

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 17 » ноября 20 20 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теоретические основы технологии неорганических веществ  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Химическая технология (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Ознакомление с теоретическими закономерностями химико-технологических процессов для оптимизации технологических параметров при анализе работы действующих химических производств;

Задачи: формирование умения применять теоретические и практические знания при создании новых процессов в технологии неорганических веществ.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- гомогенные и сложные гетерогенные химико-технологические процессы, в которых протекают химические и фазовые превращения;
- качественные и количественные методы оценки предельно возможного протекания различных химико-технологических процессов;
- методы повышения скорости химико-технологических процессов;
- физико-химическая оптимизация технологических параметров промышленных процессов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знать: - теоретические основы химико-технологических процессов; - механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности.	Знает методы проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и математического моделирования для описания технологических процессов.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Уметь: - проводить термодинамический, статический и кинетический анализы химико-технологических процессов; - проводить теоретический анализ и обосновывать оптимальные параметры технологического режима, с учетом термодинамических и кинетических закономерностей, а также экономических и экологических показателей.	Умеет использовать методы проведения теоретического анализа и математического моделирования.	Экзамен
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеть: - методами теоретического анализа и исследования технологических процессов производства неорганических веществ; - навыками использования теоретических закономерностей химико-технологических процессов для оптимизации технологических параметров при анализе работы действующих химических производств и создании новых процессов; - методами осуществления технологических процессов в соответствии с регламентами на производства неорганических веществ.	Владеет навыками проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и математического моделирования для описания ХТП.	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	68	68	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	112	112	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
6-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Общие закономерности протекания основных процессов химической технологии неорганических веществ. Роль теоретического анализа в обосновании оптимальных технологических параметров и показателей химико-технологических процессов. Схема теоретического анализа.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Термодинамика обратимых и необратимых гомогенных и гетерогенных процессов.	4	0	2	20
<p>Применение первого начала термодинамики в технологических расчетах.</p> <p>Методы расчета теплоты химических реакций и теплоты фазовых пре-вращений, протекающих в различных системах. Оценка энергоемкости химико-технологических процессов.</p> <p>Применение второго начала термодинамики в технологических расчетах.</p> <p>Применение второго начала термодинамики для определения направления протекания химико-технологических процессов. Методы расчета изменения энтропии при протекании химических превращений в различных системах.</p> <p>Термодинамические потенциалы как мера осуществимости химического превращения.</p>				
Химическое равновесие обратимых процессов.	2	0	8	18
<p>Химическое равновесие.</p> <p>Константа равновесия процессов химического взаимодействия и способы ее расчета по термодинамическим данным. Способы выражения константы равновесия через равновесные парциальные давления, мольные доли, концентрации для идеальных газов. Использование коэффициентов летучести для расчета равновесия реальных газов.</p> <p>Методика расчета равновесного состава идеальной и реальной газовой смеси при заданных условиях с использованием начального состава газа.</p> <p>Определение равновесной степени превращения сырьевых компонентов и равновесного выхода продуктов при простом химическом равновесии.</p> <p>Принципы расчета сложного химического равновесия в условиях одновременного протекания нескольких реакций</p>				
Физико-химический анализ гетерогенных фазовых равновесий в двухкомпонентных системах.	6	0	6	18
<p>Анализ процессов в двухкомпонентных системах пар-жидкость.</p> <p>Графическое изображение равновесия в двухкомпонентных системах пар-жидкость. Методы разделения жидких или газовых смесей и их практическое применение в технологии.</p> <p>Анализ процессов в двухкомпонентных системах газ-жидкость.</p> <p>Механизм процессов, протекающих в системе жидкость-газ. Применение законов Генри и Рауля для описания равновесия в идеальных системах газ-жидкость. Понятие движущей силы процессов</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>абсорбции и десорбции. Особенности физической и химической абсорбции. Обоснование оптимальных условий протекания физической и химической абсорбции.</p> <p>Анализ процессов в двухкомпонентных системах твердое-жидкость.</p> <p>Цель статического анализа- обоснование оптимальных условий получения целевых продуктов с максимальным выходом и качеством. Графический метод изображения равновесия на диаграммах растворимости водно-солевых систем. Типы диаграмм растворимости солей, кристаллизующихся в безводной форме, а также в форме конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся кристаллогидратов.</p> <p>Графическое моделирование процессов растворения, плавления солей, испарения воды, изотермической и политермической кристаллизации солей из растворов и расплавов на диаграммах растворимости.</p>				
Физико-химический анализ гетерогенных фазовых равновесий в трехкомпонентных системах.	4	0	6	18
<p>Анализ процессов в трехкомпонентных системах твердое-жидкость.</p> <p>Политерма растворимости в трехкомпонентной системе твердое-жидкость. Получение изотермических сечений пространственной диаграммы и их свойства. Графическое моделирование процессов растворения и кристаллизации охлаждением с помощью политермы растворимости трехкомпонентной системы.</p> <p>Графическое моделирование процессов растворения и кристаллизации испарением на изотермических сечениях диаграмм трехкомпонентных систем следующих типов: 1) при кристаллизации солей в безводной форме, 2) при кристаллизации устойчивых кристаллогидратов, 3) при образовании неустойчивых кристаллогидратов, 4) при образовании конгруэнтно растворяющихся двойной безводной или гидратированной соли, 5) при образовании инконгруэнтно растворяющихся двойной безводной или гидратированной соли.</p> <p>Физико-химические основы методов переработки солевого природного сырья в неорганической технологии.</p> <p>Гетерогенные процессы в трехкомпонентной системе твердое-жидкость.</p>				
Физико-химический анализ гетерогенных фазовых равновесий в четырехкомпонентных системах.	4	0	4	18
Анализ процессов в четырехкомпонентных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
системах твердое-жидкость. Изображение пространственных изотерм простых четверных систем в треугольной призме.				
Кинетический анализ химико-технологических процессов.	10	0	8	20
Задачи кинетического анализа. Кинетический анализ как метод интенсификации химико-технологических процессов. Связь скорости процесса с технико-экономическими показателями. Методы выражения скорости различных химико-технологических процессов. Кинетический анализ гомогенных процессов. Механизм и кинетические уравнения гомогенных химических процессов. Гомогенный катализ. Характеристика реакторов для гомогенных процессов и режим их работы. Общие принципы расчета реакторов. Методика расчета изотермических реакторов: реактор периодического действия, реакторы непрерывного действия идеального смешения и идеального вытеснения. Кинетический анализ гетерогенных некаталитических процессов. Механизм и кинетика высокотемпературных процессов, протекающих в системах твердое – газ (жидкость): прокаливание, обжиг. Механизм и кинетика низкотемпературных процессов в системах твердая фаза–раствор: кристаллизация, ионный обмен. Механизм и кинетика процессов в системах газ-жидкость (твердое): абсорбция, адсорбция, десорбция. Кинетический анализ гетерогенно-каталитических процессов. Механизм гетерогенно-каталитических процессов. Выбор кинетических уравнений в зависимости от лимитирующей стадии. Классификация реакторов для гетерогенно-каталитических процессов и их сравнительная характеристика.				
Заключение.	1	0	0	0
Технико-экономические и экологические критерии, их связь с технологическими характеристиками химико-технологических процессов. Со-временные проблемы химической технологии, требования к химико-технологическим процессам.				
ИТОГО по 6-му семестру	32	0	34	112
ИТОГО по дисциплине	32	0	34	112

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет теплоты химических реакций и теплоты фазовых переходов для использования их в тепловом балансе.
2	Качественный термодинамический анализ химических превращений, протекающих в сложной гетерогенной системе с участием конденсированных фаз на примере производства соединений ба-рия путем высокотемпературного восстановления барита
3	Термодинамический анализ химического превращения в идеальной газовой системе в случае протекания одной химической реакции на примере окисления SO <sub>2</sub> до SO <sub>3</sub> . Вывод уравнения для выражения равновесного состава через заданный исходный состав газа. Расчет равновесной степени окисления и выхода в зависимости от исходного состава газовой смеси, температуры и давления с использованием ПК. Оптимизация технологических параметров по данным термодинамического анализа.
4	Методика расчета константы химического равновесия в неидеальной газовой системе.
5	Вывод системы уравнений для расчета сложного химического равновесия в условиях протекания нескольких химических реакций на примере конверсии метана водяным паром.
6	Решение технологических задач с использованием равновесных данных в виде таблиц и диаграмм в системе газ-жидкость: производство олеума, соляной, плавиковой кислоты. Расчет движущей силы абсорбции, определение степени абсорбции, максимальной равновесной концентрации жидкости.
7	Построение диаграммы растворимости системы NaBr-H <sub>2</sub> O по справочным данным. Характеристика элементов диаграммы: точек, линий, полей. Графическое изображение на диаграмме различных вариантов получения солевых продуктов из заданного сырья. Расчет процессов переработки сырья и выхода продукта.
8	Графическое моделирование получения целевого продукта на изо-терме растворимости трехкомпонентной системы, образованной водой и двумя одноионными солями, выбор способа, обеспечивающего максимальный выход продукта и наилучшее качество. Расчет процессов и выхода продукта.
9	Графическое моделирование рациональных способов переработки сильвинита на диаграмме растворимости KCl-NaCl-H <sub>2</sub> O.
10	Графическое моделирование получения KCl из карналлита.
11	Решение задач по определению константы скорости реакции, энергии активации процесса, скорости химического процесса.
12	Решение задач по расчету времени пребывания и реакционного объема изотермических реакторов идеального смешения периодического и непрерывного действия, изотермических реакторов идеального вытеснения на примере расчета скорости гетерогенно-каталитического процесса окисления SO <sub>2</sub> в SO <sub>3</sub> .



## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Островский С. В. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / С. В. Островский. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Кн. 1. - Санкт-Петербург [и др.]: , Лань, 2016. - (Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие для вузов : в 2 кн.; Кн. 1).	3

2	Кн. 2. - Санкт-Петербург [и др.]: , Лань, 2017. - (Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие для вузов : в 2 кн.; Кн. 2).	3
3	Куликов М. А. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / М. А. Куликов. - Березники: Изд-во ПНИПУ, 2011.	5
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Реферативный журнал. 19Л. Технология неорганических веществ и продуктов. Производство удобрений : выпуск сводного тома / Российская академия наук ; Всероссийский институт научной и технической информации. - Москва: ВИНТИ, 1953 -.	1
2	Химическая промышленность : научно-технический журнал / Теза; Прикладная химия. - Санкт-Петербург: Теза, Прикладная химия, 1924 - .	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Егоров А. П. Общая химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / А. П. Егоров, А. И. Шерешевский, И. В. Шманенков. - Москва Ленинград: Химия, 1965.	2
2	Рахимова О. В. Теоретические основы технологии неорганических веществ : учебное пособие / О. В. Рахимова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	5
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Ю. И. Дытнерский [и др.]. - Москва: Альянс, 2017.	5
2	Расчеты химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. Ф. Туболкин [и др.]. - Москва: Альянс, 2018.	4

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Островский С. В. Научно-технические химические технологии : учебное пособие / С. В. Островский. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2307">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2307</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Шевченко Т. М. Химическая технология неорганических веществ. Основные производства : учебное пособие / Шевченко Т. М., Тихомирова А. В. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012.	<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/6649/#1">https://e.lanbook.com/reader/book/6649/#1</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Островский С. В. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / С. В. Островский. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=852">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=852</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 860 с.	<a href="http://www.iprbookshop.ru/eipd-reader?publicationId=75637">http://www.iprbookshop.ru/eipd-reader?publicationId=75637</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Ноутбук ACER Extensa 7620-G -3A2G25Mi, инвентарный № 0478200	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	Ноутбук ACER Extensa 7620-G -3A2G25Mi, инвентарный № 0478200	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся  
по дисциплине  
**«Теоретические основы технологии неорганических веществ»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология

**Направленность (профиль)  
образовательной  
программы:** Химическая технология  
неорганических веществ

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Выпускающая кафедра:** Химические технологии

**Форма обучения:** Очная/Заочная

**Курс:** 3/4

**Семестр:** 6/7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр / 7 семестр

Пермь 2020

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го/7-го семестра учебного плана) и разбито на 8 учебных модулей, в которых предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный
	ТТ	ТО	КЗ	РТ/КР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>З.1 Знать:</b> - теоретические основы химико-технологических процессов; - механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности.	C1	ТО1 ТО2 ТО3		РТ/КР1	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1 Уметь:</b> - проводить термодинамический, статический и кинетический анализы химико-технологических процессов; - проводить теоретический анализ и обосновывать оптимальные параметры технологического режима, с учетом термодинамических и кинетических закономерностей, а также экономических и экологических показателей.			КЗ1	РТ/КР2	ПЗ

Приобретенные владения					
<b>В.1 Владеть:</b> - методами теоретического анализа и исследования технологических процессов производства неорганических веществ; - навыками использования теоретических закономерностей химико-технологических процессов для оптимизации технологических параметров при анализе работы действующих химических производств и создании новых процессов; - методами осуществления технологических процессов в соответствии с регламентами на производства неорганических веществ.			КЗ1		ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

### 1. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты КЗ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита индивидуальных заданий**

Всего запланировано 4 индивидуальных расчетных работы. Типовые темы индивидуальных заданий приведены в РПД.

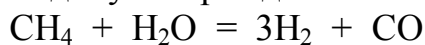
Защита работ проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 6 рубежных контрольных работ после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

#### **Типовые задания КР 1:**

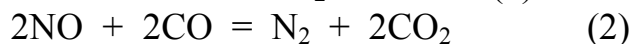
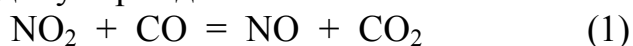
**1.** Изложить методику термодинамического анализа химического превращения:



Как определить, является газовая смесь идеальной или реальной? Как учесть свойства реального газа?

Как использовать результаты термодинамических расчетов для обоснования оптимальных параметров технологического режима?

**2.** Изложить методику термодинамического анализа сложного химического превращения:



Как определить, является газовая смесь идеальной или реальной? Как учесть свойства реального газа?

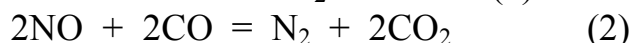
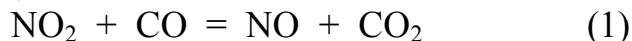
Как использовать результаты термодинамических расчетов для обоснования оптимальных параметров технологического режима?



### Типовые задания КР 2:

1. Привести в общем виде методику расчета константы равновесия, равновесного состава газовой смеси и равновесной степени превращения (выхода продукта) при заданном мольном соотношении пар/газ=3 в исходной газовой смеси:  
 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2 + \text{CO}$

2. Привести в общем виде методику расчета констант равновесия, равновесного состава газовой смеси, если в исходной газовой смеси мольное соотношение  $\text{NO}_2 / \text{CO} = 2$ :



### Типовые задания КР 3:

1. Провести статический анализ процессов, протекающих в системе «Жидкость-газ».

Во сколько раз можно уменьшить поверхность массообмена, а следовательно, и объем аппарата, если абсорбцию проводить при повышенном давлении 2 атм. по сравнению с 1 атм. при противотоке газа и жидкости?

Условия абсорбции:  $t = 60^\circ\text{C}$ ,  $y_{\text{HCl}} = 39\%$  об.,  $x_{\text{HCl}} = 32\%$  мас., степень абсорбции  $\alpha = 97\%$ , орошение производится водой противотоком к газу.

2. Провести статический анализ процесса, протекающего в системе «Пар-жидкость». Показать на диаграмме области существования гомогенной и гетерогенной фаз.

Провести расчет фазового состава закрытой системы однократной конденсации и однократного испарения при переходе из одной гомогенной фазы через гетерогенную в другую гомогенную.

### Типовые задания КР 4:

1. На изотермической диаграмме трехкомпонентной водно-солевой системы обозначить все имеющиеся области и указать фазы, существующие в равновесии.

С помощью графических построений на диаграмме доказать, конгруэнтны или инконгруэнтны имеющиеся в данной системе двойные соли и двойные эвтонические растворы.

На диаграмме изобразить графически основные стадии переработки твердой смеси солей с целью получения одной из солей в безводной или гидратированной форме. Провести расчеты на 1000 кг сырья, определить выход целевого продукта и количество образующихся отходов. Показать, возможна ли переработка отходов в цикле. Как это повлияет на степень использования сырья?

### Типовые задания КР 5:

1. Графическое моделирование процессов кристаллизации при изотермическом испарении воды из раствора в простой четверной системе путем совместного рассмотрения водной и безводной проекций пространственной диаграммы. Определение изменения фазового состава системы при постепенном испарении воды.

### Типовые задания КР 6:

1. Определить объем реактора идеального вытеснения при протекании в нем в жидкой фазе следующей реакции:  $A \rightarrow C + D$

Исходные данные для расчета:

Объемный расход реагента  $W_o = 20 \text{ л мин}^{-1}$ .

Начальная концентрация  $C_{Ao} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ моль л}^{-1}$ .

Степень превращения  $X_A = 0,5$ .

Принято, что реакция протекает по первому порядку. Для достижения заданной степени превращения объем РИС-Н составляет 50 л.

Пояснить, как использовать кинетические закономерности протекания процесса для обоснования оптимального технологического режима ?

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.3. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### 2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

##### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Методика расчета тепловых балансов технологических процессов. Задачи, решаемые путем расчета тепловых балансов. (*Процессы  $T=G$ ,  $T=Ж$ ,  $G=Ж$ . Методика расчета тепл. балансов технол. процессов.*)

2. Константа равновесия, способы ее выражения и методы расчета.

3. Значение процессов абсорбции - десорбции в технологии неорганических веществ. Особенности физической и химической абсорбции. (*3-н Генри.*)

4. Понятие движущей силы процессов абсорбции и десорбции. Методы определения движущей силы этих процессов. Способы повышения движущей силы.

5. Особенности диаграмм растворимости двухкомпонентных систем, образующих конгруэнтно и инконгруэнтно растворимые кристаллогидраты.

6. Скорость процесса и способы ее расчета для элементарных и неэлементарных процессов при заданном начальном составе реагентов и степени превращения.

## **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Расчет равновесного состава газовой смеси при протекании химической реакции. Определение равновесной степени превращения и равновесного выхода продукта для идеальных газовых систем. Влияние параметров технологического режима (температуры, давления, концентрации) на равновесный выход продукта и равновесную степень превращения (качественно и количественно). (*Колич. термод. анализ.*)

2. Расчет химического равновесия в неидеальных газовых системах. Методы расчета летучести и коэффициентов летучести для реальных газов. Вывод уравнения для расчета равновесного состава газа при заданном начальном составе. (*Летучесть, активность. Критические  $T$  и  $P$ .*)

3. Статический анализ процессов растворения, кристаллизации и испарения в системах твердое - жидкость. Задачи, решаемые с помощью статического анализа в этих системах.

4. Методика выполнения кинетического анализа. Последовательность этапов кинетического анализа.

## **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Производственные задачи, решаемые с помощью статического анализа в системе жидкость-газ. (*I, II, III з-ны Коновалова. Способы разделения газ. и жидк. смесей в 2-компонентной системе.*)

2. Графическое моделирование процессов растворения, кристаллизации и испарения в изотермических и политермических условиях на диаграммах растворимости двухкомпонентных систем. Расчет выхода продукта и его качества.

3. Графическое моделирование процессов растворения, кристаллизации и испарения на изотермических проекциях диаграмм растворимости трехкомпонентных систем с двумя одноионными солями:

- а) при кристаллизации солей в безводной форме,
- б) при кристаллизации солей в виде устойчивых кристаллогидратов,
- в) при образовании одной из солей неустойчивого кристаллогидрата,
- г) при образовании конгруэнтно растворяющейся двойной безводной или гидратированной соли,
- д) при образовании инконгруэнтно растворяющейся двойной безводной или гидратированной соли.

4. Графическое изображение процессов переработки сырья заданного состава на изотермических проекциях диаграмм растворимости трехкомпонентных систем с целью получения целевых продуктов с максимальным выходом. Оценка возможности переработки отходов на ценные продукты.

Расчеты процессов переработки солевого сырья. Определение выхода ценного компонента при переработке отходов в цикле. Расчет потерь ценного компонента с не утилизируемыми отходами.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.