

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

Образовательно-научный институт физико-химических технологий и мате-
риаловедения (ИФХТиМ)



Мацулевич Ж.В

“21 января 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.6 Химические реакторы
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: «Технология электрохимических производств»,

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2020

Выпускающая кафедра: ТЭП и ХОВ

Кафедра-разработчик: ТЭП и ХОВ

Объем дисциплины: 144/4
часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен (7 семестр)

Разработчик: Исаев В.В., к.т.н., доцент, Бачаев А.А., к.т.н., профессор

Нижний Новгород
2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3+) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 11 августа 2016 г. № 1005 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 17.12.2019 г. № 3

Рабочая программа принята на заседании кафедры

«Технология электрохимических производств и химии органических веществ» (ТЭПиХОВ)

Протокол заседания от «18» января 2020 г. №4

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

Рабочая программа утверждена на заседании Учебно-методического совета института физико-химических технологий и материаловедения

Протокол заседания от «21» января 2020 г. №4

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № _____.

Начальник МО _____

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	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	7
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	8
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	20
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	21
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	21
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	22
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	22
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	22
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	23
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..	24
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	24
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	25
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	25
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ.....	25
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	25
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	26
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	26
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА	25
11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	27

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является формирование у студентов теоретической базы для последующего освоения прикладных дисциплин и профессиональных компетенций в области химических и электрохимических процессов.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- формирование представлений о химических и электрохимических реакторах;
- приобретение навыков расчета химических и электрохимических реакторов;
- формирование навыков управления химическими и электрохимическими реакторами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ОД.6 «Химические реакторы» относится к дисциплинам базовой части обязательная дисциплина вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ОП по направлению 18.03.01 «Химическая технология», направленность: «Технология электрохимических производств» и осваивается в 7 семестре.

Для успешного освоения дисциплины студенту необходимы знания курсов «Математика», «Физика», «Химия элементов», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Органическая химия», «Электротехника и промышленная электроника», «Процессы и механические аппараты химических производств», «Моделирование химико-технологических процессов», «Теоретическая электрохимия», «Коррозия и защита металлов».

Дисциплина «Химические реакторы» является основой для последующего изучения дисциплин «Электрохимические технологии», «Оборудование и основы проектирования цехов гальванических покрытий», «Оборудование и основы получения химических материалов», «Оборудование и основы проектирования химических источников тока». Приобретенные в рамках дисциплины «Химические реакторы» умения применяются в производственной (преддипломной) практике в 8 учебном семестре.

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 18.03.01 Химическая технология:

ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

ПК-9 Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования

Таблица 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства			
		Текущего контроля	Промежуточной аттестации		
ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<p>Знать: классификацию, особенности конструкции и назначения, способы повышения эффективности работы нефтехимических реакторов, химические реакции, происходящие в химических реакторах, принципы использования математических, физических, физико-химических задач при выборе реактора, особенности протекания химических реакций в реакторах различных типов для решения задач профессиональной деятельности..</p>	<p>Уметь: анализировать химические реакции, происходящие в химических реакторах, применить физико-химические методы при выборе химического реактора в решении задач профессиональной деятельности, выявлять способы повышения эффективности работы реакторов.</p>	<p>Владеть: навыками анализа учебной и научной литературы для описания химических реакций, протекающих в различных реакторах, навыками в применении физико-химических методов для выбора реактора, методами расчета материальных и тепловых балансов химических реакторов; методами обоснования выбора (замены) реактора для процессов электрохимического производства</p>	Защита реферата	Вопросы для устного собеседования, экзаменационные билеты
ПК-9 Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования	<p>Знать: работать с литературой по выбору химических реакторов; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.</p>	<p>Уметь: применять нормативную документацию в соответствующей области знаний; применять методы анализа научно-технической информации.</p>	<p>Владеть: методами анализа эффективности выбора эффективного реактора для соответствующего процесса.</p>	Защита реферата	Вопросы для устного собеседования, экзаменационные билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. 144 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		7 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	58	58
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	51	51
занятия лекционного типа (Л)	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	-	-
1.2.Внеаудиторная, в том числе	7	7
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	7	7
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-	-
2. Самостоятельная работа (СРС)	50	50
реферат/эссе (подготовка)	8	8
расчёто-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	42	42
Подготовка к зачету (контроль)	36	36

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.2 – 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							
7 семестр											
ОПК-1 ПК-9	Раздел 1. Химический реактор - основной элемент аппаратурного оформления технологической схемы.						Презентация	Конспект лекций			
	Тема 1.1 Основы расчетов химических реакторов	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]					
	Тема 1.2 . Материальный баланс, энергетический баланс, экономическая оценка химических реакторов	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]					
	Тема 1.3. Классификация химических реакторов	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]					
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				3,0						
	реферат, эссе (тема)										
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	Итого по 1 разделу	2,0	-	-	3,0						
ОПК-1 ПК-9	Раздел 2. Особенности структуры потоков в реакторе						Презентация	Конспект лекций			
	Тема 2.1. Моделирование потоков в реакторах по полу скоростей движения частиц в реакторе	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]					
	Тема 2.2 Моделирование потоков в реакторах по распределению времени пребывания реагирующих частиц в реакторе	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]					

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
ОПК-1 ПК-9	Тема 2.3 Моделирование потоков в реакторах по потокам идеального смешения и идеального вытеснения.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела: реферат, эссе (тема)				3,0			
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 2 разделу	2,0	-		3,0			
	Раздел 3 Периодический реактор идеального смешения						Презентация	Конспект лекций
ОПК-1 ПК-9	Тема 3.1 Особенности работы реактора	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 3.2 Расчет времени протекания химической реакции в реакторе идеального смешения периодического действия	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела: реферат, эссе (тема)				2,0			
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 3 разделу	2,0	-		2,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 4. Реактор идеального смешения непрерывного действия.						Презентация	Конспект лекций
	Тема 4.1 Особенности работы реактора идеального смешения непрерывного действия	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 4.2 Расчет времени протекания химической реакции в реакторе идеального смешения непрерывного действия	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	Практическое занятие по разделу 4			3,0	1,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела: реферат, эссе (тема)				2,0			
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	2,0	-	3,0	2,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 5. Реактор идеального вытеснения						Презентация	Конспект лекций
	Тема 5.1 Особенности работы реактора идеального вытеснения	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 5.2 Расчет времени протекания химической реакции в реакторе идеального вытеснения	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Практическое занятие по разделу 5			3,0	1,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела: реферат, эссе (тема)				2,0			
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 5 разделу	1,5	-	3,0	2,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 6. Сравнение реакторов различных типов (РИС-П, РИС-Н, РИВ) между собой						Презентация	Конспект лекций
	Тема 6.1 Сравнение реакторов по интенсивности работы	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 6.2 Сравнение реакто-	0,25			1,0	Подготовка к лекциям		

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	ров по селективности получаемого продукта				[6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]			
	Тема 6.3 Сравнение реакторов по выходу получаемого продукта	0,25			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				3,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 6 разделу	1.0	-	-	3,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 7. Каскад реакторов						Презентация	Конспект лекций
	Тема 7.1 Какие типы реакторов целесообразно соединять в каскад? Преимущества каскада реакторов	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 7.2 Графический метод расчета реакторов в каскаде	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 7.3 Аналитический метод расчета реакторов в каскаде	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Практическое занятие по разделу 7			3,0	1,5	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				3,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 6 разделу	1,5	-	3,0	3,0			
	Раздел 8. Явление переноса в химических процессах, протекающих в реакторах						Презентация	Конспект лекций
	Тема 8.1 Внешнедиффу-	1,0			1,0	Подготовка к лекциям		

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	зационное торможение. Влияние на скорость химического процесса.					[6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
ОПК-1 ПК-9	Тема 8.2 Внутридиффузионное торможение. Влияние на скорость химического процесса	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]	Презентация	Конспект лекций
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				2,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 8 разделу	2,0	-	-	2,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 9. Факторы, влияющие на интенсивность протекающих в реакторе процессов						Презентация	Конспект лекций
	Тема 9.1 Протекание в реакторах гетерогенных химических реакций	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Тема 9.2 Протекание в реакторах гомогенных химических реакций	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				2,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 9 разделу	2,0	-	-	2,0			
	Раздел 10. Оптимальное распределение потока по параллельно работающим реакторам идеального смешения						Презентация	Конспект лекций
	Тема 10.1 Выбор критерия оптимальности для параллельно работающих реакторов	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	Тема 10.2 Математическая оптимизация распределения потока по параллельно работающим реакторам	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела: реферат, эссе (тема)				2,0			
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 10 разделу	2,0	-	-	2,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 11. Электрохимические реакторы – электролизёры Электролизер получения водорода и кислорода электролизом воды						Презентация	Конспект лекций
	Тема 11.1 Принципиальная схема получения водорода и кислорода электролизом воды.	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 11.2 Принцип биполярной конструкции электролизера, достоинства и недостатки	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 11.3. Конструкция биполярного электрода, материал, назначение составляющих	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 11.4 Конструкция и назначение диафрагменной рамы, прокладок, стяжных плит.	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 11.5 Последовательность сборки электролизера. Показатели.	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 11.6 Расчет масс и объемов потоков входящих и выходящих из электролизера	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	с учетом режимов процесса.							
	Практическое занятие по разделу 11			3,0	3,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по освоению 11раздела:				6,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 11 разделу	6,0	-	3,0	6,0			
ОПК-1 ПК-9	Раздел 12. Электролизеры получения хлора и щелочи электролизом рассола						Презентация	Конспект лекций
	Тема 12.1 Принципиальная схема мембранныго способа получения хлора и щелочи электролизом рассола.	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.2 Конструкция автономной ячейки, материалы, назначение составляющих, достоинства и недостатки.	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.3 Порядок сборки ячеек при моно – биполярном и блочном включении. Показатели работы.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.4 Расчет количества ячеек для заданной производительности электролизера.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.5 Расчет масс и объемов потоков, входящих, выходящих из электролизера с учетом режимов процесса	1,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.6 . Расчет тока и напряжения на электролизере при различных схемах	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	включения автономных ячеек.							
	Тема 12.7 Принципиальная схема получения щелочи и хлора диафрагменным способом электролизом раствора поваренной соли.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.8 Принцип монополярной конструкции диафрагменного электролизера, достоинства и недостатки.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.9 Конструкции анодного и катодного комплектов, материал, назначение отдельных элементов.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.10 Порядок сборки электролизеров. Показатели. Конструкция электролизера.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.11 Расчет масс и объемов потоков входящих и выходящих из электролизера с учетом режимов процесса.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Тема 12.12 Принципиальная схема получения щелочи и хлора ртутным способом. Конструкция электролизера и его показатели.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1],		
	Практическое занятие по разделу 12			4,0	3,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.7], [6.1.8], [6.1.9], [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по освоению 12 раздела: реферат, эссе (тема)				10,5			
	расчетно-графическая работа (РГР)							

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)
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа студентов (час)			
	Итого по 12 разделу	8,5	-	4,0	10,5			
	Раздел 13. Получение надсерной кислоты в производстве перекиси водорода						Презентация	Конспект лекций
	Тема 13.1 Электролиз раствора серной кислоты	0,5			0,5			
	Тема 13.2 Гидролиз надсерной кислоты	0,5			0,5			
	Тема 13.3 Конструкции электролизеров и гидролизеров	0,5			0,5			
	Практическое занятие по разделу 12			1,0				
	Самостоятельная работа по освоению 12 раздела: реферат, эссе (тема)				1,5			
	расчёто-графическая работа (РГР)							
	Итого по 12 разделу	1,5	-	1,0	1,5			
	реферат				8			
	Итого по дисциплине	34	-	17	50			

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

Для осуществления текущего контроля знаний, обучающихся предусмотрено написание и защита реферата.

Сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 7 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 текущем контроле, оценка выполнения реферата приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Реферат	Экзамен
$40 < R \leq 50$	Отлично	Отлично
$30 < R \leq 40$	Хорошо	Хорошо
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	Удовлетворительно
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	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	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
ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<p>Не знаком с классификацией, особенностями конструкции и назначением нефтехимических реакторов; с химическими реакциями, происходящими в химических реакторах; с принципами использования математических, физических, физико-химических задач при выборе реактора, с особенностями протекания химических реакций в реакторах различных типов для решения задач профессиональной деятельности;</p> <p>Не имеет понятия о навыках анализа учебной и научной литературы для описания химических реакций, протекающих в различных реакторах, о методиках расчета материальных и тепловых балансов химических реакторов; о методах обоснования выбора (замены) реактора для процессов электрохимического производства.</p>	<p>Слабо знаком с классификацией, особенностями конструкции и назначением нефтехимических реакторов; с химическими реакциями, происходящими в химических реакторах; с принципами использования математических, физических, физико-химических задач при выборе реактора, с особенностями протекания химических реакций в реакторах различных типов для решения задач профессиональной деятельности;</p> <p>Имеет слабые понятия о навыках анализа учебной и научной литературы для описания химических реакций, протекающих в различных реакторах, о методиках расчета материальных и тепловых балансов химических реакторов; о методах обоснования выбора (замены) реактора для процессов электрохимического производства</p>	<p>Хорошо знаком с классификацией, особенностями конструкции и назначением нефтехимических реакторов; с химическими реакциями, происходящими в химических реакторах; с принципами использования математических, физических, физико-химических задач при выборе реактора, с особенностями протекания химических реакций в реакторах различных типов для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>Достаточно уверенно владеет навыками анализа учебной и научной литературы для описания химических реакций, протекающих в различных реакторах, о методиках расчета материальных и тепловых балансов химических реакторов; о методах обоснования выбора (замены) реактора для процессов электрохимического производства</p>	<p>Отлично знаком с классификацией, особенностями конструкции и назначением нефтехимических реакторов; с химическими реакциями, происходящими в химических реакторах; с принципами использования математических, физических, физико-химических задач при выборе реактора, с особенностями протекания химических реакций в реакторах различных типов для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>Уверенно владеет навыками анализа учебной и научной литературы для описания химических реакций, протекающих в различных реакторах, о методиках расчета материальных и тепловых балансов химических реакторов; о методах обоснования выбора (замены) реактора для процессов электрохимического производства.</p>

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	Ксензенко В. И.	Общая химическая технология и основы промышленной экологии	М.; «Колос», 2003 г.	Учебник	22
6.1.2	Кузнецова И.М. Харлампиди Х.Э. Иванов В.Г. Чиркунов Э.В.	Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов	Изд. Лань 2013 г, 448 с.	Учебник	1
6.1.3	Кузнецова И. М	Общая химическая технология. Материальный баланс химико-технологического процесса	М.: Логос, 2007 г	Учебник	1

6.1.4	Бесков В.С	Общая химическая технология	Изд. Академкнига 2005 г. 452 с		1
6.1.5	Соколов Р.С	Химическая технология Т.1, Т.2,	Гуманитарный издательский центр «Владос», 2003 г.		29
6.1.6	Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г	Общая химическая технология 3-е изд.	Москва ИКЦ «Академкниги» 2004 г	Учебник	1
6.1.7.	Истомина Н.В. Сосновская Н.Г. Ковалюк Е.Н.	Оборудование электрохимических производств	Ангарская государственная техническая академия, АГТА, 2010, 100с.	Учебное пособие	[Электронный ресурс]

6.2. Справочно-библиографическая литература.

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.2.1.	Ягуд Б.Ю.	Справочник по производствам хлора, каустической соды и едкого кали	Москва, «Ассоциация хлорной промышленности «РусХлор», 2020г.		[Электронный ресурс]

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Химические реакторы» находятся на кафедре «Технология электрохимических производств и химии органических веществ».

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.
- Электронно-библиотечная система Znaniум.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
- Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
- Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.

6. 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.

7. 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/

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)	3
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» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

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

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 1160 – 15 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

При проведении лекций и лабораторных практикумов на кафедре используется материально-техническое оснащение аудиторий и лабораторий кафедры, применяемое в реализации учебного процесса, приведенное в образовательной программе профиля «Технология электрохимических производств»: лабораторные приборы (комплект лабораторного оборудования для контроля качества материалов, приборы для контроля качества получаемых покрытий); компьютерная и офисная техника (ПК, принтер, копировальная техника).

№	Наименование аудиторий и помещений кафедры	Оснащенность аудиторий помещений 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 (подпись Dr. Spark Prem, договор № 0509/КМР от 15.10.18) 2. Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2020) Распространяемое по свободной лицензии: 3 Adobe Acrobat Reader X (Freeware); 4. P7 офис 5. Zoom (Free) (1 шт.)
2	1118 Лабораторный зал Учебная лаборатория (для проведения занятий лабораторного и практического 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. Рабочее место преподавателя; 3. Рабочее место студента - 24 чел. 1. Персональный компьютер, Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00 GHz 512 МБ ОЗУ /HDD 19.5 /HDD 74.5; 2. Персональный компьютер, Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00 GHz 512 МБ ОЗУ /HDD 74.5; 3. Персональный компьютер, Intel(R) Celeron(TM) CPU 1000 MHz 192 МБ ОЗУ /HDD 29.2 /HDD 26.5.	1. WinXP (Dream Spark Premium 700087777); 2. Adobe Acrobat Reader X (Freeware); 3. MSOffice 2007 Standard Russian Academic OPEN No Level (Microsoft Open License Academic № 45990647 (бессрочная)); (1 шт.) 4. ПО для потенциостата PS-Pack 5. ПО для импедансметра Zpack

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 «Химические реакторы», 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 и лабораторных 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 и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Инициируется 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 экзамена 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 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

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;

- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

1 Бачаев А.А., Рогожин В.В. «Электролиз водных растворов без выделения металлов», учебное пособие для практических работ, НГТУ, Н.Новгород, 2015 (Доступно в электронном виде на кафедре «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»).

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 работать 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

- написание и защита реферата;
- экзамен

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена

11.2.1. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании 7 семестра

1. Основы расчетов химических реакторов.
2. Материальный баланс, энергетический баланс, экономическая оценка химических реакторов.
3. Классификация химических реакторов.
4. Моделирование потоков в реакторах по распределению времени пребывания реагирующих частиц в реакторе.
5. Моделирование потоков в реакторах по полю скоростей движения частиц в реакторе.
6. Моделирование потоков в реакторах по потокам идеального смешения и идеально-го вытеснения.
7. Особенности работы реактора.

8. Расчет времени протекания химической реакции в реакторе идеального смешения периодического действия.
9. Особенности работы реактора идеального смешения непрерывного действия.
10. Расчет времени протекания химической реакции в реакторе идеального смешения непрерывного действия
11. Особенности работы реактора идеального вытеснения.
12. Расчет времени протекания химической реакции в реакторе идеального вытеснения.
13. Сравнение реакторов по интенсивности работы.
14. Сравнение реакторов по селективности получаемого продукта.
15. Сравнение реакторов по выходу получаемого продукта.
16. Преимущества каскада реакторов.
17. Графический метод расчета реакторов в каскаде.
18. Аналитический метод расчета реакторов в каскаде.
19. Внешнедиффузионное торможение. Влияние на скорость химического процесса..
20. Внутридиффузионное торможение. Влияние на скорость химического процесса.
21. Протекание в реакторах гетерогенных химических реакций.
22. Протекание в реакторах гомогенных химических реакций.
23. Выбор критерия оптимальности для параллельно работающих реакторов.
24. Математическая оптимизация распределения потока по параллельно работающим реакторам.
25. Определение экономической плотности тока для электрохимической ячейки
26. Принципиальная схема получения водорода и кислорода электролизом воды.
27. Принцип биполярной конструкции электролизера, достоинства и недостатки.
28. Конструкция биполярного электрода, материал, назначение составляющих.
29. Конструкция и назначение диафрагменной рамы, прокладок, стяжных плит.
30. Последовательность сборки электролизера. Показатели.
31. Расчет масс и объемов потоков входящих и выходящих из электролизера с учетом режимов процесса.
32. Принципиальная схема мембранных способа получения хлора и щелочи электролизом рассола.
33. Конструкция автономной ячейки, материалы, назначение составляющих, достоинства и недостатки.
34. Порядок сборки ячеек при моно – биполярном и блочном включении. Показатели работы.
35. Расчет количества ячеек для заданной производительности электролизера.
36. Расчет масс и объемов потоков, входящих, выходящих из электролизера с учетом режимов процесса.
37. Расчет тока и напряжения на электролизере при различных схемах включения автономных ячеек.
38. Принципиальная схема получения щелочи и хлора диафрагменным способом электролизом раствора поваренной соли.
39. Принцип монополярной конструкции диафрагменного электролизера, достоинства и недостатки.
40. Конструкции анодного и катодного комплектов, материал, назначение отдельных элементов.
41. Порядок сборки электролизеров. Показатели. Конструкция электролизера.
42. Расчет масс и объемов потоков входящих и выходящих из электролизера с учетом режимов процесса
43. Принципиальная схема получения щелочи и хлора ртутным способом. Конструкция электролизера.
44. Электролиз раствора серной кислоты
45. Гидролиз надсерной кислоты

46. Конструкции электролизеров и гидролизеров.
47. Варианты расчета скорости подачи рассола.
48. Что необходимо для определения проходного сечения, длины пути и сила тока при расчете падения напряжения в электродах?
49. Как определяется падение напряжения в диафрагме?
50. Причины увеличения падения напряжения в разрушаемых и неразрушаемых анодах, диафрагме, электролите.

11.3. Типовые вопросы для текущего контроля

Примерные темы рефератов.

1. Реактор замедленного коксования
2. Реактор каталитического крекинга коксовых дистиллятов
3. Реактор синтеза метил-трет-бутилового эфира
4. Хлорные электролизеры, их конструктивные особенности.
5. Электролизеры для синтеза хлоркислородных соединений.
6. Электролизеры для синтеза соединений марганца.
7. Электролизеры для синтеза органических соединений.
8. Электролизеры для синтеза надсерной кислоты.
9. Электролизеры для синтеза водорода и кислорода.

Примерные задачи для практических работ

1. В закрытом реакторе протекает реакция пароводяной конверсии метана, описываемой уравнением:



Начальные количества метана и паров воды составляли: для метана – 6 кМоль; для паров воды – 12 кМоль. Определите состав реакционной смеси после реакции (% мольные), если в реакцию вступило 40 % метана. Как изменилось давление в реакторе после реакции?

2. В реакторе окисления SO_2 происходит реакция: $\text{SO}_2 + \text{O}_2 = \text{SO}_3$. Данная реакция в присутствии катализатора протекала при температуре 450^0C и закончилась через 12 минут. За какое время закончится эта реакция, если убрать катализатор? Энергия активации реакции в присутствии катализатора составляла 34 кДж/ моль, а без катализатора – 57 кДж/моль. Определите активность катализатора.

3. Пирит (FeS_2) массой 800 кг, содержащий 12 % примесей, обожгли на воздухе с целью получения сернистого газа SO_2 . Полученный сернистый газ окислили до SO_3 , а из него получили серную кислоту. Определите массу полученной серной кислоты, если выход продукта составил 80 %.

4. В закрытом реакторе протекает реакция пароводяной конверсии метана, описываемой уравнением:



Начальные объёмы газов и паров воды составляли: для метана – 24 л; для паров воды – 40 л. Определите состав реакционной смеси после реакции (% объёмные), если в реакцию вступило 60 % метана. Как изменилось давление в реакторе после реакции?

5. В реакторе окисления SO_2 происходит реакция: $\text{SO}_2 + \text{O}_2 = \text{SO}_3$. Данная реакция без катализатора протекала при температуре 450^0C и закончилась через 12 минут. За какое время закончится эта реакция, если добавить катализатор? Энергия активации реакции без катализатора составляла 64 кДж/ моль, а с катализатором – 37 кДж/моль. Определите активность катализатора.

6. Пирит (FeS_2) массой 600 кг, содержащий 18 % примесей, обожгли на воздухе с целью получения сернистого газа SO_2 . Полученный сернистый газ окислили до SO_3 , а из него получили серную кислоту. Определите массу полученной серной кислоты, если выход продукта составил 72 %.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИФХТиМ
Мацулевич Ж.В.
“ ____ ” 20__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

Б1.В.Од.6 Химические реакторы

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: «Технология электрохимических производств»

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2020

Курс 4

Семестр 7

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1);
- 2);
- 3)

Разработчик (и): Исаев В.В., к.т.н., доцент Бачаев А.А., к.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«__» 202 __ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «ТЭП и ХОВ»
_____ протокол № _____ от «__» 202 __ г.

Заведующий кафедрой Ивашкин Е.Г.

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой «ТЭПиХОВ», Ивашкин Е.Г. «__» 202 __ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____