

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

« 09 » декабря 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Процессы тепломассопереноса в гетерогенных системах, часть 2

(наименование)

Форма обучения: _____ очная

(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5)

(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления)

Направленность: _____ Химическая технология топлива и газа

(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области механизмов и закономерностей процессов массо,- и теплопередачи в сложных технологических системах, включающих наряду с газовой и жидкой твердую фазу.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение физико-химических и математических моделей, описывающих механизмы массо,- и теплопередачи в гетерогенных средах, способов применения математических уравнений, описывающих эти процессы;
- формирование умения использования изучаемых физических, математических моделей и уравнений для описания конкретных технологических систем
- формирование навыков обоснованного расчёта элементов технологических процессов и всего процесса в целом с использованием программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- модели массопереноса, сопряженного с теплопереносом в гетерогенной среде;
- модели продольного и поперечного перемешивания сопряжённого с молекулярной диффузией в газовой и жидких средах;
- модели растворения, химического осаждения, кристаллизации и гранулирования, сопряжённые с теплообменом, в газообразной и жидкой фазах
- процессы испарения в жидком и твердом состояниях
- процессы электрохимического осаждения твердой фазы
- прямой и обратный осмос, электрофорез
- основы разделения веществ с помощью центрифуг и диффузионных 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-2.6	ИД-1ПК-2.6	Знать методы проведения теоретического анализа процессов массопереноса на пористом катализаторе, критерии выбора оптимальных параметров работы катализаторов, методы определения параметров математических моделей для описания технологических процессов на пористых катализаторах.	Знает методы проведения теоретического анализа; способы обоснования оптимальных технологических параметров; методы математического моделирования, применяемые 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-2.6	ИД-2ПК-2.6	Уметь проводить теоретический анализ условий работы пористого катализатора для обоснования оптимальных технологических условий его работы на основе математической модели.	Умеет проводить теоретический анализ для обоснования оптимальных параметров; применять методы математического моделирования;	Экзамен
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеть навыками определения внутренних параметров математической модели пористого катализатора для описания технологических процессов и их оптимизации.	Владеет навыками проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и применения методов математического моделирования для описания технологических процессов	Отчёт по практическому занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	26	26
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	8	8
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	118	118
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	180	180

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	СРС
2-й семестр				
Получение веществ методом химического осаждения	2	0	4	30
Процессы осаждения из газовой фазы; Вторичные межфазные взаимодействия в системе осадок-раствор; Характеристика параметров процессов химического осаждения из растворов; Структуры и механизмы образования гидроксидов и основных солей металлов. Загрязнение химических осадков; Классификация и характеристика основных методов химического осаждения из растворов. Получение химических осадков с заранее заданными физическими свойствами. По данным подразделам магистры готовят самостоятельные доклады по литературным источникам.				
Процессы растворения веществ	2	0	4	30
Кинетика химического растворения. Растворение при различных схемах взаимодействия фаз. Растворение многокомпонентных смесей. Электрохимическое растворение Подземное растворение (с примером расчета).				
Кристаллизация из растворов	2	0	4	30
Гранулометрический состав. Математическое моделирование процессов кристаллизации при химическом осаждении. Влияние природы кристаллизуемой соли на качество продукта Влияние перемешивания на качество продукта. Влияние температуры на качество продукта Влияние растворимых примесей на качество продукта. Технологические приемы увеличения крупности продукта. Факторы, влияющие на чистоту продукта. Чистота продукта.				
Кристаллизация из расплавов	2	0	4	28
Технология кристаллических удобрений с учётом тепловых процессов. Гранулирование и охлаждение азот-содержащих удобрений Конвективный теплообмен при затвердевании и плавлении.				
ИТОГО по 2-му семестру	8	0	16	118
ИТОГО по дисциплине	8	0	16	118

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Вторичные межфазные взаимодействия в системе осадок-раствор
2	Получение химических осадков с заранее заданными физическими свойствами
3	Растворение многокомпонентных смесей
4	Электрохимическое растворение
5	Гранулометрический состав
6	Факторы, влияющие на чистоту продукта
7	Физико-химические основы получения гранулированных удобрений методом кристаллизации из расплавов
8	Анализ устройства и принципа работы гранбашни

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления 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 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
1. Основная литература		
1	Углев Н. П. Теория химических реакторов: введение в основной курс : учебное пособие / Н. П. Углев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	60
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Жоров Ю.М. Моделирование физико- химических процессов нефтепереработки и нефтехимии / Ю. М. Жоров. - Москва: Химия, 1978.	7
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Справочник азотчика. Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Очистка технологических газов. Синтез аммиака / А. И. Семенова [и др.]. - Москва: Химия, 1986.	10
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Аксельруд Г. А. Растворение твёрдых веществ / Г. А. Аксельруд, А. Д. Молчанов. - Москва: Химия, 1977.	2
2	Казакова Е. А. Гранулирование и охлаждение в аппаратах с кипящим слоем / Е. А. Казакова. - Москва: Химия, 1973.	4
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Вассерман И. М. Химическое осаждение из растворов / И. М. Вассерман. - Ленинград: Химия, 1980.	1
2	Казакова Е. А. Гранулирование и охлаждение азотсодержащих удобрений / Е. А. Казакова. - Москва: Химия, 1980.	4
3	Матусевич Л. Н. Кристаллизация из растворов в химической промышленности / Л. Н. Матусевич. - М.: Химия, 1968.	3

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Кузьминых К. Г. Методы исследований характеристик твёрдых катализаторов : учебное пособие / К. Г. Кузьминых, В. З. Пойлов, Е. О. Кузина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2586	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Абрамов, А.А. Собрание сочинений : учебное пособие / А.А. Абрамов. — Москва : Горная книга, [б. г.]. — Том 6 : Флотация. Физико-химическое моделирование процессов — 2010. — 607 с.	https://e.lanbook.com/reader/book/74367/#1	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Углев Н.П. Теория химических реакторов. Введение в основные разделы курса / Н.П. Углев ; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2008. – 183 с.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4340	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / Т.Г. Ахметов, В.М. Бусыгин, Л.Г. Гайсин, Р.Т. Ахметова ; под редакцией Т.Г. Ахметова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 452 с.	https://e.lanbook.com/reader/book/119611/#1	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

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
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть): Монитор: AOC 185LM00013 Мышь: OKLICK 105M Клавиатура: OKLICK 100M BLACK PS/2 Системный блок: Процессор – Intel Pentium CPU G2030 3.00GHz Материнская плата – ASUS P8B75-V Оперативная память – 4 ГБ Жесткий диск – 500 ГБ	10

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
«Процессы тепломассопереноса в гетерогенных системах, часть 2»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	18.04.01 Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы:	Химическая технология неорганических веществ и материалов Химическая технология топлива и газа
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	Химические технологии
Форма обучения:	Очная

Курс: 1

Семестр: 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	5	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180	ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 2 семестр

Пермь - 2019

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. Объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические 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, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала 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 Экзамен
	ТО	ТВ	ПЗ		
Усвоенные знания					
З.1 Знать методы проведения теоретического анализа процессов массопереноса на пористом катализаторе, критерии выбора оптимальным параметров работы катализаторов, методы определения параметров математических моделей для описания технологических процессов на пористых катализаторах.	С1				ТВ
Освоенные умения					
У.1 Уметь проводить теоретический анализ условий работы пористого катализатора для обоснования оптимальных технологических условий его работы на основе математической модели	С2		ПЗ		ПЗ
Приобретенные владения					
В.1 Владеть навыками определения внутренних параметров математической модели пористого катализатора для описания технологических процессов и их оптимизации.	С3		ПЗ		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*

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

2. 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 бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), 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

Текущий контроль усвоения материала в форме 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических работ.

2.2.1. Защита практических работ

Всего запланировано 8 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

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

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является 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.

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Вторичные межфазные взаимодействия в системе осадок-раствор. Характеристика параметров процессов химического осаждения из растворов.
2. Кинетика химического растворения.
3. Влияние условий кристаллизации на качество продукта: влияние растворимых примесей.

Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:

1. Получение химического осадка с заранее заданными физическими свойствами.
2. Определение гранулометрического состава.
3. Управление процессами загрязнения химических осадков.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Растворение при различных схемах взаимодействия фаз (с примером расчёта процесса на компьютере).
2. Растворение многокомпонентных смесей (с примером расчета процесса на компьютере).
3. Подземное растворение (с примером расчёта процесса на компьютере).

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.