



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)**

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП

(подпись)

Патрушева О.В.
(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента химии и материалов

(подпись)

А.А. Капустина
(И.О. Фамилия)

14» февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Химические реакторы

Направление подготовки 04.03.01 Химия

(Химия и химическая инженерия (совместно с АО НЗМУ))

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 04.03.01 **Химия**, утвержденного приказом Минобрнауки России от 17 июля 2017 г. № 671

Директор Департамента ядерных технологий Патрушева О.В.
Составитель Васильева М.С., д.х.н.

Владивосток
2023

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Департамента химии и материалов протокол от «13» февраля 2023 г. № 07.
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента химии и материалов и утверждена на заседании Департамента химии и материалов, протокол от «___» _____ 202 г. № _____
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента химии и материалов и утверждена на заседании Департамента химии и материалов, протокол от «___» _____ 202 г. № _____
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента химии и материалов и утверждена на заседании Департамента химии и материалов, протокол от «___» _____ 202 г. № _____

Аннотация дисциплины

Химические реакторы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единицы / 180 академических часов. Является дисциплиной по выбору ОП, реализуемой участниками образовательных отношений, изучается на 4 курсе и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 20 часов, лабораторных работ – 90 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента - 70 часа (в том числе 36 часов - на экзамен).

Язык реализации: русский.

Цель:

Подготовить студентов к химико-технологической деятельности на предприятиях химической промышленности.

Задачи:

1. формирование знаний об основных закономерностях химических процессов, протекающих в реакционных аппаратах, основных методах и приемах повышения эффективности их работы.
2. овладение основами теории химико-технологических процессов и конструкции современных химических реакторов;
3. - формирование знаний о принципах расчета химико-технологических процессов;
4. - формирование знаний новых тенденциях в области развития теории процессов и аппаратов.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции, полученные в результате изучения дисциплин, неорганическая химия, органическая химия, физическая химия и химическая технология:

ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;

ПК-1 способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для

измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Химические реакторы», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют формирование следующих компетенций, индикаторов достижения компетенций:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1-1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	Знает основы планирования стадий исследования химической направленности; умеет планировать отдельные стадии исследования химической направленности при наличии общего плана НИР; владеет навыками планирования отдельных стадий исследования химической направленности при наличии общего плана НИР.
		ПК-1-2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР	знает источники информации, необходимые для подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности; умеет составлять элементы документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности;

			<p>владеет навыками подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности.</p>
		<p>ПК-1-3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p>	<p>знает источники информации и основные принципы выбора технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности;</p> <p>умеет выбирать технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности;</p> <p>владеет навыками выбора технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности.</p>
Технологический	<p>ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, участвовать в оптимизации существующих и разработке новых технологий</p>	<p>ПК-3-1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий</p>	<p>знает основы планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий;</p> <p>умеет применять на практике основы планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий;</p> <p>владеет навыками планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с</p>

			целью совершенствования существующих технологий.
		ПК-3-2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	знает требования, необходимые для подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных химико-технологических задач; умеет составлять элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач; владеет навыками подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных химико-технологических задач.
		ПК-3-4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	знает современные требования, предъявляемые технологиям производства продукции и способы их совершенствования; умеет разрабатывать предложения по совершенствованию технологии производства продукции; владеет навыками разработки предложений по совершенствованию технологии производства продукции.

Технологический	ПК-4 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции	ПК-4-1. Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	знает стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства; умеет применять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства; владеет навыками выполнения стандартных операций на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.
-----------------	---	--	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Химические реакторы» применяются следующие образовательные технологии и методы активного / интерактивного обучения: лекции-беседы, деловая игра, работа в малых группах.

I. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель:

Подготовить студентов к химико-технологической деятельности на предприятиях химической промышленности.

Задачи:

1. формирование знаний об основных закономерностях химических процессов, протекающих в реакционных аппаратах, основных методах и приемах повышения эффективности их работы.
2. овладение основами теории химико-технологических процессов и конструкции современных химических реакторов;
3. формирование знаний о принципах расчета химико-технологических процессов;
4. формирование знаний новых тенденциях в области развития теории процессов и аппаратов.

«Химические реакторы» является дисциплиной по выбору ОП, реализуемой участниками образовательных отношений, изучается на 4 курсе и завершается *экзаменом*. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единицы / 180 академических часов. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 20 часов, лабораторных работ – 90 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента - 70 часов (в том числе 36 часов -на экзамен).

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции, полученные в результате изучения дисциплин, неорганическая химия, органическая химия, физическая химия и химическая технология. Приобретенные в данной дисциплине компетенции реализуются в ходе производственной практики и выполнения НИР.

Профессиональные компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине «Химические реакторы»

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1-1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	Знает основы планирования стадий исследования химической направленности; умеет планировать отдельные стадии исследования химической направленности при наличии общего плана НИР; владеет навыками планирования отдельных стадий исследования химической направленности при наличии общего плана НИР.
		ПК-1-2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР	знает источники информации, необходимые для подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности; умеет составлять элементы документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности; владеет навыками подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности.
		ПК-1-3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из	знает источники информации и основные принципы выбора

		набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности; умеет выбирать технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности; владеет навыками выбора технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности.
Технологический	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, участвовать в оптимизации существующих и разработке новых технологий	ПК-3-1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий	знает основы планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий; умеет применять на практике основы планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий; владеет навыками планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий.
		ПК-3-2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	знает требования, необходимые для подготовки элементов документации, проектов планов и программ

			<p>отдельных химико-технологических задач; умеет составлять элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач; владеет навыками подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных химико-технологических задач.</p>
		<p>ПК-3-4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции</p>	<p>знает современные требования, предъявляемые технологиям производства продукции и способы их совершенствования; умеет разрабатывать предложения по совершенствованию технологии производства продукции; владеет навыками разработки предложений по совершенствованию технологии производства продукции.</p>

Технологический	ПК-4 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции	ПК-4-1 Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	знает стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства; умеет применять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства; владеет навыками выполнения стандартных операций на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.
-----------------	---	---	--

II. Трудоемкость дисциплины и виды учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единицы (180 академических часов)

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел I. Химико-технологические процессы	1	4	4	-	-	4	9	УО-1; ПР-6; ПР-12
2	Раздел 2. Гетерогенные процессы		4	36	-		10	9	УО-1; ПР-6; ПР-12

Раздел 3. Гетерогенно-каталитические процессы		4	14	-		10	9	УО-1; ПР-6; ПР-12
Раздел 4. Химические реакторы		8	36	-		10	9	УО-1; ПР-6; ПР-12
Итого:		20	90	-	-	34	36	

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Химико-технологические процессы (4 час.)

Тема 1. Понятие о химико-технологическом процессе (2 час.)

Классификация химико-технологических процессов. Технологические критерии эффективности химико-технологического процесса. Стехиометрия в расчетах химических процессов. Основные технологические показатели, составление материального и теплового баланса. Степень превращения, выход и избирательность в химическом процессе. Время пребывания, распределение времени пребывания, перемешивание в химическом процессе

Тема 2 Термодинамические и кинетические основы химического процесса (2 час.)

Термодинамика и кинетика – основные количественные характеристики химического процесса. Константы равновесия химических реакций, тепловые эффекты реакций, зависимости констант равновесия и скорости химических реакций от температуры, значения констант скоростей, продолжительность химических реакций Термодинамические расчеты химико-технологических процессов. Расчет равновесия по термодинамическим данным. Использование законов химической кинетики при выборе технологического режима и моделировании технологических процессов. Формальная кинетика. Кинетические уравнения. Способы изменения скорости простых и сложных реакций. Кинетика динамических систем (кинетика химических реакций, протекающих в потоке).

Раздел 2. Гетерогенные процессы (4 час.)

Тема 1. Общие сведения о гетерогенных процессах (2 час.)

Гетерогенные процессы. Режимы реакций. Экспериментальные методы. Кинетика гетерогенных каталитических процессов в статическом и динамическом режимах.

Тема 2. Схема гетерогенного процесса (2 час.)

Модели гетерогенного процесса: «сжимающаяся сфера», «сжимающееся ядро». Наблюдаемая скорость гетерогенного процесса, время полного превращения. Режим процесса. Характерные признаки лимитирующей стадии, способы ее определения. Определяющий параметр для каждой лимитирующей стадии.

Раздел 3. Гетерогенно-каталитические процессы (4 час.)

Тема 1. Процессы переноса в каталитических реакциях (1 час)

Процессы переноса в каталитических реакциях. Области протекания реакции. Понятие лимитирующей стадии.

Тема 2. Внешнедиффузионная область (1 час)

Общие закономерности. Скорость процесса во внешнедиффузионной области. Тепловые режимы. Влияние различных факторов. Процесс на поверхности непористого катализатора.

Тема 3. Внутريدиффузионная область (1 час.)

Внутренняя диффузия. Молекулярная диффузия. Кнудсеновская диффузия. Пористая структура катализаторов, модели их пористой структуры. Выражения скорости реакции. Схема и математическая модель процесса в пористом зерне катализатора. Кинетические уравнения, метод решения. Перенос в гранулах и фактор эффективности (степень использования внутренней поверхности катализатора). Модуль Зельдовича-Тиле. Эффекты теплопереноса. Влияние внутренне-диффузионных факторов на скорость процессов.

Тема 4. Теоретические и экспериментальные критерии влияния диффузии (1 час.)

Критерии влияния внешней диффузии. Критерии влияния внутренней диффузии. Критерии теплопереноса. Внешняя диффузия. Кажущаяся энергия активации гетерогенных реакций. Гетерогенно-каталитические процессы на пористом зерне катализатора. Макрокинетика. Диффузионное торможение. Неоднородность в реакторе. Аксиальная неоднородность. Примеры использования теоретических критериев.

Раздел 4. Химические реакторы (8 час.)

Тема 1. Уровни анализа, описания и расчета химических процессов, протекающих в химических реакторах (2 час.)

Структура математической модели химического реактора. Уравнение материального баланса реактора. Классификация химических реакторов и режимов их работы. Понятия объемная скорость (spacevelocity), условного времени контакта (spacetime), способы их выражения.

Тема 2. Химические реакторы в изотермическом режиме (2 час.)

Химические реакторы с идеальной структурой потока. Реактор идеального смешения (периодический и проточный). Реактор идеального вытеснения. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Распределение времени пребывания в проточных реакторах.

Тема 3. Теплоперенос в химических реакторах (1 час.)

Уравнение теплового баланса реактора. Тепловые режимы химических реакторов: изотермический, адиабатический, промежуточный (политермический, политропический). Устойчивость теплового режима работы реактора. Параметрическая чувствительность. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления.

Тема 4. Подходы к математическому моделированию каталитических реакторов (1 час.)

Основные вопросы, исследуемые на основе математического моделирования Уравнения баланса массы и энергии. Стратифицированная модель каталитического реактора.

Тема 5. Основные подходы к решению проблем химической кинетики: Физико-химический, или микроскопический и формально-кинетический, или макроскопический (1 час.)

Элементы макрокинетической модели. Основные этапы построения макрокинетических моделей.

Тема 6. Макрокинетический эксперимент, лабораторные микрореакторы, их математическое описание (1 час.)

Макрокинетический эксперимент, лабораторные микрореакторы, их математическое описание. Численные методы идентификации и анализа кинетических моделей. Интегральный метод оценивания параметров. "Error-in-Variable" (EVM) метод идентификации кинетических моделей на базе экспериментов, получаемых в реакторе идеального смешения. Апостериорный анализ результатов идентификации.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа 1. Химическое равновесие в многокомпонентной смеси (10 час.)

Расчет равновесного состава реагирующей смеси в сложных и простых реакциях. Выбор оптимальных условий проведения исследуемого химического процесса.

Лабораторная работа 2. Гетерогенные процессы и реакторы для гетерогенных процессов (10 час.)

Определение области протекания гетерогенного процесса по экспериментальным данным. Расчет гетерогенного процесса в реакторах с различной организацией материальных потоков. Составление материального и теплового балансов гетерогенного процесса в реакторе.

Лабораторная работа 3. Параметры переноса в зернистом слое (8 час.)

Расчет свойств газовой смеси по свойствам индивидуальных компонентов и параметров теплопереноса при прохождении потока газа через зернистый слой.

Лабораторная работа 4. Пористое зерно катализатора (10 час.)

Расчет процесса в пористом зерне катализатора при протекании простой или сложной реакций:

- профиль степени превращения и концентрации в пористом зерне,
- наблюдаемая скорость превращения W_n ,
- степень использования внутренней поверхности η (эффективность процесса),
- наблюдаемая селективность процесса S_n (для сложной реакции).

Лабораторная работа 5. Теоретические критерии (10 час.)

Критерии влияния внутренней диффузии. Критерии влияния внешней диффузии. Примеры использования теоретических критериев.

Закрепление навыков построения двухмерных моделей. Построение двух видов сложной модели.

Лабораторная работа 6. Окисление диоксида серы (процессы и реакторы) (10 час.)

Расчет процесса и реактора окисления диоксида серы на ванадиевом катализаторе, используемый при разработке и анализе промышленного процесса.

Лабораторная работа 7. Трубчатые реакторы для гетерогенно-каталитических процессов (10 час.)

Расчет профилей температуры и степеней превращения в трубчатом реакторе промышленных каталитических процессов.

Лабораторная работа 8. Реакторы в режимах идеального смешения и вытеснения (10 час.)

Расчет степени превращения и температуры в проточных реакторах с различными режимами движения потока в них (идеального смешения, идеального вытеснения) и различными тепловыми режимами (изотермическим и с теплоотводом) при протекании реакций различного типа (простых и сложных).

Подготовка к лабораторным работам и их выполнение осуществляется студентами самостоятельно. Выполнение лабораторных работ является обязательным условием допуска к экзамену.

Подготовка к лабораторным работам и их выполнение осуществляется студентами самостоятельно.

V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Химико-технологические процессы	ПК-3-2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач	знает требования, необходимые для подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных химико-технологических задач; умеет составлять элементы документации, проекты планов и программ отдельных химико-технологических задач; владеет навыками подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных химико-технологических задач.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 1-27
		ПК-4-1 Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	знает стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства; умеет применять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства; владеет навыками выполнения стандартных операций на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 1-27

2	Раздел 2. Гетерогенные процессы	ПК-3-1 Планирует отдельные виды работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий	знает основы планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий; умеет применять на практике основы планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий; владеет навыками планирования отдельных видов работ по проведению испытаний с целью совершенствования существующих технологий.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 31,32
3	Раздел 3. Гетерогенно-каталитические процессы	ПК-3-4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	знает современные требования, предъявляемые технологиям производства продукции и способы их совершенствования; умеет разрабатывать предложения по совершенствованию технологии производства продукции; владеет навыками разработки предложений по совершенствованию технологии производства продукции.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 28-30
4	Раздел 4. Химические реакторы	ПК-1-1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	Знает основы планирования стадий исследования химической направленности; умеет планировать отдельные стадии исследования химической направленности при наличии общего плана НИР; владеет навыками планирования отдельных стадий исследования химической направленности при наличии общего плана НИР.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 33-39
		ПК-1-2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР	знает источники информации, необходимые для подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности; умеет составлять элементы документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности; владеет навыками подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР химической направленности.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 33-39

		ПК-1-3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	знает источники информации и основные принципы выбора технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности; умеет выбирать технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности; владеет навыками выбора технических средств и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР химической направленности.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 33-39
		ПК-3-4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологии производства продукции	знает современные требования, предъявляемые технологиям производства продукции и способы их совершенствования; умеет разрабатывать предложения по совершенствованию технологии производства продукции; владеет навыками разработки предложений по совершенствованию технологии производства продукции.	УО-1 собеседование / устный опрос ПР-12 контрольно-расчетная работа ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 33-39

VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, Интернет ресурсами;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- подготовка реферативных обзоров источников периодической печати, опорных конспектов, заранее определенных преподавателем;
- поиск информации по теме, с последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- выполнение домашних контрольных работ;
- выполнение тестовых заданий, решение задач;
- составление кроссвордов, схем;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- заполнение рабочей тетради;
- написание эссе, курсовой работы;
- подготовка к деловым и ролевым играм;
- составление резюме;
- подготовка к зачетам и экзаменам;
- другие виды деятельности, организуемые и осуществляемые образовательным учреждением и органами студенческого самоуправления.

VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=468690>

2. Буданов, В.В.– Химическая кинетика: Учебное пособие / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 228 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

<http://e.lanbook.com/view/book/42196>

3. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов. Учебник 2-изд. перераб., / Под. ред. Х.Э. Харлампици. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 448 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

<http://e.lanbook.com/view/book/37357>

Дополнительная литература (электронные и печатные издания)

1. Киперман, С. Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. – Москва: Химия, 1979. – 348 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:693930&theme=FEFU>

2. Берлин, А.А. Макрокинетика // Соросский образовательный журнал. – 1998. – № 3. – С. 48–54.

http://window.edu.ru/resource/365/21365/files/9803_048.pdf

3. Розовский, А. Я. Гетерогенные химические реакции. Кинетика и макрокинетика / А. Я. Розовский ; [отв. ред. Ю. А. Колбановский] ; Академия наук СССР, Институт нефтехимического синтеза. – М.: Наука, 1980. – 323 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:41631&theme=FEFU>

4. Панченков, Г. М. Химическая кинетика и катализ : учебное пособие для вузов / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. – М.: Химия, 1974. – 592 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:58437&theme=FEFU>

5. Сеттерфилд, Ч. Практический курс гетерогенного катализа / Ч. Сеттерфилд ; пер. с англ. А. Л. Клячко, В. А. Швеца. – М.: Мир, 1984. – 520 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:50244&theme=FEFU>

6. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. М. Гумеров. Санкт-Петербург.: Лань, 2014. – 176 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014

7. Франк-Каменецкий, Д. А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике : [учебник-монография] /Д. А. Франк-Каменецкий. – Долгопрудный : Интеллект , 2008. – 407 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663867&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. База данных о веществах и их свойствах:
<http://www.chemspider.com/>

2 База данных о веществах и их свойствах:
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

3 Вшивков, В.А. Использование Современных информационных технологий для численного решения прямых химической кинетики / В.А. Вшивков, И.Г. Черных, В.Н. Снытников // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2005. – Т. 6, № 2. С. 71–76. Режим доступа : <http://elibrary.ru/item.asp?id=9085629>

4 Цаплин, С.В. Математическое моделирование процессов массопереноса и химических превращение в каталитических мембранных реакторах / С.В. Цаплин , Э.М. Кольцова // Успехи в химии и химической технологии. – 2007. – Т. 21, № 1 (69). – С. 95-103.– Режим доступа : <http://elibrary.ru/item.asp?id=20184083>

5 Математическое моделирование химического реактора с диффузионной структурой потока для реакции n-го порядка / А. Б. Голованчиков, Н. А. Дулькина, Ю. В. Аристова, Н. Н. Дикарева // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – Т. 18, № 22 (1250). – С. 5-29. – Режим доступа : <http://elibrary.ru/item.asp?id=20891892>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Химические реакторы» используется следующее программное обеспечение

Программное обеспечение:

- Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista
- Прикладные программные средства: Microsoft Office
- Специализированные программные комплексы «ОХТ_LAB»

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Платформа электронного обучения Blackboard ДВФУ.

https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content_id=159675_1&course_id=4959_1

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным занятиям, выполнение контрольных и творческих работ.

Освоение дисциплины «Химические реакторы» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех лабораторных работ и практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине «Химические реакторы» является экзамен.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы,

предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Windows Edu Per Device 10 Education, O365 EDU A1, Microsoft 365 Apps for enterprise EDU
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 550. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.) Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) и компьютерами)	Windows Edu Per Device 10 Education, O365 EDU A1, Microsoft 365 Apps for enterprise EDU