопереноса и разделения				
Б1.В.ДВ.1.1 Термодинамика и кинетика химических процессов				
Б2.П.1 Научно-исследовательская работа				
Б2.П.2 Технологическая практика				
Б2.П.4 Преддипломная практика				
Б2.П.3 Научно-исследовательская работа				
Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				
ПК-4				
«Получение водорода методом электролиза» (Б1.В.ОД.1.1) ИПК-4.1, ИПК-4.2, ИПК-4.3				
«Получение водорода из углеводородного сырья» (Б1.В.ОД.1.2) ИПК-4.2				
«Топливные элементы и водородная энергетика» (Б1.В.ОД.2.1) ИПК-4.1				
«Биологические методы получения водорода» (Б1.В.ОД.1.3) ИПК-4.1, ИПК-4.2				
«Использование водорода в химической технологии» (Б1.В.ОД.2.2) ИПК-4.1				
«Технологические основы и технология очистки газов для водородной энергетики» (Б1.В.ОД.4) ИПК-4.1				
«Основы промышленной экологии и безопасность водородных установок» (Б1.В.ДВ.2.1) ИПК-4.3				
«Основы промышленного строительства и проектирования систем вентиляции» (Б1.В.ДВ.2.2) ИПК-4.1				
«Экономическая оценка производства» (ФТД.4) ИПК-4.3				
Технологическая практика (Б2.П.2) ИПК-4.1, ИПК-4.2				
Преддипломная практика (Б2.П.4) ИПК-4.3				
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3.Д.1)				

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства			
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации		
Тип профессиональной деятельности – научно-исследовательский						
Трудовая функция: D/03.7 (ПС 19.083) Организация работ по повышению эффективности производства ВСГ						
ПК-2. Готов к внедрению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники и передовой технологии в области водородной энергетики	ИПК-2.1. Разрабатывает проекты внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники и передовых технологий области водородной энергетики	Знать: приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования.	Уметь: проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования.	Владеть: навыками проведения исследовательских работ; навыками проектирования; навыками расчетов; конструкционным устройством оборудования.	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПК-2.2. Анализирует риски и изменение эффективности работы технологических установок при внедрении новой техники и технологий в области водородной энергетики	Знать: библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации.	Уметь: критически оценивать полученную информацию; выбрать главное; формулировать гипотезы; обрабатывать результаты исследований.	Владеть: навыками работы с технической литературой; умением вести патентный поиск; навыками обработки экспериментальных расчетов, способами оптимизации; навыками ранжирования критериев при выборе технологических параметров и установок, анализ и оценка рисков при выборе технологического оборудо-	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты

				вания.		
Тип профессиональной деятельности – технологический						
Трудовая функция: Е/02.7 (ПС 19.002) Организация работ по повышению эффективности переработки нефти, газа и химического сырья						
ПК-4. Способен к совершенствованию технологического процесса; применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства	ИПК-4.1. Управляет разработкой технологического процесса ИПК-4.2. Проводит работы по оптимизации технологического процесса	Знать: правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования.	Уметь: проводить расчеты; критически оценивать полученные результаты; иллюстрировать разработки; оптимизировать режимы.	Владеть: навыками расчетов; правилами оптимизации.	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПК-4.3. Оценивает и анализирует показатели рентабельности и предлагаемых решений, выбирая экономически обоснованные, ресурсо- и природосберегающие технологические процессы и режимы производства	Знать: взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам.	Уметь: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы.	Владеть: навыками оптимизации; навыками выбора критериев.	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. 108 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		1сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	39	39
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	-	-
1.2.Внеаудиторная, в том числе	5	5
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита), реферат	1	1
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-	-
2. Самостоятельная работа (СРС)	69	69
реферат/эссе (подготовка)	18	18
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
контрольная работа	-	-
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.), в т.ч. подготовка к зачёту	51	51
Подготовка к зачету (контроль)	-	-

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
1 семестр								
ПК-2 ИПК -2.1 ИПК-2.2 ПК-4 ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 1 Введение						Презентация	Конспект лекций
	Тема 1.1 Углеродный след, причины, последствия. Монреальское (1996г.) и Парижское (2015 г.) соглашения по климату	1,0			2,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 1.2 Углеродные единицы : содержание, налог (сборы), рынков, проблемы и пути их решения	1,0			2,0			
	Тема 1.3 Законы и постановления Правительства РФ	1,0			2,0			
	Тема 1.4 Актуальность водородной энергетики в настоящее время и на перспективу, сдерживающие факторы. Цветовые обозначения водорода	2,0			2,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	5,0	-	-	8,0			
ПК-2 ИПК -2.1 ИПК-2.2 ПК-4 ИПК-4.1 ИПК-4.2	Раздел 2 Промышленные способы получения водорода разложением воды без выделения углерод-содержащего продукта . Принцип, физико-химические основы, достоинства и недостатки						Презентация	Конспект лекций
	Тема 2.1 Получение водорода электрохимическим способом (электролиз воды): принцип, до	2,0	-		3,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используе- мых активных и интерак- тивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
ИПК-4.3	стоинства, недостатки, актуаль- ность в настоящее время и на перспективу, промышленные варианты методов реализации, особенности экономических по- казателей							
	Тема 2.2 Щелочной электролиз воды (ЩЭВ): особенности мето- да, достоинства, недостатки, тео- ретические основы, технологиче- ская схема, конструкция и пока- затели электролизеров	5,0	-		5,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Практическое занятие по теме 2.1 и 2.2 Удельные затраты электроэнер- гии на получение водорода: мето- дики расчета напряжения		-	3,0	6,0	Подготовка к практиче- скому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Удельные затраты электроэнер- гии на получение водорода: удельного расхода электроэнер- гии,			3,0	6,0	Подготовка к практиче- скому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Анализ составляющих уравнений и возможностей воздействия на них, инновационные предложе- ния – 10 час.			4,0	7,0	Подготовка к практиче- скому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Кинетические возможности элек- тролиза: что определяет анализ составляющих кинетических уравнений и возможностей воз- действия на них, инновационные предложения.			5,0	7,0	Подготовка к практиче- скому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Определения экономической плотности тока			2,0	4,0	Подготовка к практиче- скому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используе- мых активных и интерак- тивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	Тема 2.3 Твердополимерный электролиз (ТПЭ): особенности методов, достоинства, недостат- ки, теоретические основы, техно- логическая схема, конструкция и показатели электролизеров	3,0			3,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.4 Твердооксидный элек- тролиз (ТОЭ): особенности мето- да, перспективы, атомно- водородный комплекс, достоин- ства, недостатки, технологиче- ская блок-схема, конструкция ячеек, и электролизеров, их пока- затели	2,0			2,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				43,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	15,0	-	17,0	43,0			
	Реферат				18,0			
	ИТОГО по дисциплине	17,0	-	17,0	69,0			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических занятий и реферата.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета в 1 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Технология электрохимических производств и химии органических веществ».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при промежуточной аттестации и оценка выполнения реферата приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при промежуточном контроле и оценка выполнения реферата

Шкала оценивания	Защита реферата	Зачет
$40 < R \leq 50$	зачет	зачет
$30 < R \leq 40$		
$20 < R \leq 30$		
$0 < R \leq 20$	незачет	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-2. Готов к внедрению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники и передовой технологии в области водородной энергетики	ИПК-2.1. Разрабатывает проекты внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники и передовых технологий области водородной энергетики	Не знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Не умеет проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования. Не владеет навыками проведения исследовательских работ; навыками проектирования; навыками расчетов; конструкционным устройством оборудования.	Слабо знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Слабо умеет проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования. Слабо владеет навыками проведения исследовательских работ; навыками проектирования; навыками расчетов; конструкционным устройством оборудования.	Хорошо знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Хорошо умеет проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования. Хорошо владеет навыками проведения исследовательских работ; навыками проектирования; навыками расчетов; конструкционным устройством оборудования.	Уверенно знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Уверенно умеет проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования. Уверенно владеет навыками проведения исследовательских работ; навыками проектирования; навыками расчетов; конструкционным устройством оборудования.

	ИПК-2.2. Анализирует риски и изменение эффективности работы технологических установок при внедрении новой техники и технологий в области водородной энергетики	<p>Не знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации.</p> <p>Не умеет критически оценивать полученную информацию; выбрать главное; формулировать гипотезы; обрабатывать результаты исследований.</p> <p>Не владеет навыками работы с технической литературой; умением вести патентный поиск; навыками обработки экспериментальных расчетов, способами оптимизации; навыками ранжирования критериев при выборе технологических параметров и установок, анализ и оценка рисков при выборе технологического оборудования.</p>	<p>Слабо знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации.</p> <p>Слабо умеет критически оценивать полученную информацию; выбрать главное; формулировать гипотезы; обрабатывать результаты исследований.</p> <p>Слабо владеет навыками работы с технической литературой; умением вести патентный поиск; навыками обработки экспериментальных расчетов, способами оптимизации; навыками ранжирования критериев при выборе технологических параметров и установок, анализ и оценка рисков при выборе технологического оборудования.</p>	<p>Хорошо знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации.</p> <p>Хорошо умеет критически оценивать полученную информацию; выбрать главное; формулировать гипотезы; обрабатывать результаты исследований.</p> <p>Хорошо владеет навыками работы с технической литературой; умением вести патентный поиск; навыками обработки экспериментальных расчетов, способами оптимизации; навыками ранжирования критериев при выборе технологических параметров и установок, анализ и оценка рисков при выборе технологического оборудования.</p>	<p>Уверенно знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации.</p> <p>Уверенно умеет критически оценивать полученную информацию; выбрать главное; формулировать гипотезы; обрабатывать результаты исследований.</p> <p>Уверенно владеет навыками работы с технической литературой; умением вести патентный поиск; навыками обработки экспериментальных расчетов, способами оптимизации; навыками ранжирования критериев при выборе технологических параметров и установок, анализ и оценка рисков при выборе технологического оборудования.</p>
ПК-4. Способен к совершенствованию технологического процесса; применению современного оборудования; разработке мероприятий по экономически обоснованному рациональному распределению ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства	ИПК-4.1. Управляет разработкой технологического процесса ИПК-4.2. Проводит работы по оптимизации технологического процесса	<p>Не знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования.</p> <p>Не умеет проводить расчеты; критически оценивать полученные результаты; иллюстрировать разработки; оптимизировать режимы.</p> <p>Не владеет навыками расчётов; правилами оптимизации.</p>	<p>Слабо знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования.</p> <p>Слабо умеет проводить расчеты; критически оценивать полученные результаты; иллюстрировать разработки; оптимизировать режимы.</p>	<p>Хорошо знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретическое основы процессов; конструкции оборудования.</p> <p>Хорошо умеет проводить расчеты; критически оценивать полученные результаты; иллюстрировать разработки; оптимизировать режимы.</p>	<p>Уверенно знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретическое основы процессов; конструкции оборудования.</p> <p>Уверенно умеет проводить расчеты; критически оценивать полученные результаты; иллюстрировать разработки; оптимизировать режимы.</p>

			Слабо владеет навыками расчётов; правилами оптимизации.	Хорошо владеет навыками расчётов; правилами оптимизации.	Уверенно владеет навыками расчётов; правилами оптимизации.
	ИПК-4.3. Оценивает и анализирует показатели рентабельности и предлагаемых решений, выбирая экономически обоснованные, ресурсо- и природосберегающие технологические процессы и режимы производства	Не знает взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам. Не умеет: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы. Не владеет навыками оптимизации; навыками выбора критериев.	Слабо знает взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам. Слабо умеет: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы. Слабо владеет навыками оптимизации; навыками выбора критериев.	Хорошо знает взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам. Хорошо умеет: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы. Хорошо владеет навыками оптимизации; навыками выбора критериев.	Уверенно знает взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам. Уверенно умеет: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы. Уверенно владеет навыками оптимизации; навыками выбора критериев.

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда, электронные издания.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль). Издания, находящиеся в электронном доступе (электронный ресурс), удовлетворяют этому требованию автоматически. Электронный доступ приведен в виде ссылок после обычного описания издания.

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	Радченко Р.В. Мокрушин А.С. Тюльпа В.В.	Водород в энергетике	Екатеринбург: Уральский федеральный центр имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, 2014 – 234 с.	Учебное пособие	[Электронный ресурс]
6.1.2.	Ткачек З.А.	Электролиз воды	Москва, 2012		[Электронный ресурс]
6.1.3.	Миомандр Ф, Садаки С., Одебер П.	Электрохимия	М.:Высшее образование, 2008	учебник	10
6.1.4.	Дамаскин Б. Б.,	Электрохимия	СПб.: Издатель-	Учебное пособие	[Элек-

	Петрий О. А., Цирлина Г. А.		ство «Лань», 2015. — 672 с		тронный ресурс]
6.1.5.	Исаев В.В., Козырин, В.А. Михаленко М.Г.	Основные поло- жения и понятия теоретической электрохимии	НГТУ им. Р.Е. Алексеева 2018	Учебное пособие	2
6.1.8.	Бачаев А.А. Рогожин В.В.	Методические указания к выпол- нению дипломно- го проекта по раз- делу "Электролиз водных растворов без выделения металлов", "Элек- тролитическое производство во- дорода и кислоро- да" для студентов направления 18.04.01 "Химиче- ская технология".	НГТУ им. Р.Е. Алексеева 2018.	Учебное пособие	2

6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в биб- лиотеке
6.2.1.	С.А. Гаврилов, А.Н. Белов	Электрохимические про- цессы в технологии мик- ро- и нанoeлектроники	Нац.-исслед.ун-т "МИЭТ". - М. Юрайт, 2014	Учебное пособие	2
6.2.2.	М.Г. Михаленко [и др]	Лабораторный практи- кум по основам электро- химической технологии	НГТУ им.Р.Е.Алексеев а; Н.Новгород : 2017	Учеб.пособие	[Элек- тронный ресурс]
6.2.3.	Салем Р.Р.	Физическая химия. Начала теоретической электрохимии	М.:Ком.книга, 2005	-	30
6.2.4.	Комкин А.С., Спиридонов В.С.	Расчет систем механиче- ской вентиляции	Изд-во НГТУ им. Н.Э. Баума- на, 2007	Учебное пособие	1(на ка- федре ТЭП)

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных за-
нятий по дисциплине «Получение водорода методом электролиза» находятся на кафедре
«ТЭПиХОВ».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине
«Получение водорода методом электролиза».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной
работы по дисциплине «Получение водорода методом электролиза».

7.ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.

1. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
2. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
3. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
4. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
5. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специа-

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№	Наименование аудиторий и помещений кафедры	Оснащенность аудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	1345 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24, корп. 1	1. Доска меловая; 2. Экран настенный; 3. Рабочее место преподавателя; 4. Рабочее место студента - 28 чел. 5. Мультимедийный проектор Epson ER; 6. Персональный компьютер, Intel(R) Core(TM) i3-3220 CPU @ 3.30 GHz 4,00 ГБ ОЗУ /HDD 500.	1. Windows SL 8.1 (подписка Dr. Spark Prem, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024) Распространяемое по свободной лицензии; 3 Adobe Acrobat Reader X (Free-ware); 4. P7 офис 5. Zoom (Free) (1 шт.)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Получение водорода методом электролиза», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ТЭПиХОВ» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода

занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.

Лабораторные работы не предусмотрены.

10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях.

1. Исаев В.В., Козырин, В.А. Михаленко М.Г. «Основные положения и понятия теоретической электрохимии», НГТУ, Н.Новгород, 2018.

2. Бачаев А.А. Рогожин В.В. Методические указания к выполнению курсового проекта по разделу "Электролиз водных растворов без выделения металлов", "Электролитическое производство водорода и кислорода" для студентов направления 18.04.01 "Химическая технология", НГТУ, Н.Новгород, 2018

10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут рабо-

тать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в разделе 9). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ТЭПиХОВ».

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение текущего опроса;
- защита реферата;
- зачет.

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации

Примерные темы рефератов:

1. Приготовление раствора и электролиз при получении водорода по «щелочной» технологии.
2. Электролиз и регенерация электролита при получении водорода по «щелочной» технологии.
3. Получение водорода электролизом по «щелочной» технологии, осушка и очистка.
4. Получение кислорода электролизом по «щелочной» технологии, осушка и очистка.
5. Очистка воды и электролиз при получении водорода по технологии с ТПЭ.
6. Очистка воды, приготовление раствора и электролиз при получении водорода по «серно-кислотной» технологии.
7. Получение водорода электролизом по «щелочной» технологии под давлением.
8. Получение водорода электролизом с заменой анодного процесса.
9. Интенсификация водородного процесса при получении его электролизом по «щелочной» технологии.
10. Энергосбережение при получении водорода электролизом по «щелочной» технологии.
12. Транспортировка и накопление водорода.

11.2.1. Вопросы к зачету, проводимому по окончании первого семестра

1. Особенности и показатели паракислородной конверсии.
2. Получение водорода пиролизом метана. Сырье, принцип, масштабы. Достоинства и недостатки, удельные затраты.
3. Физико-химические основы пиролиза: механизмы, реакции, режимы, катализаторы.
4. Принципиальная технологическая схема получения водорода пиролизом метана, «Углеродный» след.
5. Получение водорода плазмохимическим разложением газов: сырье, принцип, достоинства и недостатки, масштабы, качество, удельные затраты.
6. Физико-химические основы пиролиза: стадийность, реакции, режимы, ионизаторы.
7. Принципиальная схема получения водорода плазмохимическим разложением газов, «Углеродный» след.

8. Получение водорода газификацией угля: сырье, принцип, достоинства и недостатки, масштабы, качество, удельные затраты.
9. Физико-химические основы газификации: стадийность, реакции, режимы, классификация процессов.
10. Принципиальная технологическая схема получения водорода газификацией угля. «Углеродный» след.
12. Получение водорода глубоким охлаждением газовых смесей: сырье, принцип, достоинства и недостатки, масштабы, качество, удельные затраты.
13. Физико-химические основы глубокого охлаждения: ступенчатость, холодильные циклы, режимы.
14. Принципиальная технологическая схема получения водорода глубоким охлаждением. «Углеродный» след.
15. Утилизация углерод-содержащих отходов:
 - извлечение;
 - физико-химические основы способов улавливания двуокиси углерода из водородных потоков, достоинства и недостатки;
 - транспортировка;
 - захоронение.
16. Рециклинг двуокиси углерода: перечень товарных продуктов, объемы потребления (производства); физико-химические основы их получения: реакции, режимы, достоинства и недостатки.
17. Получение водорода электролизом воды: принцип, масштабы, достоинства и недостатки, качество, удельные затраты.
18. Физико-химические основы электролиза: реакции, режимы.
19. Принципиальные технологические схемы получения водорода электролизом: щелочной; с твердым полимерным электролитом; с твердым оксидным электролитом. Особенности.
20. Сравнительный анализ технико-экономических характеристик способов получения водорода. Выбор способа с учетом: качества и объемов производимого водорода, доступности и стоимости сырья, экологичности производства, удаленных затрат.
21. Транспортировка и накопление водорода.
22. Снижение энергозатрат на электролиз. Анализ баланса напряжения. Мероприятия по уменьшению вклада наиболее значимых составляющих (напряжение разложения, омические потери).
23. Анализ уравнений поляризаций водородного и кислородного процессов. Мероприятия по их уменьшению, сдерживающие факторы.
24. Увеличение скорости получения водорода электролизом. Анализ уравнения кинетики выделения водорода. Возможности увеличения скорости, сдерживающие факторы.