



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП



(подпись) (А.А. Капустина)
« 11 » июля 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующая кафедрой общей,
неорганической и элементоорганической химии



(А.А. Капустина)
« 11 » июля 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование химико-технологических процессов

Направление подготовки 04.03.01 «Химия»

Профиль «Фундаментальная химия»

Форма подготовки очная

курс семестр 7
лекции -0 часов
практические занятия -0 час.
лабораторные работы 36 час.
в том числе с использованием МАО лаб.0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.
в том числе с использованием МАО 0 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
контрольные работы (количество) не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет –не предусмотрен
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 17 июля 2017г. №671.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Общей, неорганической и элементоорганической химии ШЕН протокол № 14 от « 01 » июля 2019 г.

Заведующий кафедрой доцент В.А. Реутов

Составитель (ли): профессор, д.т.н. Кривошеев В.П., А.В. Ануфриев

Владивосток
2019

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» – получить знания для построения математических моделей статического состояния и переходных режимов объектов моделирования.

Задачи:

- Изучение принципов и методов построения математических моделей.
- Изучение аналитических и экспериментальных методов построения моделей.
- Использование моделей для анализа протекания процессов в химической технологии

Для успешного изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью к самоорганизации и самообразованию.
- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их

достижения:

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Физико-математическая и компьютерная грамотность при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-5 Способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.	ОПК-5.1. Использует современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении информации химического профиля ОПК-5.2. Соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности при моделировании химико-технологических процессов

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их

достижения:

Задача ПД	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ опыта)
Тип задач профессиональной деятельности: технологический			
Разработка веществ и материалов, создание новых видов химической продукции; оптимизации существующих технологий	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-3.1. Планирует и моделирует отдельные стадии исследования свойств веществ и процессов для решения задач использования моделирования в различных технологиях при наличии общего плана НИОКР ПК-3.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР, связанных с моделированием химических процессов ПК-3.3. Выбирает на основе моделирования технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР ПК-3.4. Готовит объекты исследования	ПС: 19.002 20.027 23.041 24.020 24.028 26.001 26.006 26.009 40.011 40.012 40.043 40.044

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Не предусмотрена.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов (8 час.)

Занятие 1. Основы построения математических моделей (2 час.)

Основные понятия и определения, принятые в математическом моделировании. Классификация видов моделирования.

Классификация химико-технологических процессов: по физико-химической сущности; по природе изменения переменных, характеризующих процесс. Виды переменных, характеризующих химико-технологический процесс.

Понятие о химико-технологической системе. Виды математических моделей химико-технологических процессов

Занятие 2. Аналитический метод построения математической модели (2 час.)

Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии. Основы построения математической модели аналитическим методом. Блочный принцип построения аналитической модели.

Уравнения баланса вещества, энергии и импульса. Уравнения элементарных процессов. Формы математического описания. Установление адекватности аналитической модели. Изоморфность математических моделей. Особенности математических моделей химико-технологических процессов.

Занятие 3. Экспериментальный метод построения математической модели (4 час.)

Исследование статического состояния объекта моделирования с использованием метода активного эксперимента. Описание статической характеристики объекта с одной входной и одной выходной переменными. Описание статической характеристики с несколькими входными и одной выходной переменными методом планирования эксперимента. Исследование статического состояния объекта моделирования с использованием метода пассивного эксперимента.

Определение стохастической связи между переменными объекта моделирования. Выбор вида уравнения регрессии. Вычисление коэффициентов уравнения регрессии и оценка их значимости, проверка адекватности уравнения регрессии.

Экспериментальный метод построения математической модели динамики объекта моделирования.

Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков (4 час.)

Занятие 1. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах (4 час.)

Структура потоков – гидродинамическая основа математических моделей. Модели идеального смешения и идеального вытеснения, диффузионные модели, ячеечная модель, комбинированные модели. Исходная информация для получения моделей гидродинамики объекта.

Раздел III. Математическое моделирование тепловых и химических процессов (8 час.)

Занятие 1. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах (2 час.)

Математическая модель теплообменника с сосредоточенными переменными. Математическая модель теплообменника с распределёнными

переменными. Математическая модель погружного теплообменника типа «смешение - вытеснение».

Занятие 2. Математические модели химических реакторов без учёта теплового эффекта реакции (3 час.)

Математическая модель химического реактора идеального вытеснения. Математическая модель проточного реактора с мешалкой. Математическая модель проточного реактора, основанная на диффузионной модели.

Занятие 3. Математическое описание типовых химических реакторов с учётом теплового эффекта реакций (2 час.)

Материальный и энергетический баланс. Тепловой эффект реакции. Химическое равновесие. Скорость химической реакции. Степень превращения. Селективность и путь реакции.

Математические модели реакторных процессов – жидкофазных, контактно – каталитических, суспензионных. Стехиометрический анализ, механизмы реакций, кинетика, идентификация моделей

Математическое описание гомогенного реактора. Математическое описание процесса на зерне катализатора. Математическое описание реактора с неподвижным слоем катализатора. Математическое описание реактора с псевдооживленным слоем катализатора. Математическое описание реакторов с мешалкой: периодического действия, непрерывного действия.

Раздел IV. Математическое моделирование массообменных процессов (16 час.)

Занятие 1. Математические модели тарельчатых ректификационных колонн (8 час.)

Парожидкостное равновесие. Кинетика процесса массообмена. стехиометрический анализ, механизмы реакций, кинетика, идентификация моделей. Статические модели бинарной ректификации.

Математическая модель системы конденсатор-флегмовая ёмкость. Математическая модель кипятивильника колонны.

Некоторые свойства колонн, разделяющих бинарные смеси. Математическое описание статических режимов ректификационных колонн для разделения бинарных и многокомпонентных смесей. Математическое описание динамических режимов ректификационных колонн, разделяющих бинарные и многокомпонентные смеси.

Занятие 2. Модели и алгоритмы расчёта процесса абсорбции (4 час.)

Равновесие в системе газ - жидкость. Математические модели массообменного процесса – абсорбции. Кинетика процесса абсорбции. Структура потоков фаз в аппарате. Алгоритм расчёта статических режимов.

Занятие 3. Моделирование процесса экстракции в системе жидкость-жидкость (4 час.)

Математические модели массообменных процессов экстракции, ректификации, кристаллизации, тепловых процессов в теплообменниках, сушки, выпарки. Равновесие между жидкими фазами. Описание кинетики и массопередачи в экстракторах с внешним подводом энергии. Модели структуры потоков в колонных экстракторах.

Установление адекватности моделей; методы решения уравнений и анализ протекания процессов.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	1	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
2	2	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю I
3	3	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
4	4	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю I
5	5	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
6	6	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю II
7	7	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
8	8	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
9	9	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
10	10	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
11	11	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос

		тролю		
12	12	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
13	13	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
14	14	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
15	15	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
16	16	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю IV
17	17	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
18	18	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю IV
19	15-18	Подготовка к экзамену.	36	Экзамен

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
-------	-------------------------------	----------------------------	--	----------------

1	1	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
2	2	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю I
3	3	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
4	4	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю I
5	5	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
6	6	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю II
7	7	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
8	8	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
9	9	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
10	10	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
11	11	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
12	12	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
13	13	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
14	14	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
15	15	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос
16	16	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю IV
17	17	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Устный опрос

18	18	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю IV
19	15-18	Подготовка к экзамену.	36	Экзамен

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа необходима при проработке материала лекции; подготовке к лабораторным работам, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, полученных на практических занятиях, студента в течение курса выдается 9 лабораторных заданий. Лабораторные работы закрепляют навыки текущей темы практических занятий. Для выполнения итогового домашнего задания необходимо использовать все полученные знания и умения, а также знания, полученные в курсе «Моделирование химико-технологических процессов».

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-	ОПК-5 ПК-3	знает	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 1-9 экзамена
			умеет		
			владеет		

	технологических процессов				
2	Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков	ОПК-5 ПК-3	знает умеет владеет	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 10-15 экзамена
3	Раздел III Математическое моделирование тепловых и химических процессов	ОПК-5 ПК-1	знает умеет владеет	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 16-30 экзамена
4	Раздел IV Математическое моделирование массообменных процессов	ОПК-5 ПК-3	знает умеет владеет	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 31-38 экзамена

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в фонде оценочных средств.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

<http://e.lanbook.com/view/book/41014/>

2. Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Муха-

метзянова – Электрон. текстовые данные. – Казань.: Казанский государственный технологический университет, 2009. – 144 с.

Университетская библиотека Online:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=270540

3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=392652>

4. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаука. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 357 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=184099>

5. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 169 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356

6. Любченко, Е. А. Планирование и организация эксперимента : учебное пособие для вузов ч. 1 / Е. А. Любченко, О. А. Чуднова ; Владивосток : Изд-во Тихоокеанского экономического университета , 2010. - 155 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:358959&theme=FEFU>

7. Беккер, В. Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления : учебное пособие для вузов / В. Ф. Беккер. Москва : Риор : Инфра-М , 2014. - 141 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:751832&theme=FEFU>

8. Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. 3-е изд., перераб. и доп. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ю. Закгейм. - – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2012. – 304 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=468690>

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

9. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 207 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:235292&theme=FEFU>

10. Ашихмин, В. Н. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2004. – 439 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/9063>

11. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец — Электрон. текстовые данные. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. – 271 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/7003>

12. Очков, В. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов / В. Очков. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург , 2007. - 360 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:252776&theme=FEFU>

13. Информатика для химиков-технологов : учебное пособие для вузов по химико-технологическим направлениям / Л. С. Гордеев, В. Ф. Корнюшко, В. С. Боридко и др. ; Москва : Высшая школа , 2006. - 286 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242473&theme=FEFU>

14. Цицишвили, М. А. Алгебраические методы моделирования стохастических сетей / Г. Ш. Цицишвили, М. А. Осипова ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт прикладной математики. Владивосток : Дальнаука , 2007. - 131 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:265340&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/>
3. <http://znanium.com/>
4. <http://www.nelbook.ru/>

5. Специальные курсы. Математическое моделирование – третий путь познания [Электронный ресурс] / Разработчик : Кафедра математики Физического Факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа : http://matematika.phys.msu.ru/stud_spec/270, свободный. – Загл. с экрана.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках данной дисциплины предусмотрено 36 часов самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала онлайн –лекций, подготовке к экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов практических работ, написание отчётов по лабораторным и практическим работам, подготовка к защите отчетов;
- работа со стандартами ГОСТ;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в приложении 1.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» на лекциях используется мультимедийное оборудование: ноутбук, проектор, экран.

VIII. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
---------------------------------------	---------------------------------------

ОПК-5 Способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности	Знает	Как использовать современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении информации химического профиля
	Умеет	Соблюдать нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности
	Владеет	Навыками использования существующих программных продуктов и информационных баз данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	Знает	- современные методы и технологии в профессиональной деятельности
	Умеет	- находить и использовать современные методы и технологии в профессиональной деятельности
	Владеет	- навыками поиска, анализа и обучения современным методам и технологиям в профессиональной деятельности

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов	ОПК-5 ПК-3	знает умеет владеет	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 1-9 экзамена
2	Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков	ОПК-5 ПК-3	знает умеет владеет	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 10-15 экзамена
3	Раздел III Математическое моделирование тепловых и химических процессов	ОПК-5 ПК-3	знает умеет владеет	Устный опрос (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 16-30 экзамена
4	Раздел IV	ОПК-5 ПК-3	знает умеет	Устный опрос (УО-1)	Вопросы 31-38 экзамена

	Математическое моделирование массообменных процессов		владеет	Тест по модулю (ПР-1)	
--	--	--	---------	-----------------------	--

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их

достижения:

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Физико-математическая и компьютерная грамотность при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-5 Способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.	ОПК-5.1. Использует современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении информации химического профиля ОПК-5.2. Соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности при моделировании химико-технологических процессов

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их

достижения:

Задача ПД	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ опыта)
Тип задач профессиональной деятельности: технологический			
Разработка веществ и материалов, создание новых видов химической продукции; оптимизации существующих технологий	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-3.1. Планирует и моделирует отдельные стадии исследования свойств веществ и процессов для решения задач использования моделирования в различных технологиях при наличии общего плана НИОКР ПК-3.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР, связанных с моделированием химических процессов ПК-3.3. Выбирает на основе моделирования технические средства и методы испытаний (из набора имею-	ПС: 19.002 20.027 23.041 24.020 24.028 26.001 26.006 26.009 40.011 40.012 40.043 40.044

		щихся) для решения поставленных задач НИОКР ПК-3-4. Готовит объекты исследования	
--	--	--	--

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-5 Способен использовать существующие программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности	знает (пороговый уровень)	Как использовать современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении информации химического профиля	Знание ИТ-технологии и их применения в химии	Знание баз данных для решения задач профессиональной деятельности в области химии и способов работы с ними
	умеет (продвинутый)	Соблюдать нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности	Соблюдение норм информационной безопасности при работе с химическими базами данных	Умение соблюдать нормы информационной безопасности при работе с химическими базами данных
	владеет (высокий)	Навыками использования существующих программных продуктов и информационных баз данных для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности	Навыки работы с программными продуктами и информационными базами данных	Способность работать с программными продуктами и информационными базами данных при решении химических задач
ПК-3 Способен выбирать технические	знает (пороговый уровень)	современные методы и техноло-	знает особенности ведущих программных	способность назвать основные преимуще-

<p>средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>		<p>гии в профессиональной деятельности</p>	<p>продуктов для проектирования технологических процессов</p>	<p>ства, недостатки, ограничения видов математической моделей (РИС, РИВ, ячеичная), знание основных этапов проектирования технологических операций</p>
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>находить использовать современные методы и технологии в профессиональной деятельности</p>	<p>умеет выбирать необходимые программные продукты и их компоненты для проектирования отдельных стадий технологического процесса</p>	<p>способен выполнить основные этапы проектирования технологических операций в САПР:</p> <ul style="list-style-type: none"> - задание компонентов и уравнения парожидкостного равновесия - задание и параметризация материальных потоков - задание и параметризация смесителей, теплообменников, абсорберов, ректификационных колонн
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>навыками поиска, анализа и обучения современным методам и технологиям в профессиональной деятельности</p>	<p>владеет навыками самостоятельного изучения сопроводительной и справочной литературой к программным продуктам САПР</p>	<p>способен изучать сопроводительную и справочную литературу, в том числе на английском языке, для обучения работы в САПР, способен оценить целесообразность использование данного инструмента, оценить необходимы материальные и временные ресурсы для использования</p>

				данного инстру- мента
--	--	--	--	--------------------------

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания
результатов освоения дисциплины
Оценочные средства для промежуточной аттестации**

1 Вопросы к экзамену

1. Методы составления математических моделей х.т.п. Сущность этих методов. Область применения.
2. Виды мат. моделей по состоянию объекта моделирования. Мат. форма этих моделей
3. Требования, предъявляемые к точности мат. моделей. Оценка точности мат. моделей в мат. форме.
4. Основные переменные, характеризующие объекты мат. моделирования. Формы мат. связи между ними.
5. Сущность мат. моделей типа «вход-выход» и в переменных состояниях.
6. Состав мат. модели для моделирования объектов с сосредоточенными параметрами и с распределенными параметрами. Пример.
7. Сущность блочного принципа построения мат. модели х.т.п. Содержание блоков.
8. Основные этапы построения мат. модели х.т.п.
9. Сущность изоморфности мат. моделей. Примеры
10. Особенности мат. моделей х.т.п.
11. Последовательность построения математической модели статики объекта с одной входной и одной выходной переменной методом активного эксперимента. Выбор вида функции, связывающей выходящую и входящую переменные и способы определения ее коэффициентов (параметров).
12. Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.
13. Сущность метода планирования эксперимента. Область его применения. Кодирование переменных. Состав полного факторного эксперимента. Свойства матрицы планирования.
14. Сущность дробных реплик. Их назначение. Формирование дробных реплик.
15. Определение коэффициентов линейной модели для объекта с одной выходной и несколькими входными переменными.

16. Оценка значимости коэффициентов и оценка адекватности линейной модели.

17. Содержание экспериментального метода построения математической модели динамики объекта.

18. Выбор вида математической модели статики объекта (уравнение регрессии) при использовании пассивного эксперимента.

19. Определение коэффициентов уравнение регрессии при использовании пассивного эксперимента.

20. Проверка значимости коэффициентов уравнении регрессии. Проверка адекватности уравнения регрессии.

21. Сущность влияния структуры потоков в технологическом аппарате на результат его функционирования. Типовые математические модели структуры потоков. Их особенности.

22. Условие применения модели идеального смешения (перемешивания). Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

23. Условие применения модели идеального вытеснения. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

24. Условие применения ячеечной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора.

25. Условие применения диффузионной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

26. Сущность комбинированных моделей структуры потоков. Условие их применения.

27. Последовательность обработки импульсного возмущения с целью определения параметров гидродинамической модели.

28. Математическая модель теплообменника с сосредоточенными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с сосредоточенными параметрами.

29. Математическая модель теплообменника с распределёнными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с распределёнными параметрами

30. Алгоритм расчета теплообменника по схеме смешение – вытеснение.

31. Основные составляющие равновесия для системы: пар-жидкость, газ – жидкость, жидкость– жидкость.

32. Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

33. Учет неидеальности при расчете парожидкостного равновесия для процесса ректификации.

34. Математическая модель статики простой ректификационной колонны, включая куб и дефлегматор.

35. Поверочный расчет простой ректификационной колонны.

36. Математическая модель динамики простой ректификационной колонны. Методы расчета динамики простой ректификационной колонны.

37. Математическая модель статики абсорбера. Алгоритм поверочного расчета абсорбера.

38. Математическая модель экстрактора. Алгоритм поверочного расчета экстрактора.

Критерии оценки к экзамену

Отметка "Отлично"

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала и проведенных ранее лабораторных и практических работ.

2. Материал понят и изучен.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

4. Ответ самостоятельный.

Отметка "Хорошо"

1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

Отметка "Удовлетворительно"

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.

2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

Отметка "Неудовлетворительно"

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

2 Пример экзаменационного билета

Билет №1

Задание 1

Требования, предъявляемые к точности математических моделей. Оценка точности математических моделей в математической форме.

Задание 2

Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.

Задание 3

Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

Оценочные средства для текущей аттестации

Типовые тестовые задания (ПР-1)

Пример тестового задания

1. Модель есть объект - заменитель объекта оригинала, который
 - 1)отражает его основные свойства.
 - 2)полностью отражает его свойства.
 - 3)имеет те же входные и выходные переменные, что и объект оригинал.
 - 4)воспроизводит такой же вид зависимостей между переменными, что и объект оригинал.

2. Входные переменные есть переменные, которые являются
 - 1)внешними воздействиями.
 - 2)управляющими воздействиями.
 - 3)возмущающими воздействиями.
 - 4)преобразованными воздействиями внешней среды.

3. Объект управления есть объект
 - 1)в котором протекает управляемый процесс.
 - 2)который воспринимает воздействия возмущений и управлений.
 - 3)который формирует переменные состояния.
 - 4)который формирует выходные переменные.

Критерии оценки тестирования

Оценивание проводится по двадцатибалльной шкале.

Отметка "Отлично"

По результатам работы набрано 20-18 баллов.

Отметка "Хорошо"

По результатам работы набрано 17-15 баллов.

Отметка "Удовлетворительно"

По результатам работы набрано 15-11 баллов.

Отметка "Неудовлетворительно"

По результатам работы набрано менее 11 баллов.

Примеры вопросов для собеседования (УО-1)

1. Методы составления математических моделей х.т.п. Сущность этих методов. Область применения.
2. Виды мат. моделей по состоянию объекта моделирования. Мат. форма этих моделей
3. Требования, предъявляемые к точности мат. моделей. Оценка точности мат. моделей в мат. форме.
4. Основные переменные, характеризующие объекты мат. моделирования. Формы мат. связи между ними.
5. Сущность мат. моделей типа «вход-выход» и в переменных состояниях.
6. Состав мат. модели для моделирования объектов с сосредоточенными параметрами и с распределенными параметрами. Пример.
7. Сущность блочного принципа построения мат. модели х.т.п. Содержание блоков.
8. Основные этапы построения мат. модели х.т.п.
9. Сущность изоморфности мат. моделей. Примеры
10. Особенности мат. моделей х.т.п.
11. Последовательность построения математической модели статики объекта с одной входной и одной выходной переменной методом активного эксперимента. Выбор вида функции, связывающей выходящую и входящую переменные и способы определения ее коэффициентов (параметров).
12. Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.
13. Сущность метода планирования эксперимента. Область его применения. Кодирование переменных. Состав полного факторного эксперимента. Свойства матрицы планирования.
14. Сущность дробных реплик. Их назначение. Формирование дробных реплик.
15. Определение коэффициентов линейной модели для объекта с одной выходной и несколькими входными переменными.

16. Оценка значимости коэффициентов и оценка адекватности линейной модели.

17. Содержание экспериментального метода построения математической модели динамики объекта.

18. Выбор вида математической модели статики объекта (уравнение регрессии) при использовании пассивного эксперимента.

19. Определение коэффициентов уравнение регрессии при использовании пассивного эксперимента.

20. Проверка значимости коэффициентов уравнении регрессии. Проверка адекватности уравнения регрессии.

21. Сущность влияния структуры потоков в технологическом аппарате на результат его функционирования. Типовые математические модели структуры потоков. Их особенности.

22. Условие применения модели идеального смешения (перемешивания). Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

23. Условие применения модели идеального вытеснения. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

24. Условие применения ячеечной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора.

25. Условие применения диффузионной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

26. Сущность комбинированных моделей структуры потоков. Условие их применения.

27. Последовательность обработки импульсного возмущения с целью определения параметров гидродинамической модели.

28. Математическая модель теплообменника с сосредоточенными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с сосредоточенными параметрами.

29. Математическая модель теплообменника с распределёнными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с распределёнными параметрами

30. Алгоритм расчета теплообменника по схеме смешение – вытеснение.

31. Основные составляющие равновесия для системы: пар-жидкость, газ – жидкость, жидкость– жидкость.

32. Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

33. Учет неидеальности при расчете парожидкостного равновесия для процесса ректификации.

34. Математическая модель статики простой ректификационной колонны, включая куб и дефлегматор.

35. Поверочный расчет простой ректификационной колонны.

36. Математическая модель динамики простой ректификационной колонны. Методы расчета динамики простой ректификационной колонны.

37. Математическая модель статики абсорбера. Алгоритм поверочного расчета абсорбера.

38. Математическая модель экстрактора. Алгоритм поверочного расчета экстрактора.