


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

Держинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:  
 А.М.Петровский  
№ 06 от 08.09.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.13 Общая химическая технология**

(входит в наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра Технологическое оборудование и транспортные системы

Кафедра-разработчик Химические и пищевые технологии

Объем дисциплины 144/4  
часов/з.с

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

Разработчик: к.т.н., доцент Чубенко М.Н.

№ 06 от 10.09.2021 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 августа 2021 года № 728 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 01.10.21 № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Химические и пищевые технологии

протокол от 05.10.21 № 14

Зав. кафедрой д.х.н., профессор Кузнец О.А. Кузнецов  
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Технологическое оборудование и транспортные системы

к.т.н., доцент Диков В.А. Диков  
(подпись)

Начальник ОУМБО  
(подпись)

Старикова И.В. Старикова

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО:

БАБ.13/11ТМО «06» 10 2021г.  
ТМО11<sub>3</sub>

## СОДЕРЖАНИЕ

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 (модуля) .....	4
4. Структура и содержание дисциплины .....	6
4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам .....	6
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам .....	8
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины .....	18
5.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	18
5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	21
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	23
6.1. Учебная литература .....	23
6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	23
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	24
7.1. Перечень информационных справочных систем .....	24
7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины .....	24
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ .....	25
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	26
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины .....	27
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	27
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	28
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	28
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях .....	29
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	29
10.6. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы .....	29
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....	30
11.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости .....	30
11.1.1. Перечень заданий для практических работ .....	30
11.1.2. Типовые задания для лабораторных работ .....	31
11.1.3. Типовые тестовые задания .....	31
11.1.4. Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы .....	34
11.1.5. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы .....	36
11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе аттестации по дисциплине .....	38

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1 Цель освоения дисциплины:

- Целью освоения дисциплины является изучение химических процессов и реакторов, основных понятий и общих принципов химической технологии.

## 1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):

- знание основ теории и расчета химических реакторов;
- знание принципов рационального использования сырья и топливно-энергетических ресурсов;
- изучение типовых химико-технологических процессов и производств.

# 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) «Общая химическая технология» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: математика, экология, химия, органическая химия и биохимия, техническая термодинамика и теплотехника, процессы и аппараты химической технологии, безопасность жизнедеятельности.

Дисциплина «Общая химическая технология» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: машины и аппараты химических производств, системный анализ процессов химической технологии, подготовка и защита ВКР.

Рабочая программа дисциплины «Общая химическая технология» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

# 3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1

## Формирование компетенции ОПК-7 дисциплинами для очной формы

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетенции							
		1 курс семестр		2 курс семестр		3 курс семестр		4 курс семестр	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-7	Общая химическая технология								
	Экология								
	Процессы и аппараты химической технологии								
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР								

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
ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ИОПК-7.3. Применяет основные методы балансовых расчетов, определения норм технологического режима проводимого процесса и подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	<b>Знать:</b> нормы технологического режима проводимого процесса и методику подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции;	<b>Уметь:</b> составлять материальные и тепловые балансы, определять размеры и выбирать конструкции оборудования.	<b>Владеть:</b> навыками расчета материальных и тепловых балансов.	Устный опрос, тестирование, выполнение практических заданий, собеседование и отчеты при сдаче лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования
	ИОПК-7.4. Оптимизирует технологические режимы процессов переработки сырья различного качества	<b>Знать:</b> методики определения и корректировки расходных коэффициентов по сырью и материалам в зависимости от выбранного вида и размера оборудования	<b>Уметь:</b> рассчитывать и корректировать расходные коэффициенты по сырью и материалам в зависимости от выбранного вида и размера оборудования.	<b>Владеть:</b> методами оптимизации технологического режима процесса переработки сырья различного качества.	Устный опрос, тестирование, выполнение практических заданий, собеседование и отчеты при сдаче лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед./144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем</b> (по видам учебных занятий) <b>(всего)</b> , в том числе:	72	72
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b> , в том числе:	68	68
- лекции (Л)	34	34
- лабораторные работы (ЛР)	17	17
- практические занятия (ПЗ)	17	17
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего)</b> , в том числе:	4	4
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	-	-
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся:		
- по проектированию: проект (работа)	-	-
- по выполнению РГР		
- по выполнению КР		
- по составлению реферата (доклада, эссе)		
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	72	72
<b>Вид промежуточной аттестации: зачет с оценкой</b>	зачет с оценкой	зачет с оценкой
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	144/4	144/4

Таблица 4

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по курсам для студентов заочного обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	4 курс
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем</b> (по видам учебных занятий) <b>(всего)</b> , в том числе:	25	25
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b> , в том числе:	20	20

- лекции (Л)	8	8
- лабораторные работы (ЛР)	8	8
- практические занятия (ПЗ)	4	4
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	5	5
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	-	-
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата, доклада, эссе	1	1
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	115	115
<b>Вид промежуточной аттестации: зачет с оценкой</b>	4	4
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	144/4	144/4

#### 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

#### Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>6 семестр</b>									
ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4	<b>Тема 1.1.</b> Введение. Критерии эффективности химико-технологических процессов	1	-	-	1	Подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 12-17	Устный опрос		
	<b>Тема 1.1. Практическое занятие №1</b> Расчет степени превращения и выхода продукта	-	-	1	1	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 12-17, 6.2.1: С. 75-113	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 2.1.</b> Термодинамический анализ при разработке химико-технологических процессов	4	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 181-196	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 2.1. Практическое занятие №2</b>	-	-	2	5	Подготовка к практи-	Выполнение		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Расчет тепловых балансов процессов					ческим занятиям 6.1.1: С. 181-196, 6.2.1: С. 16-56	практических заданий		
	<b>Тема 3.1.</b> Кинетика химических превращений	4	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 41-81	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 3.1. Практическое занятие №3</b> Кинетические расчеты процессов	-	-	2	4	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 41-81, 6.2.1: С. 46-66	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 3.1. Лабораторная работа №1</b> Объемный реактор. Распределение времени пребывания	-	4	-	4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 41-58, 6.2.4: С. 3-24	Собеседование		
	<b>Тема 4.1.</b> Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-твердое вещество»	4	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы.	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						6.1.1: С. 82-106			
	<b>Тема 4.1. Практическое занятие №4</b> Расчет реактора для проведения гетерогенного процесса «Г-Т»	-	-	2	4	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 82-106, 6.2.1: С. 75-114	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 4.1. Лабораторная работа №2</b> Обжиг серного колчедана	-	3	-	4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 82-106	Собеседование		
	<b>Тема 5.1.</b> Гетерогенные процессы в системе «газ-жидкость»	4	-	-	5	Подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 135-169	Устный опрос		
	<b>Тема 5.1. Практическое занятие №5</b> Расчет процесса абсорбции газа жидкостью	-	-	2	6	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 135-169, 6.2.1: С. 75-150	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 6.1.</b> Гетерогенно-каталитические процессы	6	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						самостоятельной работы. 6.1.1: С. 106-135			
	<b>Тема 6.1. Практическое занятие №6</b> Расчет реактора с твердым катализатором	-	-	2	4	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 106-135, 6.2.1: С. 75-150	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 6.1. Лабораторная работа №3</b> Умягчение воды ионообменным методом	-	4	-	4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.2.3: С. 3-15	Собеседование		
	<b>Тема 7.1. Химические реакторы</b>	6	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 17-82	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 7.1. Практическое занятие №7</b> Расчет реакторов идеального смешения и вытеснения	-	-	4	3	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 17-82, 6.2.1: С. 75-150	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 7.1. Лабораторная работа №4</b> Трубчатый реактор	-	3	-	3	Подготовка отчета о лабораторной работе,	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 17-40, 6.2.2: С. 3-16			
	<b>Тема 7.1. Лабораторная работа №5</b> Каскад емкостных реакторов смешения	-	3	-	3	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 17-40, 6.2.5: С. 3-18	Собеседование		
	<b>Тема 8.1.</b> Инженерное оформление химико-технологических процессов	5	-	-	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 181-209	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 8.1. Практическое занятие №8</b> Технологические схемы	-	-	2	2	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 181-209, 6.2.1: С. 114-144	Выполнение практических заданий		
	<b>Самостоятельная работа</b>				72				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>72</b>				

Таблица 6

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>4 курс</b>									
ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4	Тема 1.1. Введение. Критерии эффективности химико-технологических процессов	1	-	-	4	Подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 12-17	Устный опрос		
	Тема 1.1. Практическое занятие №1 Расчет степени превращения и выхода продукта	-	-	0,5	4	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 12-17, 6.2.1: С. 75-113	Выполнение практических заданий		
	Тема 2.1. Термодинамический анализ при разработке химико-технологических процессов	1	-	-	8	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 181-196	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	Тема 2.1. Практическое занятие №2 Расчет тепловых балансов процессов	-	-	0,5	8	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 181-196, 6.2.1: С. 16-56	Выполнение практических заданий		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 3.1.</b> Кинетика химических превращений	1	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 41-81	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 3.1. Практическое занятие №3</b> Кинетические расчеты процессов	-	-	0,5	6	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 41-81, 6.2.1: С. 46-66	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 3.1. Лабораторная работа №1</b> Объемный реактор. Распределение времени пребывания	-	2	-	6	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 41-58, 6.2.4: С. 3-24	Собеседование		
	<b>Тема 4.1.</b> Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-твердое вещество»	1	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 82-106	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 4.1. Практическое занятие №4</b> Расчет реактора для проведения гетеро-	-	-	0,5	6	Подготовка к практическим занятиям	Выполнение практических		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	генного процесса «Г-Т»					6.1.1: С. 82-106, 6.2.1: С. 75-114	заданий		
	<b>Тема 4.1. Лабораторная работа №2</b> Обжиг серного колчедана	-	2	-	6	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 82-106	Собеседование		
	<b>Тема 5.1. Гетерогенные процессы в системе «газ-жидкость»</b>	1	-	-	7	Подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 135-169	Устный опрос		
	<b>Тема 5.1. Практическое занятие №5</b> Расчет процесса абсорбции газа жидкостью	-	-	0,5	10	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 135-169, 6.2.1: С. 75-150	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 6.1. Гетерогенно-каталитические процессы</b>	1	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 106-135	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 6.1. Практическое занятие №6</b>	-	-	0,5	6	Подготовка к практи-	Выполнение		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Расчет реактора с твердым катализатором					ческим занятиям 6.1.1: С. 106-135, 6.2.1: С. 75-150	практических заданий		
	<b>Тема 6.1. Лабораторная работа №3</b> Умягчение воды ионообменным методом	-	2	-	6	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.2.3: С. 3-15	Собеседование		
	<b>Тема 7.1. Химические реакторы</b>	1	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 17-82	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 7.1. Практическое занятие №7</b> Расчет реакторов идеального смешения и вытеснения	-	-	0,5	3	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 17-82, 6.2.1: С. 75-150	Выполнение практических заданий		
	<b>Тема 7.1. Лабораторная работа №4</b> Трубчатый реактор	-	1	-	4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы.	Собеседование		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						6.1.1: С. 17-40, 6.2.2: С. 3-16			
	<b>Тема 7.1. Лабораторная работа №5</b> Каскад емкостных реакторов смещения	-	1	-	4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.1: С. 17-40, 6.2.5: С. 3-18	Собеседование		
	<b>Тема 8.1.</b> Инженерное оформление химико-технологических процессов	1	-	-	4	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 181-209	Устный опрос, тестирование в системе ZOOM		
	<b>Тема 8.1. Практическое занятие №8</b> Технологические схемы	-	-	0,5	5	Подготовка к практическим занятиям 6.1.1: С. 181-209, 6.2.1: С. 114-144	Выполнение практических заданий		
	<b>Самостоятельная работа</b>				115				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>115</b>				

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

**5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

*Вопросы для собеседования при сдаче отчетов по лабораторным работам (пример).*

Лабораторная работа «Каскад емкостных реакторов смешения»

1. Степень превращения реагента, селективность реакции, выход продукта по реакции. Связь между ними.
2. Классификация реакторов (по способу организации процесса во времени, структуре потока, конструктивным признакам, температурно-тепловому режиму, фазовому состоянию реагирующих веществ, способу активации реагентов).
3. Реактор периодического действия идеального перемешивания.
4. Реактор идеального вытеснения.
5. Реактор непрерывного действия идеального перемешивания.
6. Сравнение эффективности реакторов идеального вытеснения и идеального перемешивания.
7. Каскад кубовых реакторов идеального перемешивания: графический и аналитический методы расчета.
8. Эффективность каскада по сравнению с эффективностью реакторов идеального перемешивания и вытеснения.
9. Определение числа реакторов в каскаде (первый, основной вариант расчета).
10. Определение конечной концентрации (степени превращения), достигаемой в каскаде (второй вариант расчета).
11. Определение объема каждого реактора в каскаде и всего каскада (третий вариант расчета).
12. Методы расчета реакторов с неидеальным потоком.

Лабораторная работа «Умягчение воды ионообменным методом»

1. Физические, химические и бактериологические показатели качества воды.
2. Методы осветления и обесцвечивания воды.
3. Методы обеззараживания воды.
4. Методы умягчения воды.
5. Методы дегазации воды.
6. Методы обессоливания воды.
7. Схема очистки природной воды.
8. Обратная вода, назначение и методы ее охлаждения.
9. Водные ресурсы.
10. Круговорот воды в природе.
11. Жесткость воды, виды жесткости.
12. Термические методы умягчения воды.
13. Реагентные методы умягчения воды.
14. Ионообменные методы умягчения воды.
15. Обменная емкость ионитов.

**Тесты для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся (пример)**  
Пример теста по разделу «Гетерогенные реакции в системе газ – жидкость (хемосорбция)»

1. Основные типы реакторов для проведения гетерогенных реакций в системе газ-жидкость:

- а) кубовые, трубчатые, камерные;
- б) доменная печь, известковая печь, барабанный;
- в) с неподвижным, с псевдооживленным, с движущимся слоем катализатора;
- г) поверхностные, барботажные и распыливающие газожидкостные.

2. Расположите по порядку стадии протекания процесса хемосорбции

- 1) диффузия газообразного реагента из объема газовой фазы (ядра потока газа) к границе раздела фаз (массоотдача).
- 2) диффузия газообразного реагента от границы раздела фаз в зону реакции и объем жидкости.
- 3) химическая реакция.
- 4) диффузия продуктов реакции из зоны реакции в объем жидкости.
- 5) диффузия активного поглотителя (реагент жидкой фазы) из объема жидкости (ядра потока) в зону реакции.

3. Скорость массопереноса из газа в жидкость – это

- а) количество газообразного реагента, которое поглощается жидкостью за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- б) количество поглощенного газообразного реагента, которое вступает в химическую реакцию в жидкой фазе за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- в) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице объема;
- г) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице массы катализатора.

4. Скорость химического превращения – это

- а) количество газообразного реагента, которое поглощается жидкостью за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- б) количество поглощенного газообразного реагента, которое вступает в химическую реакцию в жидкой фазе за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- в) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице объема;
- г) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице массы катализатора.

5. Основными критериями процесса хемосорбции являются

- а) производительность, работа в оптимальном режиме, расходный и эксергетический коэффициент;
- б) температура, давление, концентрация веществ;
- в) коэффициент ускорения абсорбции, параметры кинетический, диффузионный и объемный;
- г) выход продукта, эксергетический КПД, кинетический параметр.

***Перечень вопросов для текущей аттестации обучающихся очной и заочной формы***

- 1. В каких стадиях ХТП участвуют химические реакции?
- 2. Что такое химический процесс?
- 3. Какие знаете технологические критерии эффективности ХТП?
- 4. Каковы пределы изменения степени превращения, выхода, селективности?
- 5. В чем различия между действительной и равновесной степенями превращения реагента?
- 6. С какой целью при проведении химических процессов один из реагентов берут в избытке по отношению к стехиометрии реакции?

7. В чем различие между полной (интегральной) и мгновенной (дифференциальной) селективностями?
8. Что называется производительностью, мощностью, интенсивностью?
9. Как определить направленность химической реакции?
10. Что характеризует химическое равновесие?
11. В чем заключается различие между микрокинетикой и макрокинетикой?
12. От каких микрокинетических факторов зависит скорость химической реакции?
13. Почему эффективность повышения температуры, как средства относительного увеличения скорости реакции, выше при низких температурах, чем при высоких?
14. Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?
15. Какой режим работы химического реактора называется стационарным?
16. Каким условиям должен удовлетворять элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения?
17. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений?
18. Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?
19. Каковы основные причины отклонения от идеальности в реальных реакторах смешения?
20. Почему при составлении балансовых уравнений для РИС вместо элементарного объема может быть принят полный объем реактора?
21. В чем заключается различие между действительным и средним временем пребывания реагентов в проточном реакторе?
22. Для какого типа проточных реакторов действительное и среднее время пребывания совпадают?
23. При каких условиях можно приблизиться в реальном реакторе к идеальному вытеснению?
24. Сформулируйте допущения модели идеального вытеснения.
25. Сформулируйте основные допущения модели каскада реакторов идеального смешения.
26. Проанализируйте достоинства и недостатки однопараметрической диффузионной модели по сравнению с двухпараметрической.
27. Что такое продольная диффузия?
28. Какие допущения делают при составлении математического описания однопараметрической диффузионной модели реактора вытеснения?
29. Сформулируйте основные свойства интегральной и дифференциальной функции распределения времени пребывания реагентов в проточном реакторе.
30. Какие кинетические модели используют для описания гетерогенных процессов в системах «газ-твердое», «газ-жидкость»?
31. Как увеличить коэффициент массоотдачи на стадии внутренней диффузии и поверхностной химической реакции?
32. Какие существуют методы определения лимитирующей стадии?
33. Какая величина называется коэффициентом ускорения абсорбции?
34. Какие вещества называются катализаторами?
35. Какие нежелательные последствия может вызвать протекание каталитической реакции во внешнедиффузионной области?
36. Что такое коэффициент использования поверхности катализатора?
37. Сформулируйте основные положения кинетической модели Ленгмюра-Хиншельвуда?
38. Почему кажущаяся энергия активации каталитической реакции ниже истинной энергии активации?
39. Что такое вторичные материальные и энергетические ресурсы?

40. Для каких целей используются в химической технологии вода и воздух?
41. По каким принципам классифицируют природные воды и по каким показателям определяют качество воды?

## 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

**Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине**

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы				Штрафные баллы За нарушение сроков сдачи
		1	2	3	4	
Тестирование	3	10	10	6		
Выполнение лабораторных работ	2	3	3			
- оформление отчетов	2	4	4			
- сдача коллоквиумов	2	10	10			
Выполнение практических работ	3	5	5	10		
Выполнение заданий для самостоятельной работы	2	5	5			
Посещение занятий	1	10				

## 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» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ИОПК-7.3. Применяет основные методы балансовых расчетов, определения норм технологического режима проводимого процесса и подбора технологических параметров в зависимости от свойств, состава сырья и качества получаемой продукции	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены нормы технологического режима, методики подбора параметров и составления материальных и тепловых балансов, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по нормам технологического режима, методикам подбора параметров и составления материальных и тепловых балансов. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании результатов и их решений	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании.
	ИОПК-7.4. Оптимизирует технологические режимы процессов переработки сырья различного качества	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены методики определения и корректировки расходных коэффициентов, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по методикам определения и корректировки расходных коэффициентов. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании результатов и их решений	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании.

## Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично) - зачтено	оценку «отлично» заслуживает обучающийся, 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) - зачтено	оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, 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) - зачтено	оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, 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) – не зачтено	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, 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

6.1.1 Болмосов, В.И. Реакторы и принципы химической и биотехнологии: учебное пособие / В.И. Болмосов, В.М. Поляков. – Н. Новгород, 1999. – 210 с.

6.1.2 Кутепов, А.М. Общая химическая технология: учебник для вузов/ А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. –М.: Высшая школа, 1990. – 520 с.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

## 6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.2.1 Игнатенков, В.И. Примеры и задачи по «Общей химической технологии»: учебное пособие для вузов / В.И. Игнатенков, В.С. Бесков. – М.: Академкнига, 2006. – 268 с.

6.2.2 Трубчатый реактор: метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Общая химическая технология» для студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», направленность (профиль) «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: В.А. Комаров, М.Н. Чубенко, А.А. Перетрутов. – Н.Новгород, 2019. –17 с.

6.2.3 Умягчение воды ионообменным методом: метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Общая химическая технология» для студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», профиль «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», всех форм обучения /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: П.П. Ким, В.А. Комаров, М.Н. Чубенко. – Н.Новгород, 2018. – 16 с.

6.2.4 Кубовый реактор. Распределение времени пребывания: метод. указания к лабораторной работе по дисциплине «Общая химическая технология» для обучающихся направления подготовки бакалавров 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»,

направленность (профиль) «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: В.А. Комаров, М.Н. Чубенко, А.А. Перетрутов. – Н.Новгород, 2021. –24 с.

6.2.5 Каскад кубовых реакторов: метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Общая химическая технология» для студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», направленность (профиль) «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: В.А. Комаров, М.Н. Чубенко, А.А. Перетрутов. – Н.Новгород, 2019. –19 с.

## 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 информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 10

#### Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Виртуальная книжная полка НТБ НГТУ	<a href="http://cdot-nntu.ru/электронная_библиотека">http://cdot-nntu.ru/электронная_библиотека</a>
4	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11

#### Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подпискаMSDN 700593597, подпискаDreamSpark Premium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>
4	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express <a href="https://www.mathcad.com/ru">https://www.mathcad.com/ru</a>
5	ПАССАТ (Прочностной инженерный анализ аппаратов, сосудов, теплообменников оборуду-	Python <a href="https://www.python.org">https://www.python.org</a>



№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного пространства
	дования) (Договор с ООО НТП «Трубопровод» №637-ГК от 14.12.2011, с ежегодным продлением лицензии)	
6	Гидросистема (Гидравлический расчет трубопроводов), (Договор с ООО НТП «Трубопровод» №637-ГК от 14.12.2011, с ежегодным продлением лицензии)	Notepad++ <a href="https://notepad-plus-plus.org">https://notepad-plus-plus.org</a>
7	АПМ WinMashine (Расчет и проектирование элементов машиностроения) (Лицензионное соглашение №83210 на версию v.10.1, договор на передачу прав на использование программного продукта ФП 072/2010 от 17.09.2010)	Gimp <a href="https://www.gimp.org">https://www.gimp.org</a>

### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 12

### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>
4	Справочная правовая система «Консультант Плюс»	доступ из локальной сети

## 8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13

### 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

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

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

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 14 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14

### Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1343 Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20" – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	
2	2205 Лаборатория «Общая химическая технология» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки по изучению трубчатого реактора, кубового реактора, каскада реакторов, умягчения воды, обжига колчедана, укомплектованные электронными датчиками, расходомерами, рН-метрами, измерителями температуры.	
3	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультиме-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> </ul>

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	дигитайзер, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20" – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт.; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
4	<b>1443а</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17" – 4 шт.</li> </ul> ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8(свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox(свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс(ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

## 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, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования и собеседования.

При преподавании дисциплины «Общая химическая технология», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях, лабораторных и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся 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 с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

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

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

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **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 5 и 6). 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**

Подготовку к каждой лабораторной работе обучающийся должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень ответственности результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

#### **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 составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Примерная тематика заданий

- 1 Расчет степени превращения и выхода продукта.
- 2 Расчет тепловых балансов процессов.
- 3 Расчет реакторов идеального смешения и вытеснения.

#### **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы 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, обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 14). 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

#### **10.6. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы**

При выполнении контрольной работы рекомендуется проработка материалов лекций по темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

Выполнение контрольной работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

## 11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

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

- проведение контрольных работ;
- проведение лабораторных работ;
- проведение практических занятий;
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- зачет с оценкой.

#### 11.1.1. Типовые задания к практическим занятиям

1. Уксусный ангидрид  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  подвергают гидролизу при температуре  $40^\circ\text{C}$ . Реакция имеет первый порядок, константа скорости равна  $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$ , плотность реакционной смеси постоянна. Расход исходной смеси равен  $0,12 \text{ м}^3/\text{ч}$ , концентрация уксусного ангидрида в исходной смеси  $0,3 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ , степень превращения уксусного ангидрида равна 95%.

Определить: а) объем реактора идеального перемешивания; б) объем каскада, состоящего из трех одинаковых кубовых реакторов; в) объем реактора идеального вытеснения.

2. Гидролиз уксусного ангидрида проводится в каскаде, состоящем из четырех равных по объему кубовых реакторов. В первом реакторе поддерживается температура  $10^\circ\text{C}$ , во втором  $15^\circ\text{C}$ , в третьем  $25^\circ\text{C}$  и в четвертом  $40^\circ\text{C}$ . Реакция имеет первый порядок, константы скорости составляют:

$t, ^\circ\text{C}$	10	15	25	40
$k \cdot 10^4, \text{ c}^{-1}$	9,4	13,4	26,3	63

Концентрация уксусного ангидрида на входе в каскад  $0,18 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ , расход  $0,016 \text{ м}^3/\text{с}$ . Необходимая степень превращения составляет 95%. Определить размеры аппаратов.

3. Необратимая реакция первого порядка проводится в каскаде, состоящем из четырех реакторов идеального перемешивания. Время пребывания смеси в каждом реакторе 480 с. Константа скорости реакции равна  $0,04 \text{ c}^{-1}$ . Определить степень превращения.

4. На основании опытов с трассирующим веществом для реального реактора получены следующие данные:

$\tau, \text{ c}$	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
$C_T$	1	5	21	87	148	159	131	82	22	11	5	2	0

Если проводить необратимую реакцию первого порядка без изменения плотности реакционной смеси в реакторе идеального вытеснения того же объема и той же скорости, что и в случае реального реактора, то степень превращения будет равна  $X_A = 0,93$ .

Определить степень превращения по экспериментальным данным с трассирующим веществом и по однопараметрической диффузионной модели.

5. Рассчитать и составить материальный и тепловой балансы процесса получения соляной кислоты путем синтеза из элементов в печи с водяным охлаждением. Производи-

тельность печи 25 т/сут 100%-ного HCl. Сырьем является хлор и водород из цеха электролиза поваренной соли. Их состав в % (об.):

хлор-газ: Cl<sub>2</sub> – 92, O<sub>2</sub> – 0,63, N<sub>2</sub> – 2,37, H<sub>2</sub> – 3,5, CO<sub>2</sub> – 1,5;

водород-газ: H<sub>2</sub> – 97, O<sub>2</sub> – 0,63, N<sub>2</sub> – 2,37.

Избыток водорода в смеси составляет 3% от стехиометрического количества. Температура поступающих в печь газов 25°C, температура отходящих газов 300 °C. Давление атмосферное. Потери тепла в окружающую среду принять равными 10% от прихода тепла.

### 11.1.2. Типовые задания для лабораторных работ

Типовые задания для лабораторных работ приведены в методических указаниях по проведению лабораторных работ (6.2.2 – 6.2.5).

### 11.1.3. Типовые тестовые задания

*Примеры тестовых заданий* по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»):

Каталитические реакции в системе газ-твердый катализатор и реакторы для их проведения

1. Катализатор – это вещество, которое

- а) увеличивает скорость реакции, но само при этом не расходуется в заметных количествах;
- б) изменяет состояние равновесия, определяемое термодинамикой;
- в) увеличивает величину константы равновесия;
- г) уменьшает активность реагентов.

2. Активность катализатора – это

- а) способность увеличивать скорость реакции;
- б) способность увеличивать скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций;
- в) поверхность, отнесенная к единице его массы или объема;
- г) отношение свободного объема пор к общему объему катализатора.

3. Селективность катализатора – это

- а) способность увеличивать скорость реакции;
- б) способность увеличивать скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций;
- в) поверхность, отнесенная к единице его массы или объема;
- г) отношение свободного объема пор к общему объему катализатора.

4. Удельная поверхность катализатора – это

- а) поверхность, способная увеличивать скорость реакции;
- б) поверхность, на которой увеличивается скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций;
- в) поверхность, отнесенная к единице его массы или объема;
- г) отношение свободного объема пор к общему объему катализатора.

5. Пористость катализатора – это

- а) поверхность, способная увеличивать скорость реакции;
- б) поверхность, на которой увеличивается скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций;
- в) поверхность, отнесенная к единице его массы или объема;
- г) отношение свободного объема пор к общему объему катализатора.

6. Расположите по порядку стадии протекания процесса на твердых пористых катализаторах

- 1) диффузии газообразного реагента из ядра потока газа через пограничный слой к наружной поверхности частиц катализатора.
- 2) диффузия газообразного реагента внутри пор катализатора к его внутренней поверхности.
- 3) адсорбция газообразного реагента на внутренней поверхности катализатора.
- 4) химическая реакция на поверхности катализатора.
- 5) десорбция продуктов реакции с поверхности катализатора.
- 6) диффузия продуктов реакции внутри пор катализатора к его внешней поверхности.
- 7) диффузия продуктов реакции от наружной поверхности катализатора через пограничный слой в ядро потока газа.

7. Расположите по порядку стадии протекания процесса на твердых непористых катализаторах

- 1) диффузии газообразного реагента из ядра потока газа через пограничный слой к наружной поверхности частиц катализатора.
- 2) диффузия газообразного реагента внутри пор катализатора к его внутренней поверхности.
- 3) адсорбция газообразного реагента на внутренней поверхности катализатора.
- 4) химическая реакция на поверхности катализатора.
- 5) десорбция продуктов реакции с поверхности катализатора.
- 6) диффузия продуктов реакции внутри пор катализатора к его внешней поверхности.
- 7) диффузия продуктов реакции от наружной поверхности катализатора через пограничный слой в ядро потока газа.

8. Температура зажигания катализатора – это

- а) минимальная температура реагирующей смеси, при которой процесс протекает с достаточной скоростью;
- б) температура, выше которой катализатор теряет свои основные свойства: активность и избирательность;
- в) уменьшение активности катализатора под действием примесей, содержащихся в исходной смеси;
- г) способность увеличивать скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций.

9. Термостойкость катализатора – это

- а) минимальная температура реагирующей смеси, при которой процесс протекает с достаточной скоростью;
- б) температура, выше которой катализатор теряет свои основные свойства: активность и избирательность;
- в) уменьшение активности катализатора под действием примесей, содержащихся в исходной смеси;
- г) способность увеличивать скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций.

10. Отравляемость катализатора – это

- а) минимальная температура реагирующей смеси, при которой процесс протекает с достаточной скоростью;
- б) температура, выше которой катализатор теряет свои основные свойства: активность и избирательность;



- в) уменьшение активности катализатора под действием примесей, содержащихся в исходной смеси;
- г) способность увеличивать скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций.

### Гетерогенные реакции в системе газ – жидкость (хемосорбция)

1. Основные типы реакторов для проведения гетерогенных реакций в системе газ-жидкость:

- а) кубовые, трубчатые, камерные;
- б) доменная печь, известковая печь, барабанный;
- в) с неподвижным, с псевдооживленным, с движущимся слоем катализатора;
- г) поверхностные, барботажные и распыливающие газожидкостные.

2. Расположите по порядку стадии протекания процесса хемосорбции

- 1) диффузия газообразного реагента из объема газовой фазы (ядра потока газа) к границе раздела фаз (массоотдача).
- 2) диффузия газообразного реагента от границы раздела фаз в зону реакции и объем жидкости.
- 3) диффузия активного поглотителя (реагент жидкой фазы) из объема жидкости (ядра потока) в зону реакции.
- 4) химическая реакция.
- 5) диффузия продуктов реакции из зоны реакции в объем жидкости.

3. Скорость массопереноса из газа в жидкость – это

- а) количество газообразного реагента, которое поглощается жидкостью за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- б) количество поглощенного газообразного реагента, которое вступает в химическую реакцию в жидкой фазе за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- в) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице объема;
- г) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице массы катализатора.

4. Скорость химического превращения – это

- а) количество газообразного реагента, которое поглощается жидкостью за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- б) количество поглощенного газообразного реагента, которое вступает в химическую реакцию в жидкой фазе за единицу времени и на единицу межфазной поверхности;
- в) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице объема;
- г) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице массы катализатора.

5. Основными критериями процесса хемосорбции являются

- а) коэффициент ускорения абсорбции, параметры кинетический, диффузионный и объемный;
- б) температура, давление, концентрация веществ;
- в) производительность, работа в оптимальном режиме, расходный и эксергетический коэффициент;
- г) выход продукта, эксергетический КПД, кинетический параметр.

6. Коэффициент ускорения абсорбции представляет собой
- отношение коэффициента массоотдачи в жидкой фазе при наличии химической реакции к коэффициенту массоотдачи при физической абсорбции;
  - соотношение максимальных скоростей химической реакции и диффузии газообразного реагента в жидкой фазе и пограничном слое;
  - соотношение максимальных скоростей диффузии в жидкой фазе активного поглотителя и поглощаемого газообразного компонента;
  - отношение общего объема жидкости к объему пограничного слоя.

7. Кинетический параметр представляет собой
- отношение коэффициента массоотдачи в жидкой фазе при наличии химической реакции к коэффициенту массоотдачи при физической абсорбции;
  - соотношение максимальных скоростей химической реакции и диффузии газообразного реагента в жидкой фазе и пограничном слое;
  - соотношение максимальных скоростей диффузии в жидкой фазе активного поглотителя и поглощаемого газообразного компонента;
  - отношение общего объема жидкости к объему пограничного слоя.

8. Диффузионный параметр представляет собой
- отношение коэффициента массоотдачи в жидкой фазе при наличии химической реакции к коэффициенту массоотдачи при физической абсорбции;
  - соотношение максимальных скоростей химической реакции и диффузии газообразного реагента в жидкой фазе и пограничном слое;
  - соотношение максимальных скоростей диффузии в жидкой фазе активного поглотителя и поглощаемого газообразного компонента;
  - отношение общего объема жидкости к объему пограничного слоя.

9. Объемный параметр представляет собой
- отношение коэффициента массоотдачи в жидкой фазе при наличии химической реакции к коэффициенту массоотдачи при физической абсорбции;
  - соотношение максимальных скоростей химической реакции и диффузии газообразного реагента в жидкой фазе и пограничном слое;
  - соотношение максимальных скоростей диффузии в жидкой фазе активного поглотителя и поглощаемого газообразного компонента;
  - отношение общего объема жидкости к объему пограничного слоя.

10. По лимитирующей стадии скорости процесса различают три области протекания процесса хемосорбции
- внешнедиффузионную, кинетическую и внутридиффузионную;
  - внешнекинетическую, кинетическую и внутрикнетическую;
  - гомогенную, кинетическую и гетерогенную;
  - диффузионную, кинетическую и диффузионно-кинетическую.

#### 11.1.4. Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы

1. Омыление этилацетата щелочью в водном растворе протекает по реакции
- $$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \xrightarrow{k} \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}.$$

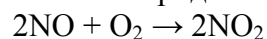
Порядок реакции второй (первый по каждому из реагентов). Константа скорости при 20°C равна  $k = 0,092 \text{ м}^3/(\text{кмоль}\cdot\text{с})$ . Остальные данные приведены в табл. по вариантам

№ ва-	Раствор щелочи	Раствор этилацетата	Конечная	Объем
-------	----------------	---------------------	----------	-------

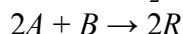
рианта	Расход, м <sup>3</sup> /ч	Концентрация, кмоль/м <sup>3</sup>	Расход, м <sup>3</sup> /ч	Концентрация, кмоль/м <sup>3</sup>	степень пре- вращения, до- ли единицы	реакто- ра, м <sup>3</sup>
1	3,0	0,040	3,0	0,040	0,80	-
2	2,0	0,041	2,5	0,030	0,85	-
3	2,5	0,030	2,6	0,027	0,70	-
4	2,3	0,035	2,4	0,031	0,73	-
5	1,0	0,032	1,0	0,020	0,68	-
6	0,8	0,045	2,0	0,015	0,60	-
7	3,1	0,038	4,0	0,025	-	1,8
8	2,1	0,042	1,8	0,041	-	2,0
9	1,5	0,037	1,7	0,026	-	1,5
10	2,6	0,033	2,8	0,027	-	1,0

Определить: а) при данной степени превращения объем реактора непрерывного действия идеального перемешивания, идеального вытеснения и каскада из трех равных реакторов идеального перемешивания; б) при известном объеме реактора достигаемую степень превращения в реакторах идеального перемешивания и идеального вытеснения.

2. Нитрозные газы, получаемые окислением аммиака, после охлаждения до 20°C должны быть окислены, прежде чем подать их в абсорбционную колонну для получения азотной кислоты. Окисление окиси азота кислородом воздуха протекает по реакции



или



Скорость реакции выражается уравнением

$$r_A = k C_A^2 C_B,$$

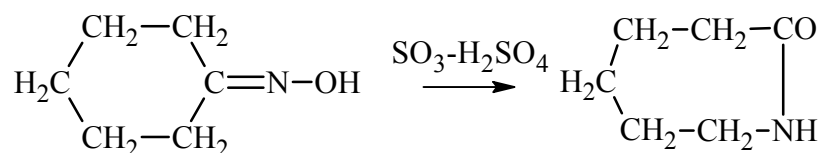
где  $k = 1,4 \cdot 10^4 \text{ м}^6 / (\text{кмоль}^2 \cdot \text{с})$ .

Остальные данные приведены в табл. по вариантам

Определить объем реактора, если газ движется в режиме идеального вытеснения.

№ ва- рианта	Состав газа				Расход газа (н.у.), м <sup>3</sup> /ч	Давление, Па	Степень превращения
	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O			
1	9,0	1,0	8	82	10000	1·10 <sup>5</sup>	0,70
2	9,0	1,0	6	84	9000	1·10 <sup>5</sup>	0,80
3	9,5	0,5	7	83	8000	1·10 <sup>5</sup>	0,85
4	10,0	1,0	6	83	7000	1·10 <sup>5</sup>	0,75
5	8,5	0,5	5	86	5000	1·10 <sup>5</sup>	0,73
6	7,8	1,2	7	84	4000	8·10 <sup>5</sup>	0,81
7	8,8	1,2	8	82	11000	8·10 <sup>5</sup>	0,88
8	9,3	0,7	9	81	14000	8·10 <sup>5</sup>	0,67
9	9,7	1,3	10	79	12000	8·10 <sup>5</sup>	0,90
10	8,9	1,1	9	81	11000	8·10 <sup>5</sup>	0,83

3. Одной из стадий получения капролактама является воздействие олеума на оксим циклогексанона (перегруппировка Бекмана):



Кинетическое уравнение реакции имеет вид

$$r = k_1 [\text{ОКСИМ}] .$$

Установлено, что при 42°C константа скорости при молярном соотношении оксим циклогексанона : олеум = 0,77 и энергия активации реакции равны:  $k_1 = 52 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$  и  $E = 82 \cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль}$ . Тепловой эффект реакции  $\Delta H = -24,2 \cdot 10^7 \text{ Дж/кмоль}$ , плотность оксима циклогексанона  $970 \text{ кг/м}^3$ , плотность олеума  $1940 \text{ кг/м}^3$ .

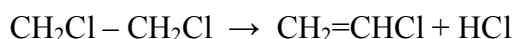
Технические условия процесса следующие: молярное соотношение оксим циклогексанона: олеум = 0,77, степень превращения оксима циклогексанона 99,99%. Работа установки в год 8000 ч. Остальные данные (производительность установки, температуру процесса, выход капролактама и температуру охлаждающей воды) взять из табл. по вариантам.

Определить объём реактора идеального перемешивания и поверхность теплопередачи холодильников, вмонтированных в реактор. Коэффициент теплопередачи принять равным  $116 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ .

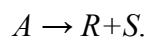
№ варианта	Производительность по капролактаму, т/год	Температура в реакторе, °C	Выход капролактама, %	Температура охлаждающей воды, °C	
				ВХОД	ВЫХОД
1	10 000	92	90,0	20	30
2	9 000	93	90,5	22	31
3	8 000	94	91,0	24	32
4	7 000	95	91,5	26	33
5	6 000	96	92,0	28	34
6	5 000	97	92,5	30	35
7	4 000	98	93,0	28	36
8	3 000	99	93,5	26	37
9	2 000	100	94,0	24	36
10	1 000	99	94,5	22	34
11	11 000	98	95,0	20	31
12	12 000	97	95,5	18	30
13	13 000	96	96,0	20	29
14	14 000	95	94,5	22	33
15	15 000	94	94,0	24	34
16	16 000	93	93,5	26	35
17	17 000	92	93,0	28	36
18	18 000	93	91,5	30	37
19	19 000	94	92,0	28	38
20	20 000	95	92,5	26	35

### 11.1.5. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы

1. В трубчатом реакторе идеального вытеснения в газовой фазе проводится пиролиз 1,2-дихлорэтана:



или



Кинетическое уравнение реакции имеет вид

$$r_A = kC_A.$$

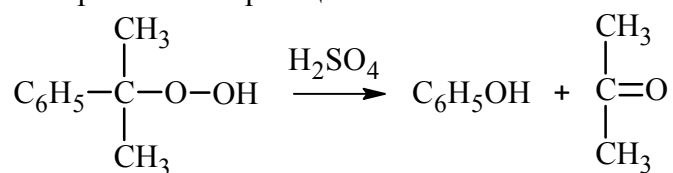
Температурная зависимость константы скорости реакции выражается уравнением  $\lg k = 10,81 - 10280/T$ .

Установка работает 8000 ч в году. Выход винилхлорида от исходного сырья 95%. Остальные данные взять в табл. по вариантам.

Определить объем реактора.

№ варианта	Производительность по винилхлориду, т/год	Температура, °С	Давление, Па	Степень превращения, %
1	10000	520	$20 \cdot 10^5$	70
2	8000	515	$18 \cdot 10^5$	65
3	6000	510	$16 \cdot 10^5$	60
4	5000	505	$14 \cdot 10^5$	55
5	4000	500	$12 \cdot 10^5$	50
6	3000	495	$10 \cdot 10^5$	45
7	2000	490	$11 \cdot 10^5$	47
8	1000	485	$13 \cdot 10^5$	49
9	800	480	$15 \cdot 10^5$	51
10	600	475	$17 \cdot 10^5$	53
11	500	470	$19 \cdot 10^5$	57
12	15000	525	$18 \cdot 10^5$	59

2. Разложение гидроперекиси кумола (ГПК) кислотой является одной из стадий переработки кумола в фенол и протекает по реакции



Кинетическое уравнение реакции:

$$r_A = k_2 [\text{ГПК}] [\text{H}_2\text{SO}_4]$$

Константа скорости, в зависимости от температуры, выражается уравнением

$$\lg k = 16,5 - 4450/T.$$

Тепловой эффект реакции  $\Delta H = -22,2 \cdot 10^7$  Дж/кмоль, удельная теплоёмкость реакционной смеси  $c_p = 2,3 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К), плотность  $1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Реакцию проводят в адиабатическом режиме. Температура на входе в реактор  $40^\circ\text{C}$ , на выходе  $60^\circ\text{C}$ . Степень превращения гидроперекиси кумола  $99,99\%$ . Остальные данные (производительность, концентрацию кислоты и выход) взять в табл. по вариантам.

Рассчитать допустимую концентрацию кумола на входе в реактор и объём реактора идеального вытеснения.

№ варианта	Производительность по фенолу, т/год	Концентрация кислоты, % (масс.)	Выход по фенолу, %
1	10 000	0,02	95
2	15 000	0,03	95
3	20 000	0,04	94
4	25 000	0,05	94
5	30 000	0,06	93
6	35 000	0,07	93

7	40 000	0,08	92
8	45 000	0,09	92
9	50 000	0,10	91
10	60 000	0,09	91
11	70 000	0,08	94

## 11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе аттестации по дисциплине

Форма проведения аттестации по дисциплине – зачет с оценкой: по результатам накопительного рейтинга или в форме устного зачета с оценкой для обучающихся очной и заочной формы.

### Перечень вопросов к зачету с оценкой по дисциплине Б1.Б.13 «Общая химическая технология» (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4):

1. В каких стадиях ХТП участвуют химические реакции?
2. Что такое химический процесс?
3. Какие знаете технологические критерии эффективности ХТП?
4. Каковы пределы изменения степени превращения, выхода, селективности?
5. В чем различия между действительной и равновесной степенями превращения реагента?
6. С какой целью при проведении химических процессов один из реагентов берут в избытке по отношению к стехиометрии реакции?
7. В чем различие между полной (интегральной) и мгновенной (дифференциальной) селективностями?
8. Что называется производительностью, мощностью, интенсивностью?
9. Как определить направленность химической реакции?
10. Что характеризует химическое равновесие?
11. В чем заключается различие между микрокинетикой и макрокинетикой?
12. От каких микрокинетических факторов зависит скорость химической реакции?
13. Почему эффективность повышения температуры, как средства относительного увеличения скорости реакции, выше при низких температурах, чем при высоких?
14. Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?
15. Какой режим работы химического реактора называется стационарным?
16. Каким условиям должен удовлетворять элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения?
17. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений?
18. Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?
19. Каковы основные причины отклонения от идеальности в реальных реакторах смешения?
20. Почему при составлении балансовых уравнений для РИС вместо элементарного объема может быть принят полный объем реактора?
21. В чем заключается различие между действительным и средним временем пребывания реагентов в проточном реакторе?
22. Для какого типа проточных реакторов действительное и среднее время пребывания совпадают?
23. При каких условиях можно приблизиться в реальном реакторе к идеальному вытеснению?

24. Сформулируйте допущения модели идеального вытеснения.
25. Сформулируйте основные допущения модели каскада реакторов идеального смешения.
26. Проанализируйте достоинства и недостатки однопараметрической диффузионной модели по сравнению с двухпараметрической.
27. Что такое продольная диффузия?
28. Какие допущения делают при составлении математического описания однопараметрической диффузионной модели реактора вытеснения?
29. Сформируйте основные свойства интегральной и дифференциальной функции распределения времени пребывания реагентов в проточном реакторе.
30. Какие кинетические модели используют для описания гетерогенных процессов в системах «газ-твердое», «газ-жидкость»?
31. Как увеличить коэффициент массоотдачи на стадии внутренней диффузии и поверхностной химической реакции?
32. Какие существуют методы определения лимитирующей стадии?
33. Какая величина называется коэффициентом ускорения абсорбции?
34. Какие вещества называются катализаторами?
35. Какие нежелательные последствия может вызвать протекание каталитической реакции во внешнедиффузионной области?
36. Что такое коэффициент использования поверхности катализатора?
37. Сформулируйте основные положения кинетической модели Ленгмюра-Хиншельвуда?
38. Почему кажущаяся энергия активации каталитической реакции ниже истинной энергии активации?
39. Что такое вторичные материальные и энергетические ресурсы?
40. Для каких целей используются в химической технологии вода и воздух?
41. По каким принципам классифицируют природные воды и по каким показателям определяют качество воды?

### **Примерный тест для итогового тестирования:**

Тема 1.1. Введение. Критерии эффективности химико-технологических процессов (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

Скорость гомогенной реакции это

- а) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице поверхности контакта фаз;
- б) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице массы катализатора;
- в) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице площади;
- г) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице объема.

Тема 2.1. Термодинамический анализ при разработке химико-технологических процессов (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

Расходные коэффициенты это

- а) определенные значения переменных, влияющих на скорость процесса, выход продукта, его качество и т.д.;
- б) расходы сырья, вспомогательных материалов, энергии и т. д. отнесенные к единице получаемого продукта;
- в) водяной пар, горячая вода, топочные газы, используемые для нагревания;

г) активность, окисляемость, температура зажигания, термостойкость, поверхность и т.д.

Тема 3.1. Кинетика химических превращений (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

1. По тепловому эффекту различают

- а) простые и сложные реакции;
- б) экзотермические и эндотермические реакции;
- в) статические и динамические процессы;
- г) газофазные и жидкофазные процессы.

Тема 4.1. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-твёрдое вещество» (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

2. Скорость гетерогенной реакции это

- а) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице поверхности контакта фаз;
- б) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции в единице массы катализатора;
- в) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции в единице объема;
- г) количество вещества, которое вступает в реакцию или образуется в результате реакции за единицу времени в единице объема.

Тема 5.1. Гетерогенные процессы в системе «газ-жидкость» (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

Основными критериями процесса хемосорбции являются

- а) производительность, работа в оптимальном режиме, расходный и эксергетический коэффициент;
- б) температура, давление, концентрация веществ;
- в) коэффициент ускорения абсорбции, параметры кинетический, диффузионный и объемный;
- г) выход продукта, эксергетический КПД, кинетический параметр.

Тема 6.1. Гетерогенно-каталитические процессы (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

Отравляемость катализатора – это

- а) минимальная температура реагирующей смеси, при которой процесс протекает с достаточной скоростью;
- б) температура, выше которой катализатор теряет свои основные свойства: активность и избирательность;
- в) уменьшение активности катализатора под действием примесей, содержащихся в исходной смеси;
- г) способность увеличивать скорость только одной целевой реакции из многих термодинамически возможных реакций.

Тема 7.1. Химические реакторы (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

В реакторе непрерывного действия идеального вытеснения

- а) состав реакционной смеси скачкообразно изменяется на входе в каждый реактор, оставаясь далее неизменным по длине в каждом реакторе;
- б) состав реакционной смеси изменяется со временем, но в любой момент одинаков во всех точках реакционного объема;
- в) состав реакционной смеси и скорость реакции изменяются по длине;
- г) начальный состав исходной смеси на входе в реактор скачкообразно падает до конечной величины.



Тема 8.1. Инженерное оформление химико-технологических процессов (ОПК-7, ИОПК-7.3, ИОПК-7.4)

Графическое изображение технологического процесса в виде связанных между собой элементов, называется

- а) технологической цепью
- б) технологическим потоком;
- в) технологическим оператором;
- г) технологической схемой.

**Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования.**

<b>Кол-во заданий в банке вопросов</b>	<b>Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся</b>	<b>Время на тестирование, мин.</b>
120	16	20

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины.