

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современные химические высокорентабельные производства и расчёт
реакторов»**

Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП, д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов « 4 » июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) для направления подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, вычислительной математики, общей и неорганической химии, органической химии, физической химии

Цель дисциплины «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» – приобретение практических навыков анализа и моделирования гетерогенно-каталитических процессов; построения моделей каталитических реакторов и расчета оптимальных режимов их эксплуатации, получения знаний о современном высокорентабельном реакторном оборудовании в химических и нефтехимических производствах и способах интенсификации промышленных процессов.

Задачи дисциплины –

- формирование опыта и навыков построения кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций;
- формирование опыта и навыков построения моделей каталитических реакторов, освоение численных методов решения уравнений математических моделей;
- приобретение практических навыков расчета конструктивных параметров химических реакторов с однофазными и многофазными потоками, определение ресурсо-, энергосберегающих режимов их эксплуатации;
- получение знаний о современном реакторном оборудовании эксплуатирующегося в крупнотоннажных производствах переработки газа и нефти и способах интенсификации промышленных процессов.

Дисциплина «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» при подготовке магистров по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерская программа – «**Современные процессы, аппараты и технологии химических производств**» направлено на приобретение следующих профессиональных компетенций:

- готовностью разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку (ПК-6);
- готовностью к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке (ПК-7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные методы построения кинетических моделей и моделей каталитических реакторов;

- основные типы промышленных высокоэффективных каталитических реакторов и способы организации крупнотоннажных каталитических химических и нефтехимических процессов;
- современное высокорентабельное реакторное оборудование в производствах синтез-газа, метанола, водорода, диметилового эфира, аммиака, формальдегида, олефинов, углеводородов моторных топлив;
- способы интенсификации промышленных каталитических процессов.

Уметь:

- осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических моделей и моделей каталитических реакторов;
- анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с одно- и многофазными системами с суспендированными и стационарными слоями катализаторов,
- произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих заданную годовую производительность реактора по целевому продукту,
- определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора.

Владеть:

- информацией по конструкциям высокопроизводительных каталитических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова;
- методами расчета конструкций промышленных каталитических реакторов и режимов их эксплуатации;
- основными способами интенсификации промышленных процессов;
- практическими приемами применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	108
Контактная работа (КР):	1,41	51
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,94	34
Самостоятельная работа (СР):	1,6	57
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,6	57
Вид контроля:	Зачёт с оценкой	

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	81
Контактная работа (КР):	1,41	38,25
Практические занятия (ПЗ)	0,47	12,75
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,94	25,5
Самостоятельная работа (СР):	1,6	42,75
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,6	42,75
Вид контроля:	Зачёт с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	ПЗ	ЛЗ	Сам. работа
	Введение	0.5	0.5	-	-
1	Раздел 1. Статика и кинетика химически реагирующих систем	25	5	10	10
1.1	Прямая и обратная задача химического равновесия. Меры завершенности реакций.	10	2	4	4
1.2	Основная система кинетических уравнений. Химические варианты и инварианты.	5	1	2	2
1.3	Химическая кинетика сложных каталитических реакций. Кинетические модели многостадийных химических реакций и их основные свойства.	10	2	4	4
2	Раздел 2. Моделирование процессов в каталитических реакторах	35	5	10	20
2.1	Квазигомогенные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Изотермические, адиабатические, политропические реакторы.	12	2	5	5
2.2	Двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы.	12	2	5	5
2.3	Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов.	11	1	-	10
3	Раздел 3. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации	25	4	10	11
3.1	Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов.	6	1	3	2
3.2	Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производствах аммиака.	6	1	3	2

№	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	ПЗ	ЛЗ	Сам. работа
3.3	Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида. Комбинированные реакторы в производстве формальдегида.	7	1	4	2
3.4	Реакторы с трехфазными потоками с псевдооживленными и движущимися слоями катализатора. Новые конструкции химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.	6	1	-	5
4	Раздел 4. Современные химические высокорентабельные производства. Интенсификация работы химических реакторов	22,5	2,5	4	16
4.1	Современные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.	5,5	0,5	1	4
4.2	Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива, процессов изомеризации низших алкановых углеводородов в высокооктановые компоненты моторных топлив, риформинга углеводородов бензиновой фракции нефти в высокооктановые карбюраторные моторные топлива, гидрокрекинга тяжелых углеводородов нефти в светлые нефтепродукты и дизельные топлива.	9	1	2	6
4.3	Новые высокоэффективные каталитические системы. Конструкции каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.	8	1	1	6
	ИТОГО	108	17	34	57

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Системный анализ реакторных процессов. Значение и роль кинетических исследований при моделировании промышленных каталитических процессов. Основные подходы к построению моделей реакторов и к решению проблемы моделирования одно- и многофазных химических процессов.

Раздел 1. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Нестационарная, квазистационарная и стационарная области протекания каталитических химических реакций. Меры завершенности каталитических реакций. Прямая и обратная

задача химических равновесий. Методы решения прямой и обратной задачи химических равновесий каталитических реакций. Основная система кинетических уравнений. Химические варианты и инварианты. Оценка общего числа химических инвариантов. Химическая кинетика сложных каталитических реакций. Кинетические модели многостадийных химических реакций и их основные свойства.

Раздел 2. Моделирование процессов в каталитических реакторах.

Классификация моделей каталитических реакторов с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Квазигомогенные и двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов. Изотермические, адиабатические, политропические реакторы. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения потоков в трехфазных системах. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов.

Раздел 3. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов. Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производствах аммиака. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида. Комбинированные реакторы в производстве формальдегида. Реакторы с трехфазными потоками с псевдооживленными и движущимися слоями катализатора. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров. Новые конструкции химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.

Раздел 4. Современные химические высокорентабельные производства. Интенсификация работы химических реакторов. Современные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива, процессов изомеризации низших алкановых углеводородов в высокооктановые компоненты моторных топлив, риформинга углеводородов бензиновой фракции нефти в высокооктановые карбюраторные моторные топлива, гидрокрекинга тяжелых углеводородов нефти в светлые нефтепродукты и дизельные топлива. Новые высокоэффективные каталитические системы. Конструкции каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования. Интенсификация работы химических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	основные методы построения кинетических моделей и моделей каталитических реакторов	+	+		
2	основные типы промышленных высокоэффективных каталитических реакторов и способы организации крупнотоннажных каталитических химических и нефтехимических процессов			+	
3	современное высокорентабельное реакторное оборудование в производствах синтез-газа, метанола, водорода, диметилового эфира, аммиака, формальдегида, олефинов, углеводородов моторных топлив			+	+
4	способы интенсификации промышленных каталитических процессов				+
	Уметь:				
5	осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических моделей и моделей каталитических реакторов	+	+		
6	анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с одно- и многофазными системами с суспендированными и стационарными слоями катализаторов		+		
7	произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих заданную годовую производительность реактора по целевому продукту			+	
8	определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора				+
	Владеть:				
9	информацией по конструкциям высокопроизводительных каталитических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова			+	
10	методами расчета конструкций промышленных каталитических реакторов и режимов их эксплуатации		+	+	
11	основными способами интенсификации промышленных процессов				+
12	практическими приемами применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине	+			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:					
13	ПК-6 Готовностью разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	+	+	+	
14	ПК-7 Готовностью к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 17 акад. ч.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Практическое занятие 1 Прямая и обратная задача химического равновесия. Меры завершенности реакций.	2
2	1.2,1.3	Практическое занятие 2 Основная система кинетических уравнений. Химические варианты и инварианты. Химическая кинетика сложных каталитических реакций.	3
3	2.1.	Практическое занятие 3 Моделирование процессов в каталитических реакторах с использованием квазигомогенных одно- и двух параметрических моделей реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов.	2
4	2.2.,2.3	Практическое занятие 4 Моделирование процессов в каталитических реакторах с использованием гетерогенных одно- и двух параметрических моделей реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов	3
5	3,1,4.1-4.3	Практическое занятие 5 Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов. Способы эффективной организации процессов в каталитических реакторах. Конструкции каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования. Задана кинетическая модель реакции и ее кинетические константы, а также тепловой эффект реакции. Задан фактор эффективности работы зерна катализатора. Рассчитать длину каталитического слоя реактора и режимы его промышленной эксплуатации, при которых достигается заданная производительность аппарата.	1,5
6	3,2, 4.1-4.3	Практическое занятие 6 Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производствах аммиака. Способы эффективной организации в каталитических реакторах. Конструкции	2

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
		каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.	
7	3,3, 4.1-4.3	Практическое занятие 7 Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида. Комбинированные реакторы в производстве формальдегида. Способы эффективной организации процессов в каталитических реакторах. Конструкции каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.	2
8	3,4, 4.1-4.3	Практическое занятие 8 Реакторы с трехфазными потоками с псевдооживленными и движущимися слоями катализатора. Новые конструкции химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» выполняется в соответствии с Учебным планом и занимает 34 акад. ч. Лабораторные работы охватывают 4 раздела дисциплины. В практикум входит 4 работы, по 8 академических часа на работы 1,3,4 и 10 часов на работу 2. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов», а также способствует приобретению практических навыков.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 8 баллов (максимально 2 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости. Общий рейтинг по дисциплине представлен далее в разделе 8.1.

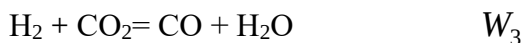
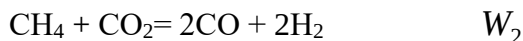
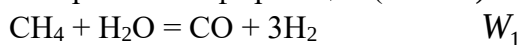
Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Часы
1	Раздел 1.	Лабораторная работа 1 Статика химически реагирующих систем	8
2.	Раздел 1.	Лабораторная работа 2 Кинетика химически реагирующих систем	10
3	Разделы 2-4	Лабораторная работа 3 Моделирование процессов в каталитических реакторах с использованием квазигомогенных моделей	8
4	Разделы 2-4	Лабораторная работа 4 Моделирование процессов в каталитических реакторах с использованием гетерогенных моделей	8

Примеры лабораторных работ

Лабораторная работа 1 Статика химически реагирующих систем

В каталитическом реакторе протекают реакции пароуглекислотной конверсии метана и обратная шифт реакция (RWGS):



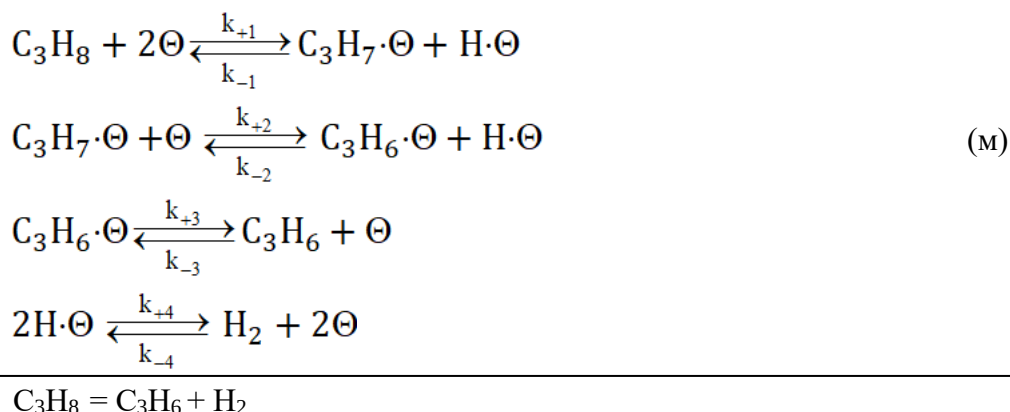
Задание:

1. Записать матрицу стехиометрических коэффициентов реагирующих веществ.
2. Определить число ключевых веществ и независимых химических реакций.
3. Использовать независимые химические реакции при расчете равновесных составов сложных реагирующих химических систем. Пояснить принципы выбора оптимальной совокупности независимых реакций.
4. На основании справочных данных записать зависимости теплоемкостей всех веществ от температуры реакции.
5. Рассчитать изменения энтальпии, энтропии, энергии Гиббса независимых химических реакций и констант равновесия независимых реакций в диапазоне рабочих температур реактора.
6. Определить меры завершенности химических реакций. Установить функциональной зависимости мер завершенности химических реакций от концентраций реагентов.
7. Записать алгоритм решения системы нелинейных алгебраических уравнений.
8. Рассчитать равновесные составы реакционной смеси (% об.) при следующих условиях проведения процесса: $P = 10$ атм, $T = 900$ °С, мольное отношение $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2 = 1/3/0.7$

Лабораторная работа 2 Кинетика химически реагирующих систем.

Задание 1. Построение кинетической модели реакции

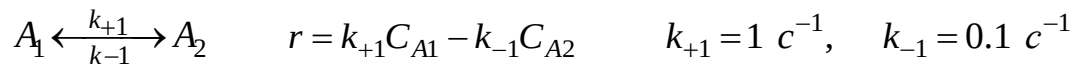
Представлен стадийный механизм реакции неокислительного дегидрирования пропана в пропилен на Pt–Sn/ Al_2O_3 (A. Farjoo, F. Khorasheh, S. Niknaddaf, M. Soltani):



Для заданного стадийного механизма реакции построить кинетическую модель. Указать число индивидуальных констант и число комплексов констант, подлежащих оценке.

Задание 2. Решение системы дифференциальных уравнений кинетической модели и оценка параметрической чувствительности констант модели.

В периодическом реакторе проводится изучение кинетики химической реакции типа:



Основная система кинетических уравнений представима в виде:

$$\frac{dC_{A1}}{dt} = -k_{+1}C_{A1} + k_{-1}C_{A2} \quad \frac{dC_{A2}}{dt} = k_{+1}C_{A1} - k_{-1}C_{A2}$$

$$t = 0 \quad C_{A1}(0) = C_{0,A1} = 1 \text{ моль / л} \quad C_{A2}(0) = 0$$

1. Построить графики зависимости $C_{A1}(t)$ и $C_{A2}(t)$.

Элементы матрицы коэффициентов чувствительности Z представимы в виде:

$$Z_{11} = \frac{\partial C_{A1}}{\partial k_{+1}} \quad Z_{12} = \frac{\partial C_{A1}}{\partial k_{-1}} \quad Z_{21} = \frac{\partial C_{A2}}{\partial k_{+1}} \quad Z_{22} = \frac{\partial C_{A2}}{\partial k_{-1}}$$

2. Записать и решить расширенную систему дифференциальных уравнений модели кинетики и построить графики зависимости коэффициентов чувствительности констант от времени ($t = 0, \dots, 5 \text{ с}$), т.е. $Z_{11}(t)$ $Z_{12}(t)$ $Z_{21}(t)$ $Z_{22}(t)$.

3. Представить элементы матрицы коэффициентов чувствительности в безразмерном виде:

$$\sigma_{11} = \frac{k_{+1}}{C_{A1}} Z_{11} \quad \sigma_{12} = \frac{k_{-1}}{C_{A1}} Z_{12} \quad \sigma_{21} = \frac{k_{+1}}{C_{A2}} Z_{21} \quad \sigma_{22} = \frac{k_{-1}}{C_{A2}} Z_{22}$$

4. Построить графики зависимости $\sigma_{11}(t)$ $\sigma_{12}(t)$ $\sigma_{21}(t)$ $\sigma_{22}(t)$ $t = 0, \dots, 5 \text{ с}$
5. Проанализировать график зависимости $\sigma_{11}(t)$.

Лабораторная работа 3

Моделирование процессов в каталитических реакторах с использованием квазигомогенных моделей

В каталитическом реакторе при атмосферном давлении и температуре 500 К протекают реакции паровой конверсии метанола в водород (SMR) и обратная реакция паровой конверсии оксида углерода (RWGS) на медно-цинковом катализаторе (фактор эффективности работы зерна катализатора принять равным 0.9 для первой реакции SMR и 0.8 для второй реакции RWGS):



Задана кинетическая модель реакции (Purnama и соавт.) и численные значения параметров модели:

$$r_1 = k_1 \cdot P_{\text{CH}_3\text{OH}}^m \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}^n, \quad (3)$$

$$r_2 = k_2 \cdot P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2} \left(1 - \frac{1}{K} \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}} \right), \quad (4)$$

где r_1 – скорость реакции (1), $\text{моль} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; r_2 – скорость реакции (2), $\text{моль} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; k_i – константа скорости i -той реакции; P_i – парциальное давление i -го компонента, бар ; K – константа равновесия реакции (2).

Константы скоростей реакций (1) и (2) в зависимости от температуры рассчитываются по уравнениям:

$$k_1 = k_{0,1} \exp\left(-\frac{E_{a,1}}{RT}\right), \quad k_2 = k_{0,2} \exp\left(-\frac{E_{a,2}}{RT}\right)$$

где E_a – энергия активации реакции, $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$; T – температура, К .

Константа равновесия реакции (2) K в зависимости от температуры:

$$\ln K = \ln K_{298} - \frac{\Delta H_{298}^0}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right), \quad (5)$$

Таблица 1.

Численные значения параметров кинетической модели

Параметр	Значение
$k_{0,1}$	$8,8 \cdot 10^8$
$E_{a,1}$	76
m	0,6
n	0,4
$k_{0,2}$	$6,5 \cdot 10^9$
$E_{a,2}$	108
ΔH_{298}^0	41
ΔG_{298}^0	28,6

Моделирование процесса синтеза водорода из метанола в каталитическом реакторе:

1. Записать уравнения квазигомогенной модели каталитического реактора (РИВ) получения водорода из метанола с аксиальным направлением потока реагентов.
2. Определить число ключевых веществ и построить уравнения реакторных инвариантов.
3. Записать алгоритм решения уравнений квазигомогенной модели каталитического реактора.
4. Построить графики зависимости парциального давления водорода, метанола и температуры от длины каталитического слоя реактора.
5. Определить при какой длине каталитического слоя достигается степень превращения метанола $> 90 \%$ при содержании оксида углерода в продуктах реакции $< 0.5 \%$ об.

Лабораторная работа 4

Моделирование процессов в каталитических реакторах с использованием гетерогенных моделей

В каталитическом реакторе протекает реакция диспропорционирования толуола: $2C_6H_5CH_3 = C_6H_6 + C_6H_4(CH_3)_2$. Реактор заполнен сферическим, цеолитным катализатором.

Упрощенная кинетическая модель реакции имеет вид: $W = kc_{\text{тол}}^2$, где W – скорость химической реакции $[\text{моль} / (\text{л} \cdot \text{с})]$. Причем при $T=460^\circ\text{C}$, $k=0.071 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

1. Реактор адиабатический односекционный.

Модель адиабатического реактора:

$$-u \frac{dc_{\text{тол}}}{dl} = k_m S (c_{\text{тол}} - c_{\text{тол}}^{\text{пов}})$$

$$k_m S (c_{\text{тол}} - c_{\text{тол}}^{\text{пов}}) = 2\eta \cdot W (c_{\text{тол}}^{\text{пов}})$$

Начальные условия:

$$l = 0 \quad c_{\text{тол}}(0) = 0.01 \text{ моль/л}, \quad c_{\text{бенз}}(0) = 0, \quad c_{\text{ксил}}(0) = 0$$

Численные значения параметров модели: $S=82.5 \text{ дм}^2/\text{дм}^3$, $k_m = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ дм/с}$. Диаметр реактора 0.5 м, длина каталитического слоя 5 м, температура в реакционной зоне 450 °С, линейная скорость потока при нормальных условиях $u = 0.5 \text{ м/с}$, давление в реакторе 1.0 МПа. Фактор эффективности работы зерна катализатора $\eta=0.9$.

1. Вывести уравнения реакторных инвариантов.
2. Записать алгоритм решения уравнений гетерогенной модели каталитического реактора.
3. Рассчитать *профили концентраций реагентов по длине реактора и производительность работы реактора* в кг/ч по бензолу.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 57 акад. ч. во 2 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой (2 семестр) и лабораторного практикума (2 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

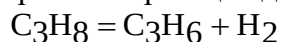
8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы (контрольная работа 1 по разделу 1, контрольная работа 2 по разделу 2 и контрольная работа 3 по разделам 3-4). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет 40 баллов (по 20 баллов за работы 1 и 2) и 12 баллов за 3 контрольную работу. 8__ баллов отводится на лабораторные работы.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20__ баллов. Контрольная работа содержит 3__ вопроса, 6__ баллов за 1 вопрос, 10 баллов за 2 вопрос и 4 балла за 3 вопрос.

Вопрос 1.1. (6 баллов)

В каталитическом реакторе протекает реакция дегидрирования пропана:

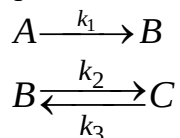


Зависимость константы равновесия реакции дегидрирования пропана от температуры: $K_p = 1.48 \cdot 10^7 \cdot \text{EXP}(-15403/T)$

Вычислить тепловой эффект этой реакции и рассчитать равновесный состав реакционной смеси (% об.) при температуре 723 К, давлении 1 атм., составе исходной реакционной смеси (% об.): $\text{C}_3\text{H}_8 - 80$, $\text{H}_2 - 20$.

Вопрос 1.2. (10 баллов)

Пусть в реакционной системе протекают две химические реакции:

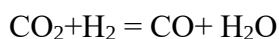
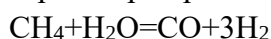


Введем следующие обозначения: C_1 – концентрация вещества А, C_2 – концентрация вещества В, C_3 – концентрация вещества С.

Записать основную систему кинетических уравнений в матричном виде и найти ее аналитическое решение при предположении, что все химические реакции первого порядка.

Вопрос 1.3. (4 балла)

В реакторе протекают следующие химические реакции:



Определить число ключевых веществ и записать уравнения химических инвариантов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1. (15 баллов)

Моделирование процесса синтеза водорода из метанола в каталитическом реакторе.

В каталитическом реакторе при атмосферном давлении и температуре 573 К протекает реакция паровой конверсии метанола в водород на медно-цинковом катализаторе (фактор эффективности работы зерна катализатора принять равным 0.93):



Задана кинетическая модель реакции паровой конверсии метанола (Lee и соавт.) и численные значения параметров модели:

$$r_1 = k_1 \cdot p_{\text{CH}_3\text{OH}}^a \cdot (\alpha + p_{\text{H}_2})^b, \quad (1)$$

где r_1 – скорость реакции, $\text{моль} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; k_1 – константа скорости реакции; p_i – парциальное давление i -го компонента, бар ; a, b, α – параметры модели.

Константа скорости реакции в зависимости от температуры рассчитывается уравнению (2):

$$k_1 = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (2)$$

где E_a – энергия активации реакции, $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$; T – температура, К .

Численные значения параметров кинетической модели

Параметр	Значение
k_0	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^9$
E_a	$100,0 \pm 0,6$
a	$0,47 \pm 0,03$
b	$0,55 \pm 0,05$
α	$0,30 \pm 0,02$

4. Записать уравнения квазигомогенной модели каталитического реактора (РИВ) получения водорода из метанола с аксиальным направлением потока реагентов.
5. Определить число ключевых веществ и построить уравнения реакторных инвариантов.
6. Записать алгоритм решения уравнений модели каталитического реактора.
7. Построить графики зависимости парциального давления водорода и температуры от длины каталитического слоя реактора.
8. Определить при какой длине каталитического слоя достигается степень превращения метанола 98 %.

Вопрос 2.2. (5 баллов)

1. Принципы построения кинетических и реакторных моделей по результатам лабораторного и стендового эксперимента.
2. Уравнения реакторной стехиометрии, их роль в моделировании химических процессов.

Разделы 3-4. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 6 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

Рассмотреть конструкции каталитических реакторов в производстве метанола из синтез-газа с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов.

Вопрос 3.2.

Способы интенсификации промышленных химических процессов. Рассмотреть конструкции каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов. Билет для зачёта с оценкой содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20__ баллов, вопрос 2 – 20__ баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачёт с оценкой).

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

1. Значение и роль кинетических исследований при моделировании промышленного каталитического процесса. (20 баллов)
2. Системный анализ реакторных процессов. Основные этапы и задачи исследования реакторных процессов. (20 баллов)
3. Принципы построения кинетических и реакторных моделей по результатам лабораторного и стендового эксперимента. (20 баллов)

4. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов. Одно, двух и трехфазные химические системы и процессы. (20 баллов)
5. Основные понятия стехиометрического анализа химических реагирующих систем: структурные и молекулярные виды, матрицы структурных коэффициентов, матрицы стехиометрических коэффициентов. Их свойства. (20 баллов)
6. Равновесные химические реакции. Определение меры завершенности химической реакции. Прямая и обратная задачи химических равновесий.
7. Использование независимых химических реакций при расчете равновесных составов сложных реагирующих химических систем. Принципы выбора оптимальной совокупности независимых реакций. (20 баллов)
8. Основная система кинетических уравнений, ее свойства. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей. (20 баллов)
9. Химические инварианты, определение и свойства. Оценка общего числа химических инвариантов. Построение уравнений химических инвариантов по структурной и стехиометрической матрицам. (20 баллов)
10. Основные методы построения кинетических моделей сложных многостадийных химических реакций (20 баллов)
11. Области протекания гетерогенно-каталитических процессов и экспериментальные способы их определения. (20 баллов)
12. Квазигомогенные модели изотермических, адиабатических и политропических реакторов. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Уравнения реакторной стехиометрии. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
13. Квазигомогенная диффузионная модель реактора с продольным перемешиванием потока. Граничные условия. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Уравнения реакторной стехиометрии. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
14. Квазигомогенная диффузионная модель с радиальным перемешиванием потока. Граничные условия. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Уравнения реакторной стехиометрии. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов)
15. Квазигомогенная диффузионная модель с продольным и радиальным перемешиванием потока. Граничные условия. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Уравнения реакторной стехиометрии. Их роль в моделировании химических процессов. (20 баллов) (20 баллов)
16. Основные типы двухфазных, гетерогенных моделей. Методы их решения. (20 баллов)
17. Трехфазные модели реакторов со стационарными слоями катализаторов и двухфазным газо-жидкостным потоком. Численные методы их решения. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. (20 баллов)
18. Трехфазные модели реакторов с суспендированным слоем катализатора и двухфазным газо-жидкостным потоком. Численные методы их решения. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. (20 баллов)
19. Конструкции промышленных каталитических реакторов в производстве синтез-газа. Шахтные реакторы в производстве синтез-газа. Трубчатые печи в производстве синтез-газа. Режимы эксплуатации. Остаточное содержание метана в продуктовом потоке синтез-газа. (20 баллов)
20. Комбинированные автотермические риформеры метана (CAR) в производстве синтез-газа. Режимы эксплуатации. Остаточное содержание метана в продуктовом потоке синтез-газа. (20 баллов)

21. Одноступенчатая паровая конверсия метана и двухступенчатая энергосберегающая конверсия метана. Использование реакторов-теплообменников в производстве синтез-газа. (20 баллов)
22. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
23. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции промышленных реакторов, используемые теплоносители и режимы эксплуатации. (20 баллов)
24. Адиабатические сферические реакторы в производстве метанола, режимы эксплуатации. (20 баллов)
25. Радиальные реакторы синтеза метанола. Направление потока реагентов, используемые теплоносители, режимы эксплуатации промышленных радиальных реакторов.
26. Горизонтальные колонны синтеза метанола. Преимущество конструкции. Режимы эксплуатации.
27. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве диметилового эфира из метанола. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
28. Реакторы с радиальными слоями катализатора в производстве аммиака. Реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
29. Реакторы среднетемпературной паровой конверсии оксида углерода в производстве аммиака. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
30. Реакторы низкотемпературной паровой конверсии оксида углерода в производстве аммиака. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
31. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве формальдегида. Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
32. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком в производствах алифатических спиртов. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации
33. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком в производстве перекиси водорода. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
34. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора. Примеры. Конструкции реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
35. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров. Примеры. Конструкции промышленных реакторов и режимы эксплуатации. (20 баллов)
36. Конструкции каталитических многофазных реакторов в нефтепереработке. Примеры. Способы интенсификации промышленных нефтехимических процессов. (20 баллов)
37. Основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах. (20 баллов)
38. Новые конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования. (20 баллов)
39. Основные крупнотоннажные промышленные процессы нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. (20 баллов)

40. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации. (20 баллов)

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (2 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2_ вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – _20_ баллов, второй – __20_ баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю» зав. кафедрой М.Б. Глебов (Подпись) (И.О. Фамилия) «__» _____ 20__г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»
	Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов
1. Принципы построения кинетических и реакторных моделей по результатам лабораторного и стендового эксперимента. (20 баллов) 2. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производстве метанола. Конструкции промышленных реакторов, используемые теплоносители и режимы эксплуатации. (20 баллов)	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Писаренко Е.В. Современные промышленные процессы переработки природного газа и расчет реакторов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2022. 260 с.
2. Писаренко Е.В. Кинетика и макрокинетика химических процессов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. 132 с.
3. Писаренко Е.В. Гетерогенный катализ и каталитические процессы. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. 104 с.
4. Писаренко Е. В. Промышленные каталитические процессы. Структуры и свойства твердых катализаторов. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. 136 с.
5. Писаренко В.Н., Писаренко Е.В. Процессы адсорбции веществ на гетерогенных катализаторах: теория и методы моделирования. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. –72 с.

6. Писаренко Е.В., Писаренко В.Н. Теория планирования эксперимента. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. –60 с.

Б. Дополнительная литература

1. Е.В. Писаренко, В.Н. Писаренко, Л.С.Гордеев, Е.А. Дмитриев. Анализ и моделирование контактно-каталитических процессов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. –120 с.
2. И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. Современный катализ и химическая кинетика. – Долгопрудный : Издательский дом «Интеллект», 2010. –510 с.
3. Д. А. Франк-Каменецкий Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infram.ru/live/price.asp?id=608229> (дата обращения: 15.02.2024).
4. В.Н. Писаренко, Т.Б. Жукова, В.В. Кафаров. Макрокинетика химических процессов. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1983. – 64 с.
5. Т.Б. Жукова, В.Н. Писаренко, В.В. Кафаров. Макрокинетика химических процессов. Явления переноса. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1985. – 48 с.
6. Т. Б. Жукова, В. Н. Писаренко, В.В. Кафаров. Моделирование и расчёт промышленных реакторов со стационарным слоем катализатора и двухфазным газо-жидкостным потоком. Итоги науки и техники. Сер. Процессы и аппараты химической технологии. – М: ВИНТИ, 1985. Т 13. с.3-85.
7. Ч. Н. Саттерфилд. Массопередача в гетерогенном катализе. М.: «Химия», 1976. – 240 с.
8. Р. Арис. Анализ процессов в химических реакторах. Л.: «Химия», 1967. – 328 с.
9. О.В. Крылов Гетерогенный катализ. Учебное пособие для вузов. М.: «Академкнига», 2004 . – 679 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://elibrary.ru/>
- <https://www.sciencedirect.com/>
- <https://fips.ru/>
- <https://worldwide.espacenet.com/>
- <https://www.uspto.gov/>

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16_, (общее число слайдов – 250__);

- видеолекции по курсу (16 видеолекций)
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 350);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 80).

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (60 задач), задания к самостоятельным работам (60 задач).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом данный список дополняется следующим разделом: тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Discord, WhatsApp, Viber), к вебинарам (Discord, Zoom, webinar.ru), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Skype.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1 Для студентов, обучающихся без использования дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося в магистратуре направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» включает 4 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний.

Рабочая программа дисциплины «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» предусматривает проведение лабораторного практикума в объеме 34 акад. ч. Работы выполняются в часы, выделенные учебным планом во 2 семестре. Лабораторные работы охватывают 1-4 разделы (в среднем по 1 работе на каждый раздел). На выполнение каждой работы отводится примерно 8 часов в зависимости от трудоемкости.

Целью выполнения лабораторных работ является закрепление полученных знаний по дисциплине, расширение эрудиции и кругозора студента магистратуры в области кинетики и макрокинетики химических процессов, моделирования каталитических процессов, процессов и аппаратов химической технологии развитие творческого потенциала и самостоятельного мышления студента. В задачи подготовки к выполнению лабораторных работ входит приобретение навыков работы с информационными ресурсами, получение опыта проведения работ, обработки, анализа полученных результатов, формулирования выводов по выполненной работе.

При подготовке к выполнению лабораторных работ студент должен руководствоваться следующими основными принципами:

- сочетание в работе, с одной стороны, изученных в дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» теоретических положений и сведений, с другой, – результатов новейших разработок в области кинетики и макрокинетики химических процессов, моделирования

каталитических процессов, процессов и аппаратов химической технологии, совмещенных реакционно-массообменных процессов.

– творческий аналитический подход к полученным в лабораторной работе результатам, исключающий их простое перечисление и изложение.

Работа над подготовкой к лабораторной работе ориентирована в первую очередь на самостоятельную работу обучающегося с информационными ресурсами видеолекциями по курсу, конспектом лекций и раздаточным материалом, научно-технической и справочной литературой, ГОСТами, ресурсами Интернета, базами данных. Доступ к указанным ресурсам обеспечивается фондами научно-технической библиотеки вуза и городских научно-технических библиотек, электронными библиотеками и поисковыми системами Интернета, материалами тематических выставок и научно-технических конференций.

При оформлении лабораторных работ следует ориентироваться на требования, приведенные в ГОСТах .

Содержание и оформление лабораторных работ оценивается в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка за выполнение всех работ лабораторного практикума составляет _8_ баллов и входит в 60 баллов, отводимых на работу студента в семестре.

Совокупная оценка текущей работы студента магистратуры в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка _52_ балла) и лабораторного практикума (максимальная оценка _8_ баллов). Максимальная оценка текущей работы в каждом семестре составляет 60__ баллов.

В соответствии с учебным планом изучение материала разделов 1, 2, 3 и 4 происходит во 2 семестре и заканчивается контролем его освоения в форме __3_ контрольных работ (максимальная оценка по 20 баллов за первую и вторую контрольные работы и 12 баллов за третью контрольную работу) и зачёта с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов). Максимальная оценка на зачёте с оценкой составляет 100__ баллов.

10.2 Для студентов, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п. 10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1 Для преподавателей, реализующих образовательные программы без использования дистанционных образовательных технологий

Дисциплина «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» изучается во 2 семестре магистратуры.

При подготовке и проведении занятий преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты, обучающиеся в магистратуре, имеют общую подготовку по общенаучным, общинженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля, в объеме, предусмотренном учебным планом магистратуры, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала. В связи с этим материал дисциплины должен опираться на полученные знания и быть ориентирован их расширение и углубление в соответствии с современными теоретическими представлениями и технологическими новациями. Обучение студентов может быть

организовано как в виде традиционных практических занятий, так и научной дискуссии, которая помогает приобрести навыки и умения обосновывать круг рассматриваемых вопросов, формулировать главные положения, определения и практические выводы из теоретических положений. На занятиях должна прослеживаться взаимосвязь рассматриваемых вопросов с ранее изученным материалом.

Основной задачей преподавателя, ведущего занятия по дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов», является формирование у студентов компетенций в области кинетики и макрокинетики химических процессов, моделирования каталитических процессов, процессов и аппаратов химической технологии, совмещенных реакционно-массообменных процессов. Преподаватель должен акцентировать внимание студентов на общих вопросах, связанных с изучением конкретного раздела дисциплины. При выборе материала для занятий желательно обращаться к опыту ведущих зарубежных и отечественных научно-исследовательских центров, научно-производственных фирм и предприятий, использовать их научные, информационные и рекламные материалы и проводить их сравнительный анализ.

В вводной лекции дисциплины следует остановиться на тенденциях развития химической и нефтехимической промышленности, привести обзор современных достижений в данной области, оценить конкурентоспособность промышленной продукции и определяющие ее факторы.

В разделе 1 «Статика и кинетика химически реагирующих систем» необходимо рассмотреть основные принципы стехиометрического анализа химически реагирующих систем, дать определение мер завершенности химических реакций, рассмотреть использование независимых химических реакций для расчета равновесных составов реакционных систем (прямая задача химического равновесия), рассмотреть обратную задачу химического равновесия, основные принципы построения высокоточных кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций и методы решений уравнений кинетических моделей, как основной системы кинетических уравнений, так и расширенной для определения параметрической чувствительности констант модели. На практических занятиях следует уделить внимание решению задач по расчету равновесных составов реакционных систем и выбору оптимальной совокупности независимых химических реакций, построению уравнений кинетических моделей и их решению, а также оценке параметрической чувствительности констант модели.

В разделе 2 «Моделирование процессов в каталитических реакторах» необходимо рассмотреть методы построения моделей однофазных, двухфазных и трехфазных каталитических реакторов и оценки макрокинетических параметров моделей на основании результатов стендовых экспериментов. При этом особое внимание уделить рассмотрению квазигомогенных одно- и двухпараметрических моделей с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов и выводу уравнений реакторных инвариантов для моделей изотермических, адиабатических и политропических реакторов, также рассмотреть двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов и вывести для них уравнения реакторных инвариантов, в заключении проанализировать трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов и методы моделирования промышленных трехфазных реакторов.

На практических занятиях следует уделить внимание решению уравнений квазигомогенных и гетерогенных моделей каталитических реакторов различной сложности для случая реальной кинетики сложной многомаршрутной химической реакции. При рассмотрении современных высокоэффективных процессов следует обращаться к знаниям студентов, полученных ими при изучении конспектов лекций и видеолекций на которых рассматриваются современные высокоэффективные конструкции каталитических реакторов и способы интенсификации каталитических процессов.

В разделе 3 «Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации» необходимо рассмотреть современные полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов, реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производствах аммиака, трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора с аксиальным и/или радиальным направлением потока в производствах метанола и трубчатые реакторы со стационарным слоем катализатора, а также комбинированные реакторы в производстве формальдегида, реакторы с трехфазными потоками с псевдоожиженными и движущимися слоями катализатора, новые конструкции химических реакторов и перспективы их использования в различных отраслях промышленности. На практических занятиях следует уделить внимание расчету конструкций современных каталитических реакторов и моделированию режимов их промышленной эксплуатации. При рассмотрении современных конструкций каталитических реакторов следует обращаться к знаниям студентов, полученных ими при изучении конспектов лекций и видеолекций на которых рассматриваются современные высокоэффективные конструкции каталитических реакторов и способы интенсификации каталитических процессов.

В разделе 4 «Современные химические высокорентабельные производства. Интенсификация работы химических реакторов» необходимо рассмотреть современные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности, тенденции их развития и основные направления их интенсификации. Особое внимание уделить способам эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметиловый эфир, моторные топлива, процессов изомеризации низших алкановых углеводородов в высокооктановые компоненты моторных топлив, риформинга углеводородов бензиновой фракции нефти в высокооктановые карбюраторные моторные топлива, гидрокрекинга тяжелых углеводородов нефти в светлые нефтепродукты и дизельные топлива. Рассмотреть новые высокоэффективные каталитические системы для данных процессов и конструкции каталитических реакторов, ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования. На практических занятиях следует уделить внимание интенсификации режимов работы каталитических реакторов. При рассмотрении современных высокоэффективных процессов следует обращаться к знаниям студентов, полученных ими при изучении конспектов лекций и видеолекций на которых рассматриваются современные высокоэффективные конструкции каталитических реакторов и способы интенсификации каталитических процессов.

Необходимой компонентой практических и лабораторных занятий по дисциплине является широкое использование наглядных пособий и иллюстративного материала, в том числе с применением компьютерной техники, а также каталоги фирм и предприятий с описанием основного вида и характеристик изделий из них. Иллюстративный материал включает презентации по разделам дисциплины, выполненные с использованием различных программных продуктов (например, Power Point в составе Microsoft Office) и видеолекции, записанные в Zoom. Для демонстрации иллюстративного материала рекомендуется использование мультимедиа.

При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам проработку дополнительной литературы по тематике занятия, организуя ее обсуждение на практических занятиях, формирует у студентов навык к самостоятельной работе с разнообразными литературными источниками.

При проведении лабораторного практикума преподавателю основное внимание следует уделять формированию у студентов умения активно использовать полученные знания по дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» при подготовке, проведении и защите лабораторных работ. Следует

обращать внимание на необходимость точного выполнения требований к построению кинетических и реакторных моделей, проведению вычислительных экспериментов и обработке результатов для получения достоверных результатов моделирования процессов, протекающих в каталитических реакторах различных конструкций. При защите лабораторных работ спрашивать теоретические основы данного раздела дисциплины

11.2 Для преподавателей, реализующих образовательные программы с использованием дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п. 10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов и учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; онлайн консультации по курсовому проектированию; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается) и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР);
- учебные курсы, интегрированные в LMS Moodle, контактные часы по которым могут быть исключены, изучаются обучающимися самостоятельно при минимальном участии преподавателя (консультации в режиме форума или в режиме вебинара).

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

13.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре кибернетики химико-технологических процессов имеются учебные аудитории для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованные электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Материально-техническая база кафедры кибернетики химико-технологических процессов постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

13.2 Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

13.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре кибернетики химико-технологических процессов, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерская программа – **«Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»** имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

13.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для реализации дисциплины «Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов» на кафедре кибернетики химико-технологических процессов используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры кибернетики химико-технологических процессов для

магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых в центре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

13.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Статика и кинетика химически реагирующих систем	<i>Знает:</i> основные методы построения кинетических моделей; <i>Умеет:</i> осуществить по результатам лабораторного построение кинетических моделей; <i>Владеет:</i> практическими приемами применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за лабораторную работу №1 и лабораторную работу №2 Оценка за зачёт с оценкой
Раздел 2. Моделирование процессов в	<i>Знает:</i> основные методы построения кинетических моделей и моделей	Оценка за

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
каталитических реакторах	каталитических реакторов; <i>Умеет:</i> осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических моделей и моделей каталитических реакторов; анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с одно- и многофазными системами с суспендированными и стационарными слоями катализаторов; <i>Владеет:</i> методами расчета конструкций промышленных каталитических реакторов и режимов их эксплуатации.	контрольную работу №2 Оценка за лабораторные работы №3 и №4 Оценка за зачёт с оценкой
Раздел 3. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации	<i>Знает:</i> основные типы промышленных высокоэффективных каталитических реакторов и способы организации крупнотоннажных каталитических химических и нефтехимических процессов; современное высокорентабельное реакторное оборудование в производствах синтез-газа, метанола, водорода, диметилового эфира, аммиака, формальдегида, олефинов, углеводородов моторных топлив. <i>Умеет:</i> произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих заданную годовую производительность реактора по целевому продукту <i>Владеет:</i> информацией по конструкциям высокопроизводительных каталитических реакторов, способам пуска реакторов, режимам их непрерывной эксплуатации и останова; методами расчета конструкций промышленных каталитических реакторов и режимов их эксплуатации.	Оценка за контрольную работу №3 Оценка за лабораторные работы №3 и №4 Оценка за зачёт с оценкой
Раздел 4. Современные химические высокорентабельные производства. Интенсификация работы	<i>Знает:</i> современное высокорентабельное реакторное оборудование в производствах синтез-газа, метанола, водорода, диметилового эфира, аммиака,	Оценка за контрольную работу №3 Оценка за лабораторные

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
химических реакторов	формальдегида, олефинов, углеводов моторных топлив; способы интенсификации промышленных каталитических процессов. <i>Умеет:</i> определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора. <i>Владеет:</i> основными способами интенсификации промышленных процессов; практическими приемами применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.	работы №3 и №4 Оценка за зачёт с оценкой

15. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Современные химические высокорентабельные производства и расчёт реакторов»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современное оборудование и технологии энерго- и
ресурсоэффективных химических производств»**

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена зав. кафедрой химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., профессором Н.В. Меньшутиной и д.т.н., доцентом, профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга М.Г. Гордиенко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области процессов и аппаратов химической технологии, биотехнологии, общей химической технологии; неорганической и органической химии.

Цель дисциплины «Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств» – изучение современных тенденций развития химической промышленности при переходе к «Индустрии 4.0» и тенденций развития химического оборудования и технологий.

Задачи дисциплины:

- формирование понятийного аппарата и базовых принципов «Индустрии 4.0»;
- формирование знаний в области перспективных производственных технологий, тенденций развития химического оборудования и технологий;
- формирование практических навыков применения принципов организации энерго- и ресурсоэффективных производств, организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства.

Дисциплина **«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации –

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
				6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР	Профессиональный стандарт 40.206 «Специалист по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2020 года N 577н, Обобщенная трудовая функция В. Разработка продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства. В /03.7. Поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач (уровень квалификации – 7)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР	ПК-5 разработана на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основы и понятийный аппарат дисциплины;
- концепцию «Индустрии 4.0»;
- приоритеты в области перспективных производственных технологий;
- современное оборудование химических производств;
- методы интенсификации производственных процессов.

Уметь:

- использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении практических задач;
- использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении практических задач;
- применять методы выявления «слабых звеньев» в цепочке создания добавленной стоимости;
- осуществлять выбор оборудования с точки зрения принципов эффективности, энерго- и ресурсоэффективности.

Владеть:

- навыками применения принципов организации энерго- и ресурсоэффективных производств;
- навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	3,12	112	84
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	3,1	112	84
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	ПЗ	СР
1	Раздел 1. Приоритеты в области перспективных производственных технологий	72	12	12	48
1.1	Адаптивные и «умные» производственные системы. Сетевое производство и динамичные производственные цепочки	24	4	4	16
1.2	Концепция устойчивого (рационального) производства	24	4	4	16
1.3	Цифровое, виртуальное и ресурсоэффективное производство	24	4	4	16
2	Раздел 2. Тенденции развития химического оборудования и технологий	107	21	22	64
2.1	Организация совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства	35	7	7	21
2.2	Методы интенсификации процессов	35	7	7	21
2.3	Тенденции развития новых аппаратов и производств, сверхкритических и микрофлюидных технологий.	37	7	8	22
	Заключение	1	1	—	—
	ИТОГО	180	34	34	112
	Экзамен	36			
	ИТОГО	216			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Приоритеты в области перспективных производственных технологий. Адаптивные и «умные» производственные системы. Сетевое производство и динамичные производственные цепочки. Концепция, принципы организации, основные конкурентные преимущества. Привлечение малых инновационных предприятий. Концепция устойчивого (рационального) производства. Основные принципы, методы выявления «слабых звеньев» в цепочке создания добавленной стоимости. Цифровое, виртуальное и ресурсоэффективное производство.

Раздел 2. Тенденции развития химического оборудования и технологий. Современное оборудование химических производств. Организация совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства. Методы интенсификации процессов. Тенденции развития новых аппаратов и процессов, цифровизация технологий.

Современное оборудование для химического синтеза, микрофлюидные, сверхкритические и аддитивные технологии.

Заключение. В заключении подводятся итоги курса и инструктаж слушателей по подготовке к итоговой аттестации и ее прохождению.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	основы и понятийный аппарат дисциплины	+	+
2	концепцию «Индустрии 4.0»	+	+
3	приоритеты в области перспективных производственных технологий	+	
4	современное оборудование химических производств		+
5	методы интенсификации производственных процессов		+
	Уметь:		
6	использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении практических задач	+	
7	использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении практических задач	+	
8	применять методы выявления «слабых звеньев» в цепочке создания добавленной стоимости	+	
9	осуществлять выбор оборудования с точки зрения принципов эффективности, энерго- и ресурсоэффективности		+
	Владеть:		
10	навыками применения принципов организации энерго- и ресурсоэффективных производств	+	+
11	навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>			
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	
12	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
13	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности		+
14	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР	+	+
15	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения		+
16	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР	+	+
17	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств		+
18	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач	+	+
19	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	задач	исследовательских задач		
20	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР		+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Согласование интересов в адаптивной системе.	4
2	1.2	Рациональные модели потребления и производства.	4
3	1.3	Определение потребности в искусственном интеллекте.	4
4	2.1	Оптимизация современных процессов.	7
5	2.2	Моделирование ресурсо- и энергосберегающей технологической схемы на примере производства аэрогелей.	7
6	2.3	Моделирование сверхкритического процесса на примере сушки.	8

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине *«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»* не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»* предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 112 ч в 3 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена (3 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

1. Перспективы проведения химического синтеза в микрофлюидных реакторах.
2. Перспективы проведения химического синтеза с использованием

сверхкритических технологий.

3. Методы и примеры оптимизации химических производств.
4. Методы и примеры ресурсосбережения химических процессов.
5. Методы и примеры энергосбережения химических процессов.
6. Гибкие технологические схемы.
7. Перспективные сверхкритические технологии в химическом производстве.
8. Перспективные сверхкритические технологии для фармацевтики.
9. Перспективные сверхкритические технологии в переработке растительного сырья.
10. Безотходное производство.
11. Примеры замкнутых производств, их экономическая эффективность.
12. Каталог современного оборудования производства полимерных материалов.
13. Каталог современного оборудования малотоннажной химии.
14. Современное оборудование для нефтепереработки.
15. Современное оборудование для получения минеральных удобрений.
16. Современное оборудование для органического синтеза.
17. Тенденции развития глубокой переработки нефти и газа.
18. Тенденции развития особо чистых веществ.
19. Методы интенсификации химического процесса.
20. Принципы масштабирования технологических процессов.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (3 семестр) составляет по 20 баллов за каждую работу.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 7 баллов за вопросы 1 и 2 и 6 баллов за вопрос 3.

Вопрос 1.1

1. Сформулируйте основные принципы адаптивного управления.
2. Вычисление равновесия на рынке одного товара.
3. Поясните общую схему адаптивного управления производственной системой.

Вопрос 1.2

1. Модель управления устойчивым развитием в производственных сетях в соответствии с ГОСТ Р 57273-2016.
2. Этапы процесса моделирования устойчивого развития в соответствии с ГОСТ Р 57273-2016.
3. Необходимые условия для эффективного применения динамических технологий.

Вопрос 1.3

1. Этапы проведения аудита информационных систем предприятия.
2. Алгоритм поиска и отбора цифровых проектов для внедрения.
3. Стратегия цифровой трансформации: определение, содержание разделов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1

1. Что такое сверхкритический флюид (СКФ)? Перечислите вещества, которые могут быть использованы в качестве СКФ.
2. Примеры ресурсо- и энергосберегающих технологических схем.
3. Представить технологию производства неорганических аэрогелей.

Вопрос 2.2

1. Перечислить принципы записи критерия оптимизации технологической схемы и отдельного аппарата.
2. Примеры использования микрофлюидных реакторов для химической технологии.
3. Принципы и примеры безотходных производств.

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Постановка задачи адаптивного управления.
2. Алгоритм расчета приближения к заданному значению выпуска продукции в условиях действия внешних воздействий.
3. Управление объектами, описанными оптимизационными методами.
4. Моделирование динамики нестационарного объекта.
5. IoT (промышленный «Интернет вещей»).
6. Изложите концепцию «умного» производства. Что ее отличает от традиционного подхода с применением АСУТП?
7. MES системы; ERP системы.
8. Динамичность цепи поставок. Матрица выделения группы товаров для построения динамичной цепи поставок М. Кристофера.
9. Сформулируйте основные принципы адаптивного управления.
10. Вычисление равновесия на рынке одного товара.
11. Поясните общую схему адаптивного управления производственной системой.
12. Основные признаки динамичных цепей поставок по Р. Ван Хоуку, А. Харрисону и М. Кристоферу.
13. Классификация оперативной среды.
14. Необходимые условия для эффективного применения динамичных технологий.
15. Метод «Континуум корпоративной устойчивости».
16. Метод «Способ отображения ценности».
17. Метод «Управление сценариями».
18. Метод «Архетипы элементов бизнес-модели устойчивого развития».

19. Метод «Канва бизнес-модели Остервальдера и Пинье».
 20. Метод «Этап-переход».
 21. Общая структура разработки устойчивого развития.
 22. Показатели устойчивого развития, их структура.
 23. 17 целей программы ООН в области устойчивого развития до 2030 года.
 24. Роль и использование цифровых моделей в производстве.
 25. Прогностические модели.
 26. Цифровая трансформация: концепция и этапы внедрения на предприятии.
 27. «Индустрия 4.0». Связь с цифровой трансформацией.
 28. Этапы проведения аудита информационных систем предприятия.
 29. Алгоритм поиска и отбора цифровых проектов для внедрения.
 30. Стратегия цифровой трансформации: определение, содержание разделов.
 31. Типы промышленных роботов.
 32. Промышленный интернет вещей. Инфраструктура. Архитектура.
 33. Способы оценки эффекта от внедрения промышленного интернета вещей.
 34. Виртуальная и дополненная реальность в производстве.
 35. Аддитивные технологии в промышленности.
 36. Внедрение искусственного интеллекта на предприятии.
 37. Большие массивы данных. Цели и задачи машинного обучения.
 38. Перечислить методы оптимизации и их применимость для задач химической технологии.
 39. Критерии для задач оптимизации.
 40. Методы моделирования и расчёта ресурсо- и энергоэффективности.
 41. Дать характеристику коммерческим программным пакетам для построения технологических схем и оценки энерго- и ресурсопотребления.
 42. Характеристика и особенности сверхкритических процессов.
 43. Применение микрофлюидных технологий для химических процессов.
 44. Виды и характеристики микрофлюидных реакторов.
 45. Примеры и особенности оборудования для ведения сверхкритических процессов.
 46. Перспективы применения аддитивных технологий, примеры использования.
 47. Оборудование для аддитивных технологий, 3D-принтеры.
- Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр)

Экзамен по дисциплине *«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»* проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю»
Зав. каф. ХФИ
(Должность, название кафедры)

Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И. О. Фамилия)

«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ

**Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева**

**Кафедра химического и фармацевтического
инжиниринга**

**18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и
биотехнологии,**

**Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»**

**Современное оборудование и технологии энерго- и
ресурсоэффективных химических производств**

Билет № 1

1. Способы оценки эффекта от внедрения промышленного интернета вещей.
2. Дать характеристику коммерческим программным пакетам для построения технологических схем и оценки энерго- и ресурсопотребления.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература А. Основная литература

1. Чертовской, В. Д. Моделирование процессов адаптивного автоматизированного управления производством: монография / В. Д. Чертовской. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 200 с. – ISBN 978-5-8114-3668-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/119643> (дата обращения: 02.03.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Голов, Р. С. Организация производства, экономика и управление в промышленности: учебник / Р. С. Голов, А. П. Агарков, А. В. Мыльник. – Москва: Дашков и К, 2017. – 858 с. – ISBN 978-5-394-02667-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/91245> (дата обращения: 02.03.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Системы управления инновационно-инвестиционной деятельностью промышленных организаций и подготовка машиностроительного производства: монография / Р. С. Голов, А. В. Рождественский, А. П. Агарков, А. В. Мыльник. – Москва: Дашков и К, 2016. – 448 с. – ISBN 978-5-394-02382-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/93284> (дата обращения: 02.03.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Карпов, К. А. Технологическое прогнозирование развития производств нефтегазохимического комплекса: учебник / К. А. Карпов; под редакцией И. А. Садчикова. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 492 с. – ISBN 978-5-8114-2729-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/97672> (дата обращения: 15.03.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Основы природопользования и энергоресурсосбережения: учебное пособие / В. В. Денисов, И. А. Денисова, Т. И. Дровозова, А. П. Москаленко ; под редакцией В. В. Денисова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 408 с. – ISBN 978-5-8114-3962-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/113632> (дата обращения: 15.03.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии: учебное

пособие / Д. А. Баранов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 408 с. — ISBN 978-5-8114-4984-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130186> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная литература

1. Матасов, А. В. Системы автоматизированной поддержки принятия решений в задачах химической технологии, экологии и фармацевтики [Текст]: учебное пособие / А. В. Матасов, Н. В. Меньшутина, О. В. Сидоркин. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. — 161 с.: ил. — Библиогр.: с. 164-167. - ISBN 978-5-7237-0911-9
2. Меньшутина, Н. В. Современные информационные системы хранения, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей [Текст]: учебное пособие / Н. В. Меньшутина, А. В. Матасов. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - 307 с.: ил. —Библиогр.: с. 303-307. - ISBN 978-5-7237-0912-6
3. Тупикин, Е. И. Общая нефтехимия: учебное пособие / Е. И. Тупикин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-4105-1. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115198>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Кукурина, О. С. Технология переработки углеводородного сырья: учебное пособие/ О. С. Кукурина, А. А. Ляпков. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-4241-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133887>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN 0040-3571.
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 2713-2854.
- Журнал «Chemical Engineering Journal» ISSN 1385-8947.
- Журнал «Nature Reviews Chemistry» ISSN 2397-3358.
- Журнал «ACS Sustainable Chemistry & Engineering» ISSN 2168-0485.
- Журнал «Nature Reviews Chemistry» ISSN 2397-3358.
- Журнал «Computer Aided Chemical Engineering» ISSN 1570-7946.
- Журнал «Theoretical and Computational Fluid Dynamics» ISSN 0935-4964.
- Журнал «Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering» ISSN0045-

7825.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
- Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com>.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 14, (общее число слайдов – 420);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам. Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдоожиженного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр «Экрос» ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis A5g500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине **«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»** доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерская программа **«Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»** имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для реализации дисциплины **«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических производств»** на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
---	------------------------------------	-----------------------------	---------------------	----------------------------------

1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Приоритеты в области перспективных производственных технологий	<i>Знает:</i> основы и понятийный аппарат дисциплины; концепцию «Индустрии 4.0»; приоритеты в области перспективных производственных технологий. <i>Умеет:</i> использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении практических задач; использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении практических задач; применять методы выявления «слабых звеньев» в цепочке создания добавленной стоимости. <i>Владеет:</i> навыками применения принципов организации энерго- и ресурсоэффективных производств; навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка на экзамене

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 2. Тенденции развития химического оборудования и технологий	<i>Знает:</i> основы и понятийный аппарат дисциплины; концепцию «Индустрии 4.0»; современное оборудование химических производств; методы интенсификации производственных процессов. <i>Умеет:</i> осуществлять выбор оборудования с точки зрения принципов эффективности, энерго- и ресурсоэффективности. <i>Владеет:</i> навыками применения принципов организации энерго- и ресурсоэффективных производств; навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на экзамене

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ СОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Современное оборудование и технологии энерго- и ресурсоэффективных химических
производств»**

**основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_от «_»_20_г.
		протокол заседания Ученого совета №_от «_»_20_г.
		протокол заседания Ученого совета №_от «_»_20_г.
		протокол заседания Ученого совета №_от «_»_20_г.
		протокол заседания Ученого совета №_от «_»_20_г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Управление проектами при трансфере технологий»

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена д.т.н., доцентом, профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга М.Г. Гордиенко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Управление проектами при трансфере технологий»** относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологического маркетинга, стандартизации, управления качеством, решения оптимизационных задач.

Цель дисциплины «Управление проектами при трансфере технологий» – изучение основных процессов и функциональных областей управления проектами при трансфере наукоемких технологий в промышленность.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых навыков в области управления проектами;
- формирование практических навыков выделения функциональных областей проекта, применения различного инструментария в проектной деятельности, разработки основных документов проекта, качественной и количественной оценок рисков проекта, его эффективности.

Дисциплина **«Управление проектами при трансфере технологий»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и	– Химическое, химико-	ПК-4 Способен осуществлять поиск и	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации	Профессиональный стандарт 40.206

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	технологического оборудования в рамках НИР ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР	«Специалист по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2020 года N 577н, Обобщенная трудовая функция В. Разработка продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства. В /03.7. Поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач (уровень квалификации – 7)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР	ПК-5 разработана на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы и понятийный аппарат дисциплины;
- современную методологию и технологию управления проектами;
- основные типы и характеристики проектов;
- порядок разработки проектов;
- процессы и инструменты управления различными функциональными областями проекта.

Уметь:

- использовать полученные знания для разработки и управления проектами;
- разрабатывать основные документы проекта;
- производить качественную и количественную оценку рисков проектов;
- определять эффективность проекта;
- проектировать, организовывать процесс управления проектами и контролировать выполнение проекта.

Владеть:

- навыками применения различного инструментария в проектной деятельности;
- навыками работы с национальными и международными стандартами в области управления проектами;
- навыками командной работы в проектах.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции (Лек)	0,47	17	12,25
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,25
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	4,06	146	109,5
Вид итогового контроля:	Зачёт		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	ПЗ	СР
	Введение	0,5	0,5	—	—
1	Раздел 1. Жизненный цикл и фазы жизненного цикла проекта. Содержание проекта	52	3	5	44
1.1	Основные понятия. Классификация	16,5	1	1,5	14
1.2	Жизненный цикл и фазы жизненного цикла проекта. Процессный подход	16,5	1	1,5	14
1.3	Документация. Контрольные точки и контрольные события	19	1	2	16
2	Раздел 2. Планирование проекта	81	10	8	63
2.1	Процессы и функциональные области управления проектом	12,5	2	1,5	9
2.2	Планирование проекта по временным и стоимостным параметрам	21,75	2	1,75	18
2.3	Человеческие ресурсы	12,5	2	1,5	9
2.4	Оценка рисков проекта	21,75	2	1,75	18
2.5	Идентификация и анализ стейкхолдеров	12,5	2	1,5	9
3	Раздел 3. Реализация проекта	46,5	3,5	4	39
3.1	Стандарты управления проектами	22,5	1	2	19,5
3.2	Мониторинг и оценка исполнения проекта	23,5	2	2	19,5
	Заключение	0,5	0,5	—	—
	ИТОГО	180	17	17	146

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Во введении даются основные понятия и термины дисциплины. Рассматривается понятие системного представления проекта и основные типы проектов (классификация). Рассматривается закон необходимого разнообразия Эшби.

Раздел 1. Жизненный цикл и фазы жизненного цикла проекта. Содержание проекта. Понятие стратегического разрыва и его причины. Понятие портфелей проектов и принципы работы с ними. Понятие программы проектов и их типы. Классификация типов проектов по целям и методам разработки. Жизненный цикл и фазы жизненного цикла проекта. Процессы в управлении проектами: группа процессов инициации, группа процессов планирования, группа процессов исполнения, группа процессов мониторинга и контроля, группа процессов закрытия. Перекрытие и взаимодействие процессов управления проектом. Устав проекта. Содержание проекта. Построение иерархической структуры работ. Контрольные точки проекта. Схема контрольных событий по Р. Тернеру. Диаграмма контрольных событий. Управление изменением содержания проекта.

Раздел 2. Планирование проекта. Десять областей знаний управления проектами и их связь с группами процессов управления проектами. Процессы и функциональные области управления проектом. Механистическая и органистическая модели организации управления проектом. Планирование проекта по временным и стоимостным параметрам, включая оптимизацию расписания проекта и планирование финансовых затрат. Содержание командной организации и типы команд. Формирование команды проекта. Управление производительностью команды проекта. Оценка рисков проекта. Методы качественного и количественного анализа рисков проекта. Планирование реагирования на риски и ЧС. Мониторинг и контроль рисков. Управление коммуникациями и их контроль. Понятие стейкхолдер. Идентификация и анализ стейкхолдеров. Управление вовлечением и контроль вовлечения стейкхолдеров.

Раздел 3. Реализация проекта. Общая характеристика стандартов по управлению проектами. Стандарты управления проектами: PMBOK, Prince2, P2M, ICB, IPMA OCB. Гибкое управление проектами. Понятие Кайдзен технологии и основные принципы. Принципы Scrum-процессов. Оценка прогресса проекта. Оценка исполнения проекта. Методы мониторинга сроков проекта (диаграмма Ганта, контрольный график, линия баланса). Метод освоенного объема.

Заключение. В заключении подводятся итоги курса и инструктаж слушателей по подготовке к итоговой аттестации и ее прохождению.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 3	Раздел 2	
	<i>Знать:</i>				
1	теоретические основы и понятийный аппарат дисциплины	+	+	+	
2	современную методологию и технологию управления проектами	+			
3	основные типы и характеристики проектов	+			
4	порядок разработки проектов		+		
5	процессы и инструменты управления различными функциональными областями проекта		+		
	<i>Уметь:</i>				
6	использовать полученные знания для разработки и управления проектами	+	+	+	
7	разрабатывать основные документы проекта;	+	+	+	
8	производить качественную и количественную оценку рисков проектов		+		
9	определять эффективность проекта			+	
10	проектировать, организовывать процесс управления проектами и контролировать выполнение проекта	+	+	+	
	<i>Владеть:</i>				
11	навыками применения различного инструментария в проектной деятельности	+	+	+	
12	навыками работы с национальными и международными стандартами в области управления проектами			+	
13	навыками командной работы в проектах	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
14	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 3	Раздел 2
15	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	+	+	+
16	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР	+	+	+
17	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения	+	+	+
18	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР		+	+
19	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств			+
20	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 3	Раздел 2
21	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач			+
22	ПК-5. Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач	ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Системный подход в управлении проектами. Анализ примеров	1,5
2	1.2	Анализ фазы жизненного цикла проекта	1,5
3	1.3	Устав проекта. Стратегия проекта. Выделение контрольных точек и событий	2
4	2.1	Выделение функциональных областей и связей между ними	1,5
5	2.2	Методы планирования проекта по временным и стоимостным параметрам	1,75
6	2.3	Формулирование требований к формируемой команде. Составление и анализ реестра персонала	1,5
7	2.4	Методы идентификации и анализа рисков	1,75
8	2.5	Составление матрицы стейкхолдеров. Выбор методов коммуникации	1,5
9	3.1	Сопоставление стандартов PMBOK, Prince2, P2M, ICB, IPMA OCB	2
10	3.2	Оценка стоимости проекта. Анализ отклонений	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «*Управление проектами при трансфере технологий*» не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «*Управление проектами при трансфере технологий*» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 146 ч во 2 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к сдаче зачёта (2 семестр) и выполнение реферативно-аналитической работы.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа предусматривает самостоятельную проработку учебных примеров в соответствии с практическими занятиями. Всего студент выполняет 10 учебных примеров в письменной форме в рамках следующих тем:

1. Системный подход в управлении проектами. Анализ учебного примера
2. Анализ фазы жизненного цикла проекта на учебном примере
3. Устав проекта. Стратегия проекта. Выделение контрольных точек и событий. Анализ учебного примера
4. Выделение функциональных областей и связей между ними. Анализ учебного примера
5. Методы планирования проекта по временным и стоимостным параметрам. Анализ учебного примера
6. Формулирование требований к формируемой команде. Составление и анализ реестра персонала. Анализ учебного примера
7. Методы идентификации и анализа рисков. Анализ учебного примера
8. Составление матрицы стейкхолдеров. Выбор методов коммуникации. Анализ учебного примера
9. Сопоставление стандартов PMBOK, Prince2, P2M, ICB, IPMA ОСВ. Анализ учебного примера
10. Оценка стоимости проекта. Анализ отклонений. Анализ учебного примера

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 10 баллов за каждую работу. 70 баллов отводятся на реферативно-аналитическую работу.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Закон необходимого разнообразия. Дайте определение и поясните на двух примерах
2. Перечислите и поясните основные характеристики структуры
3. Прямые и обратные связи в проекте. Параметры обратной связи
4. Приведите и поясните матрицу оценки порядка изменений. Что вкладывают в понятие «стратегический разрыв»
5. Особенности управления портфелем проектов. Связь со стратегией

Вопрос 1.2.

1. Жизненный цикл и фазы жизненного цикла проекта
2. Процессы и функциональные области
3. Организация проекта по методу «стадия-ворота»
4. Построение иерархической структуры работ
5. Контрольные точки проекта

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Состав временных параметров и взаимосвязи работ
2. Метод критической цепи
3. Оптимизация расписания проекта
4. Модель формирования и развития команды проекта
5. Этапы развития самоуправляемых команд

Вопрос 2.2.

1. Методы качественного анализа рисков проектов
2. Методы количественного анализа рисков проектов
3. Мониторинг и контроль рисков
4. Идентификация и анализ стейкхолдеров
5. Контроль коммуникации

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Диаграмма Ганта. Контрольный график. Линия балансировки. Области применения
2. Метод освоенного объема
3. Компас проекта
4. Показатели хода реализации проекта
5. Оценка хода выполнения проекта

Вопрос 3.2.

1. Стандарт PMBOK
2. Стандарт PRINCE2
3. Стандарт P2M
4. Стандарт ICB
5. Международный стандарт ISO 21500

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачёт)

Итоговый контроль по дисциплине *«Управление проектами при трансфере технологий»* не предусмотрен. Оценка выставляется в соответствии с баллами, набранными студентом в семестре.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

- 1 Воробьева, Т. В. Управление инвестиционным проектом: учебное пособие / Т. В. Воробьева. – 2-е изд. – Москва: ИНТУИТ, 2016. – 146 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/100531> (дата обращения: 12.01.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2 Ехлаков, Ю. П. Управление программными проектами. Стандарты, модели: учебное пособие для вузов / Ю. П. Ехлаков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 244 с. – ISBN 978-5-8114-5335-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148472> (дата обращения: 12.01.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3 Горбатков, С. А. Математические методы в управлении проектами: учебное пособие / С. А. Горбатков, С. А. Фархиева, Н. И. Лучникова. — Москва: Прометей, 2018. — 86 с. — ISBN 978-5-907003-33-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107093> (дата обращения: 12.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная литература

1 Меньшиков, В. В. Технологический маркетинг, коммерциализация и принципы реализации инноваций [Текст]: учебное пособие / В. В. Меньшиков. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. — 138 с.: ил.; 8,02 усл.печ.л. — Библиогр.: с. 138. — 100 экз. — ISBN 978-5-7237-1397-0

2 Быков, Е. Д. Организация и управление высокотехнологичными программами и проектами [Текст]: учебное пособие / Е. Д. Быков, В. В. Меньшиков; МО и науки РФ. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. — 212 с.: ил.; 6,51 усл. печ. л. — Библиогр: с. 111. — 100 экз. — ISBN 978-5-7237-0890-7

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И ПРОГРАММАМИ» ISSN 2619-1431
- Журнал «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ» ISSN 2226-9339
- Журнал «ФОРСАЙТ» ISSN 2312-9972
- Журнал «ЭКОНОМИКА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО» ISSN 1999-2300
- Журнал «ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ» ISSN 2307-180X

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации для подготовки к практическим занятиям – 14, (общее число слайдов – 420);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные,

справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Управление проектами при трансфере технологий»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеются учебные аудитории для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованные электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis Apg500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий

11.2 Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине *«Управление проектами при трансфере технологий»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02**

Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, магистерская программа – «*Современные процессы, аппараты и технологии химических производств*» имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Для реализации дисциплины «*Управление проектами при трансфере технологий*» на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Жизненный цикл и фазы жизненного цикла проекта. Содержание проекта	<i>Знает:</i> теоретические основы и понятийный аппарат дисциплины; современную методологию и технологию управления проектами; основные типы и характеристики проектов. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для разработки и управления проектами; разрабатывать основные документы проекта; проектировать,	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка за зачёт

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	организовывать процесс управления проектами и контролировать выполнение проекта. <i>Владеет:</i> навыками применения различного инструментария в проектной деятельности; навыками командной работы в проектах.	
Раздел 2. Планирование проекта	<i>Знает:</i> теоретические основы и понятийный аппарат дисциплины; порядок разработки проектов; процессы и инструменты управления различными функциональными областями проекта. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для разработки и управления проектами; разрабатывать основные документы проекта; производить качественную и количественную оценку рисков проектов; определять эффективность проекта. <i>Владеет:</i> навыками применения различного инструментария в проектной деятельности; навыками командной работы в проектах.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка за зачёт
Раздел 3. Реализация проекта	<i>Знает:</i> теоретические основы и понятийный аппарат дисциплины. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для разработки и управления проектами; разрабатывать основные документы проекта; определять эффективность проекта; проектировать, организовывать процесс управления проектами и контролировать выполнение проекта. <i>Владеет:</i> навыками применения различного инструментария в проектной деятельности; навыками работы с национальными и международными стандартами в области управления проектами; навыками командной работы в проектах.	Оценка за контрольную работу №3 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка за зачёт

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата,

программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Управление проектами при трансфере технологий»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Масштабирование и трансфер технологий с учетом
энергоресурсосбережения»**

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена зав. кафедрой химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., профессором Меньшутиной Н.В., к.т.н., доцентом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга Лебедевым А.Е.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области «Математика», «Информатика», «Физическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология» и аналогичных дисциплин.

Цель дисциплины «Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения» – изучение методов масштабирования и способов трансфера технологий химической промышленности.

Задачи дисциплины:

- изучение методов моделирования аппаратов и технологических схем;
- изучение общих понятий теории размерности и подобия, способов применения методов моделирования для разработки аппаратов;
- изучение основ синтеза и анализа химико-технологических систем (ХТС).

Дисциплина **«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований по ресурсосбережению и повышению эффективности в области профессиональной деятельности.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	- Химическое, химико-технологическое производство	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме	ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»,

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации		утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).			Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР.	Профессиональный стандарт 40.206 «Специалист по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2020 года № 577н.
			ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.	Обобщенная трудовая функция В. Разработка продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства. В /03.7. Поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.	ПК-5 разработана на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими
			ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.	работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.
			ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- математические модели типовых процессов химической технологии;
- современные методы компьютерного моделирования для разработки аппаратов и технологических схем;
- основные соотношения для расчета гидродинамики, тепло- и массопереноса в различных химико-технологических процессах;
- общие понятия теории размерности и подобия;
- основы синтеза и анализа химико-технологических систем (ХТС).

Уметь:

- применять современные методы компьютерного моделирования для разработки нового оборудования и технологических схем;
- рассчитывать материальные и энергетические балансы ХТС;
- рассчитывать себестоимость и применять ее как критерий оценки экономической эффективности производства;
- применять основные критерии подобия для масштабирования аппаратов.

Владеть:

- навыками использования современных методов компьютерного моделирования;
- навыками составления технологической схемы производства и расчета ее материальных и энергетических балансов, экономической эффективности.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	12,75
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	3,06	110	82,5
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Раздел 1. Методы моделирования аппаратов и технологических систем.	48	5	5	38
1.1	Типовые модели аппаратов	22	2	2	18
1.2	Моделирование гидродинамики, тепло- и массопереноса в различных химико-технологических процессах	26	3	3	20
2.	Раздел 2. Общие понятия теории размерности и подобия, применение методов компьютерного моделирования для расчета аппаратов.	48	6	6	36
2.1	Теория размерности и подобия	23	3	3	17
2.2	Применением методов компьютерного моделирования для расчета различного химико-технологического оборудования	25	3	3	19
3.	Раздел 3. Основы синтеза и анализа химико-технологических систем (ХТС).	48	6	6	36
3.1	Основы синтеза и анализа ХТС	20	2	2	16
3.2	Расчет экономической эффективности производства	14	2	2	10
3.3	Рассмотрение масштабирования на примере разработки промышленного производства	14	2	2	10
	ИТОГО	144	17	17	110

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Методы моделирования аппаратов и технологических систем.

В разделе 1 рассматриваются типовые математические модели аппаратов и современные методы компьютерного моделирования. Будут изучены основные соотношения для расчета гидродинамики, тепло- и массопереноса в различных химико-технологических процессах.

Раздел 2. Общие понятия теории размерности и подобия, применение методов компьютерного моделирования для расчета аппаратов.

В разделе 2 изучаются основные понятия теории размерности и подобия. Будет рассмотрены примеры их использования при разработке промышленного оборудования. Будут применены методы компьютерного моделирования для расчета различного технологического оборудования.

Раздел 3. Основы синтеза и анализа химико-технологических систем (ХТС).

В разделе 3 рассматриваются основы синтеза и анализа химико-технологических систем. Будут рассмотрены принципы расчёта материальных и энергетических балансов ХТС. Будут рассмотрены способы рассчитывать себестоимость и применять ее как критерий оценки экономической эффективности производства.

Заключение. В заключении подводятся итоги курса и инструктаж слушателей по подготовке к итоговой аттестации и ее прохождению.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать:				
1	математические модели типовых процессов химической технологии.	+			
2	современные методы компьютерного моделирования для разработки аппаратов и технологических схем.	+			
3	основные соотношения для расчета гидродинамики, тепло- и массопереноса в различных химико-технологических процессах.		+		
4	общие понятия теории размерности и подобия.		+		
5	основы синтеза и анализа химико-технологических систем (ХТС).			+	
	Уметь:				
6	применять современные методы компьютерного моделирования для разработки нового оборудования и технологических схем.	+	+		
7	рассчитывать материальные и энергетические балансы ХТС.			+	
8	рассчитывать себестоимость и применять ее как критерий оценки экономической эффективности производства.			+	
9	применять основные критерии подобия для масштабирования аппаратов.		+		
	Владеть:				
10	навыками использования современных методов компьютерного моделирования.	+	+	+	
11	навыками составления технологической схемы производства и расчета ее материальных и энергетических балансов, экономической эффективности.			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
12	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области	ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения	+		+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	научных исследований по ресурсосбережению и повышению эффективности в области профессиональной деятельности.			
13	ПК-2 Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.	ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации.	+	+	+
14	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	+	+	+
15	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР.		+	+
16	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.		+	+
17	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их		+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.			
18	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.		+	+
19	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.	+	+	+
20	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.		+	+
21	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Применение типовых моделей аппаратов	2
2	1	Моделирование гидродинамики, тепло- и массопереноса с применением вычислительной гидродинамики	3
3	2	Теория размерности и подобия в химической технологии	3
4	2	Расчет химико-технологического оборудования с применением методов компьютерного моделирования	3
5	3	Основы синтеза ХТС	2
6	3	Основы расчета экономической эффективности производства	2
7	3	Применение изученных подходов для масштабирования процесса сверхкритической сушки	2

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»**, а также способствует приобретению практических навыков в области масштабирования и трансфера технологий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 30 баллов (максимально 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины **«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»** предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 110 акад. ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачет с оценкой (2 семестр) и лабораторного практикума (2 семестр) по дисциплине **«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»**.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Дисциплиной *«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»* не предусмотрено выполнение реферативно-аналитической работы.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 30 баллов, что составляет по 10 баллов за каждую работу. 30 баллов отводится на лабораторные работы.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Приведите описание модели идеального смешения.
2. Приведите описание модели идеального вытеснения.

Вопрос 1.2.

1. Приведите уравнения для описания движения несжимаемой вязкой жидкости.
2. Приведите подробное описание метода конечных объемов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Перечислите, запишите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критерии подобия массообменных процессов.
2. Перечислите, запишите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критерии подобия теплообменных процессов.

Вопрос 2.2.

1. Предложите концепцию для расчета и увеличения эффективности процесса жидкостной экстракции в насадочной колонне с применением методов компьютерного моделирования.
2. Предложите концепцию для расчета и увеличения эффективности процесса тепловой сушки в ленточной сушилке с применением методов компьютерного моделирования.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Перечислите методы синтеза ХТС и дайте их описание.
2. Приведите пример синтеза ХТС.

Вопрос 3.2.

1. Перечислите основные вклады в себестоимость продукции химико-технологического производства.

2. Приведите пример расчета себестоимости.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3 Структура и пример билетов для зачета с оценкой (2 семестр)

Зачет с оценкой по дисциплине *«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»* проводится в 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

1. Приведите описание модели идеального смешения.
2. Перечислите, запишите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критерии подобия массообменных процессов.
3. Перечислите основные типовые модели аппаратов и приведите их математическую запись.
4. Перечислите, приведите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критериев подобия массообменных процессов.
5. Перечислите, приведите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критериев подобия теплообменных процессов.
6. Перечислите, приведите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критериев подобия гидродинамических процессов.
7. Приведите математическую запись системы уравнений для предсказания движения идеальной несжимаемой жидкости.
8. Приведите математическую запись системы уравнений для предсказания движения вязкой несжимаемой жидкости.
9. Приведите расчет материального баланса на примере процесса сверхкритической сушки.
10. Приведите расчет энергетического баланса на примере процесса сверхкритической сушки.
11. Перечислите различные типы затрат, которые входят в расчет себестоимости. Приведите пример расчета себестоимости единицы производимой продукции на произвольном примере.
12. Составьте технологическую схему химико-технологического производства, которая будет включать как основное оборудование, так и вспомогательное.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (2 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине *«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»* проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 15 баллов, второй – 25 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю»
зав. кафедрой ХФИ

____ Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И.О. Фамилия)
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга
18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»
Масштабирование и трансфер технологий с учетом
энергоресурсосбережения

Билет № 1

1. Приведите описание модели идеального смешения
2. Перечислите, запишите математическую запись, опишите физический смысл и возможности применения критерии подобия массообменных процессов

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Меньшутина Н.В., Матасов А.В. Современные информационные системы хранения, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Менделеева, 2011. – 308 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды В 2-х т. М.: Наука, 1970. – 552 с.
3. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.– 640 с.
4. Флетчер К. Вычислительные методы в динамики жидкостей. В 2-х т. М.: Мир, 1991. – 552 с.
5. М. Молчанов, М.А. Щербаков, Д.С. Янышев, М.Ю. Куприков, Л.В. Быков. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники. – М.: МАИ, 2013. – 260 с.
6. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. - М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.

Б. Дополнительная литература

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. В 2 т. Т. 1. – М.: Наука. – 1987.
2. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир. – 1980. – 618 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN 0040-3571.
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 2713-2854.
- Журнал «Chemical Engineering Journal» ISSN 1385-8947.
- Журнал «Nature Reviews Chemistry» ISSN 2397-3358.

- Журнал «ACS Sustainable Chemistry & Engineering» ISSN 2168-0485.
- Журнал «Nature Reviews Chemistry» ISSN 2397-3358.
- Журнал «Computer Aided Chemical Engineering» ISSN 1570-7946.
- Журнал «Theoretical and Computational Fluid Dynamics» ISSN 0935-4964.
- Журнал «Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering» ISSN 0045-7825.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
- Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com>.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 30);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 30).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»* проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины *«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»* имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis Asg500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерской программе *«Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»*, имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные

учебные издания по дисциплинам вариативной части, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых в центре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 ProfessionalGet Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022, Лицензия антивируса (продление на 1 год)	-	29.08.2023

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Методы моделирования аппаратов и технологических систем	<i>Знает:</i> математические модели типовых процессов химической технологии; современные методы компьютерного моделирования для разработки аппаратов и технологических схем. <i>Умеет:</i> применять современные методы компьютерного моделирования для разработки нового оборудования и технологических схем. <i>Владеет:</i> навыками использования современных методов компьютерного моделирования.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за лабораторную работу №1 Оценка за зачёт с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 2. Общие понятия теории размерности и подобия, применение методов компьютерного моделирования для расчета аппаратов	<i>Знает:</i> основные соотношения для расчета гидродинамики, тепло- и массопереноса в различных химико-технологических процессах; общие понятия теории размерности и подобия. <i>Умеет:</i> применять современные методы компьютерного моделирования для разработки нового оборудования и технологических схем; применять основные критерии подобия для масштабирования аппаратов. <i>Владеет:</i> навыками использования современных методов компьютерного моделирования.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за лабораторную работу №2 Оценка за зачёт с оценкой
Раздел 3. Основы синтеза и анализа химико-технологических систем	<i>Знает:</i> основы синтеза и анализа химико-технологических систем (ХТС). <i>Умеет:</i> рассчитывать материальные балансы ХТС; рассчитывать себестоимость и применять ее как критерий оценки экономической эффективности производства. <i>Владеет:</i> навыками составления технологической схемы производства и расчета ее материальных и энергетических балансов, экономической эффективности.	Оценка за контрольную работу №3 Оценка за лабораторную работу №3 Оценка за зачёт с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Масштабирование и трансфер технологий с учетом энергоресурсосбережения»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная**

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с
учётом ресурсосбережения»**

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена: зав. кафедрой химического и фармацевтического инжиниринга,
д.т.н., профессором Н.В. Меньшутиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и
фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г.,
протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающийся имеет теоретическую и практическую подготовку в области математики, информатики, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии и аналогичных дисциплин.

Цель дисциплины **«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»** – изучение классических и инновационных фармацевтических технологий, способов получения и требований к наночастицам как средству доставки лекарственных веществ и как новых форм лекарственных препаратов.

Задачи дисциплины:

- изучение классификации и свойств твёрдых, мягких, жидких и газообразных лекарственных форм;
- приобретение базовых теоретических знаний и навыков в области получения и исследования лекарственных форм.

Цель и задачи дисциплины достигаются с помощью:

- понимания тенденций создания новых лекарственных препаратов в виде твердых, мягких, жидких и газообразных лекарственных форм;
- изучения классического оборудования, используемого в фармацевтических процессах и инновационных методов диагностики;
- ознакомления с правилами организации производства и контроля качества лекарственных средств и системами водо- и воздухоподготовки.

Дисциплина **«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»** преподаётся в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности. ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и		ПК-4 Способен осуществлять поиск и	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации	Профессиональный стандарт 40.206 «Специалист по

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	технологического оборудования в рамках НИР.	управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2020 года № 577н. Обобщенная трудовая функция В. Разработка продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства. В /03.7. Поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач (уровень квалификации – 7).
			ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.	
			ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.	
Выполнение фундаментальных и прикладных работ	– Химическое, химико-	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.	ПК-5 разработана на основе анализа требований к профессиональным

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.	компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.
			ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.	
			ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классические фармацевтические технологии и оборудование;
- нанотехнологии и оборудование для фармацевтики.

Уметь:

- описать работу оборудования;
- рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы.

Владеть:

- методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения;
- методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,94	34	25,5
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	3,12	112	84
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Раздел 1. Основные классификации и понятия технологии лекарственных форм	20	5	—	15
1.1	Системы классификации лекарственных средств, лекарственных форм, вспомогательных веществ. Требования, предъявляемые к вспомогательным веществам, и их влияние на эффективность и качество лекарственных препаратов	7	2	—	5
1.2	Бизнес-модели производства и их организация. Перспективы и принципы развития технологии производства лекарственных средств	7	2	—	5
1.3	Основы биофармации	6	1	—	5
2.	Раздел 2. Основные классификации видов твёрдых лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	72	10	21	41
2.1	Порошки как лекарственная форма. Технологии и оборудование для производства порошков. Технологические свойства порошкообразных лекарственных препаратов	16	1	7	8
2.2	Таблетки как лекарственная форма. Основные требования, предъявляемые к таблеткам. Вспомогательные вещества и наполнители	7	2	—	5
2.3	Технологическая схема процесса таблетирования. Стадии процесса таблетирования и таблеточные машины	14,5	1,5	7	6

№	Раздел дисциплины	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
2.4	Основные стадии и механизм процессов сухого и влажного гранулирования. Оборудование для гранулирования и сравнение различных типов	6	2	—	4
2.5	Покрывание таблеток оболочками. Типовое оборудование для нанесения покрытий	20	1	7	12
2.6	Фасовка, упаковка и маркировка таблеток. Применяемое оборудование	4	1	—	3
2.7	Капсулы и капсулированные лекарства. Технологическая схема производства	4,5	1,5	—	3
3.	Раздел 3. Основные виды мягких, жидких и газообразных лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	36	8	7	21
3.1	Мази. Стадии технологического процесса производства мазей. Применяемое оборудование	5	2	—	3
3.2	Суппозитории. Способы получения и технологическое оборудование для производства суппозиторий	4,5	1,5	—	3
3.3	Эмульсии. Агрегативная устойчивость эмульсии и механизм эмульгирования. Способы приготовления эмульсий. ПАВ в лекарственных средствах	17	1	7	9
3.4	Суспензии. Свойства и условия стабильности суспензий. Методы приготовления суспензий	6	2	—	4
3.5	Классификация аэрозолей и виды аэрозольных систем. Стадии производства аэрозольных лекарственных форм и технологическая линия наполнения аэрозольных баллонов	3,5	1,5	—	2

№	Раздел дисциплины	Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
4.	Раздел 4. Системы водо- и воздухоподготовки	37	5	6	26
4.1	Требования к качеству воды и воздуха, используемых на фармацевтических предприятиях	9	1	—	8
4.2	Требования по обеспечению производственных помещений чистым воздухом, оборудование для очистки воздуха	10	2	—	8
4.3	Классификация типов воды для фармацевтических нужд, основные способы очистки воды и примеры соответствующего оборудования	18	2	6	10
5.	Раздел 5. Контроль качества и аналитические системы на фармацевтических предприятиях	15	6	—	9
5.1	Методы контроля сырья, процессов, готовых лекарственных форм. Нормы, предъявляемые к качеству лекарственных препаратов. Группы показателей качества и аналитическое оборудование для оценки качества	5	2	—	3
5.2	Микрофлюидика. Основные понятия и микрофлюидные аналитические системы	5	2	—	3
5.3	Характеристики основных правил GMP. Положения GMP-стандартов и основные требования, предъявляемые к фармацевтическому производству	5	2	—	3
	ИТОГО	180	34	34	112

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные классификации и понятия технологии лекарственных форм.

1.1 Системы классификации лекарственных средств, лекарственных форм, вспомогательных веществ. Требования, предъявляемые к вспомогательным веществам, и их влияние на эффективность и качество лекарственных препаратов.

1.2 Бизнес-модели производства и их организация. Перспективы и принципы развития технологии производства лекарственных средств.

1.3 Основы биофармации.

Раздел 2. Основные классификации видов твёрдых лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства.

2.1 Порошки как лекарственная форма. Технологии и оборудование для производства порошков. Технологические свойства порошкообразных лекарственных препаратов.

2.2 Таблетки как лекарственная форма. Основные требования, предъявляемые к таблеткам. Вспомогательные вещества и наполнители.

2.3 Технологическая схема процесса таблетирования. Стадии процесса таблетирования и таблеточные машины.

2.4 Основные стадии и механизм процессов сухого и влажного гранулирования. Оборудование для гранулирования и сравнение различных типов.

2.5 Покрывание таблеток оболочками. Типовое оборудование для нанесения покрытий.

2.6 Фасовка, упаковка и маркировка таблеток. Применяемое оборудование.

2.7 Капсулы и капсулированные лекарства. Технологическая схема производства.

Раздел 3. Основные виды мягких, жидких и газообразных лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства.

3.1 Мази. Стадии технологического процесса производства мазей. Применяемое оборудование.

3.2 Суппозитории. Способы получения и технологическое оборудование для производства суппозитория.

3.3 Эмульсии. Агрегативная устойчивость эмульсии и механизм эмульгирования. Способы приготовления эмульсий. ПАВ в лекарственных средствах.

3.4 Суспензии. Свойства и условия стабильности суспензий. Методы приготовления суспензий.

3.5 Классификация аэрозолей и виды аэрозольных систем. Стадии производства аэрозольных лекарственных форм и технологическая линия наполнения аэрозольных баллонов.

Раздел 4. Системы водо- и воздухоподготовки.

4.1 Требования к качеству воды и воздуха, используемых на фармацевтических предприятиях.

4.2 Требования по обеспечению производственных помещений чистым воздухом, оборудование для очистки воздуха.

4.3 Классификация типов воды для фармацевтических нужд, основные способы очистки воды и примеры соответствующего оборудования.

Раздел 5. Контроль качества и аналитические системы на фармацевтических предприятиях.

5.1 Методы контроля сырья, процессов, готовых лекарственных форм. Нормы, предъявляемые к качеству лекарственных препаратов. Группы показателей качества и аналитическое оборудование для оценки качества.

5.2 Микрофлюидика. Основные понятия и микрофлюидные аналитические системы.

5.3 Характеристики основных правил GMP. Положения GMP-стандартов и основные требования, предъявляемые к фармацевтическому производству.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	<i>Знать:</i>						
1	классические фармацевтические технологии и оборудование			+	+	+	+
2	нанотехнологии и оборудование для фармацевтики		+	+	+	+	+
	<i>Уметь:</i>						
3	описать работу оборудования		+	+	+	+	+
4	рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы			+	+		
	<i>Владеть:</i>						
5	методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения		+	+			+
6	методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ			+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
7	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности.	+	+	+	+	+
8	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
9	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР.		+	+	+	+
10	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.		+	+	+	+
11	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.		+	+	+	
12	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.		+	+	+	
13	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.		+	+	+	
14	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек		+	+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
		при решении научно-исследовательских задач.					
15	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.		+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

Практические занятия по дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»* не предусмотрены.

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»*, а также дает знания о получении, свойствах и применении твердых и жидких лекарственных форм, а также системах подготовки воды на производстве.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 10 баллов за 1-3 работы и по 5 баллов за 4-5 работы). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2.1	Получение твёрдых лекарственных форм. Проверка на растворение и механическую прочность	7
2	2.3	Сублимационная сушка	7
3	2.5	Распылительная сушка. Сушка в псевдоожиженном слое	7
4	3.3	Биореакторы, их типы и принцип действия	7
5	4.3	Водоподготовка	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»* предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 112 акад. ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно- библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой (3 семестр) и лабораторного практикума (3 семестр) по дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»*.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Для текущего контроля не предусмотрено реферативно-аналитической работы по дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»*.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по разделам 1-2 и 4). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет по 10 баллов за каждую. 40 баллов отводятся на лабораторные работы.

Разделы 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе №1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Классификация вспомогательных веществ в зависимости от влияния на физико-химические характеристики и фармакокинетику.
2. Распылительная сушка для получения порошковых композиций: стадии, теоретические основы, технологическая схема, применяемое оборудование.
3. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование.
4. Что такое фармацевтическое и лекарственное средство, лекарственная форма, лекарственный препарат?
5. Наноразмерные системы доставки лекарственных средств, их характеристики.
6. Алгоритм «открытия» новых лекарственных веществ.
7. Что такое фармакокинетика? Как влияет размер частиц?
8. Основные типы оборудования для нанесения покрытий.
9. Перечислить аналитическое оборудование, оценивающее качество таблетки.
10. Основные типы таблеточных прессов.

Вопрос 1.2

1. Таблетка "А" является противовоспалительным препаратом и применяется для детей. В качестве активного вещества в таблетке используется меглюмина акридонатацетат, занимающий X% от всей массы таблетки. Какие вспомогательные вещества нужно добавить в таблетку и в каком количестве, учитывая, что масса одной таблетки "А" составляет Y мг. Укажите для чего нужны, приведённые вами, вспомогательные вещества? (Значения X и Y соответствуют варианту)
2. Таблетка активированного угля, массой X мг, содержит Y мг активного вещества. Что следует добавить в качестве вспомогательных веществ? Какое процентное содержание активного вещества и вспомогательных веществ в таблетке? Для чего нужны, приведенные вами, вспомогательные вещества? (Значения X и Y соответствуют варианту)

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе №2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.
2. Классификация типов воды для фармацевтических целей.

3. Какие статьи приведены в Американской, Европейской и Российской Фармакопеях?
4. Что такое «вода для инъекций», как и для чего ей получают?
5. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.
6. Что такое «вода высокоочищенная», как и для чего ей получают?
7. Что такое «вода питьевая», как и для чего ей получают?
8. Что такое «вода умягчённая», как и для чего ей получают?
9. Что такое «чистый пар», как и для чего ей получают?
10. Вода в производстве активного вещества.

Вопрос 1.2

1. Технология получения X. Описать стадии водоподготовки, технологию получения, стадии розлива и упаковки/маркировки. Определить класс чистоты помещений для отдельных операций. (X соответствует варианту).
2. Предложить и обосновать состав X. Описать полностью технологию и оборудование для каждой стадии. Выбрать таблеточные прессы. Обосновать выбранную производительность. Определить классы чистоты помещений. (X соответствует варианту).

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

Максимальное количество баллов за *зачёт с оценкой* (3 семестр) – 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 20 баллов.

1. Классификация твердых лекарственных форм.
2. Классификация лекарственных средств, вспомогательных веществ, лекарственных форм.
3. Определение фармакокинетики и фармакодинамики.
4. Алгоритм «открытия» новых лекарственных веществ.
5. Стадии подготовки сырья для производства таблеток.
6. Виды смесителей. Привести факторы, от которых зависят скорость и степень перемешивания.
7. От каких факторов зависит степень и скорость смешивания?
8. От каких параметров зависит точность дозирования?
9. Сита, их назначение и конструкции.
10. Сухая и влажная грануляция. Применяемое оборудование.
11. Какова функция гранулирующей жидкости при осуществлении процесса влажной грануляции и механизм ее действия?
12. На что влияют вспомогательные вещества?
13. Каков механизм действия разрыхляющих веществ?
14. Таблеточные прессы, их разновидности.
15. Как влияет применение высокого давления при прессовании и чем его можно компенсировать?
16. Классификация порошков, способы их получения.

17. Установки для фильтрации и стерилизации воздуха.
18. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.
19. Классы помещений, примеры.
20. Типы сушек, применяемых в фармацевтическом производстве. Основное оборудование.
21. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.
22. Распылительная сушка для получения порошковых композиций: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.
23. Оборудование для нанесения покрытий на таблетки, пеллеты, гранулы.
24. Что такое пеллетирование обкатыванием?
25. Как осуществляется процесс опудривания гранулята?
26. Капсулы, оборудование для изготовления капсул.
27. Классификация мягких лекарственных форм.
28. Основное оборудование для выпуска и фасовки мягких лекарственных форм.
29. Технологии и оборудование для получения суппозиторий.
30. Классификация жидких лекарственных форм.
31. Технологии и оборудование для получения жидких лекарственных форм.
32. Газообразные лекарственные формы. Преимущества и недостатки.
33. Технологии и оборудование для получения газообразных лекарственных форм.
34. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества твердых лекарственных форм.
35. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества мягких лекарственных форм.
36. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества газообразных лекарственных форм.
37. Аналитическое оборудование, используемое для оценки качества жидких лекарственных форм.
38. Микрофлюидные технологии. Использование в фармацевтике. Принцип работы оборудования.
39. Основные положения системы обеспечения качества лекарственных средств.
40. Надлежащая лабораторная практика (GLP).
41. Надлежащая клиническая практика (GCP).
42. Надлежащая производственная практика (GMP).
43. Надлежащая практика хранения (GSP).
44. Надлежащая практика дистрибуции (GDP).
45. Надлежащая аптечная практика (GPP).
46. Виды контроля качества лекарственных средств на промышленных предприятиях.
47. Государственные стандарты качества лекарственных средств.
48. Биодоступность лекарственных средств, биоэквивалентность.
49. Методы исследования лекарственных средств.
50. Аналитические методы исследования лекарственных средств.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и пример билетов для зачёта с оценкой (3 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»* проводится в 3 семестре

и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

*«Утверждаю»
зав. кафедрой ХФИ*

*Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации*

____ Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И.О. Фамилия)

**Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева**

«__» _____ 20__ г.

**Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга
Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и
ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»
Дисциплина «Технологии и оборудование химико-
фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»**

Билет № 1

1. Классификация лекарственных средств, вспомогательных веществ, лекарственных форм.
2. Какова функция гранулирующей жидкости при осуществлении процесса влажной грануляции и механизм ее действия?
3. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.1. – М.: Издательство БИНОМ, 2012 – 328 с.
2. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В., Гордиенко М.Г., Гусева Е.В., Троянкин А.Ю. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.2. – М.: Издательство БИНОМ, 2013 – 480 с.

Б. Дополнительная литература

1. Мишина Ю.В., Меньшутина Н.В. Технологии и оборудование для производства твердых лекарственных форм (Часть 1): учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 148 с.
2. Мишина Ю.В., Меньшутина Н.В. Технологии и оборудование для производства твердых лекарственных форм (Часть 2): учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 152 с.
3. Алвес С.В., Меньшутина Н.В. Промышленное производство мягких лекарственных форм: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 220 с.

4. Гусева Е.В., Меньшутина Н.В. Системы подготовки воздуха и воды на фармацевтических предприятиях: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 116 с.
5. Гордиенко М.Г., Меньшутина Н.В. Контроль качества на фармацевтических предприятиях, аналитическое оборудование: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 92 с.
6. Гусева Е.В., Троянkin А.Ю., Меньшутина Н.В. Организация чистых помещений. Применение изоляторных технологий: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 56 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Фармация» ISSN 0367-3014 (Print).
- Журнал «Химико-фармацевтический журнал». ISSN 0023-1134 (Print).
- Журнал «Аналитика» ISSN 2227-572X (Print).
- Журнал «Фармация и фармакология» ISSN 2307-9266 (Print). ISSN 2413-2241(Online).
- Journal of Pharmaceutical Research International ISSN 2456-9119 (Print). ISSN 2231-2919 (Online).
- Pharmaceutical Chemistry Journal ISSN 0091-150X (Print). ISSN 1573-9031 (Online).
- Журнал «Российские нанотехнологии» ISSN 1992-7223 (Print) ISSN 1992-4068 (Online).
- Журнал «Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век». ISSN 2225-0980 (Print).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс] <http://www.nanojournal.ru>
- Наномир - интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс] <http://www.miracle-uni.ru>
- Журнал «Nature Nanotechnology» 1748-3387 (Print) and 1748-3395 (Online).
- Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN: 0022-3093 (Print).
- Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Каталог оборудования компании Glatt. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.glatt.com/ru/kompanija/> (дата обращения: 07.04.2024).
2. Каталог оборудования компании Büchi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.buchi.com/ru-ru> (дата обращения: 07.04.2024).

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 15;
- конспекты лекций в формате *.pdf – 15;
- банк вариантов контрольных работ – 50;
- банк вариантов лабораторных работ – 50;
- банк билетов для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой) – 50;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»* проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis A5g500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерской программе *«Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»*, имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для реализации дисциплины *«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом ресурсосбережения»* на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для

магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Контракт № 72-99ЭА/2022 от 29.08.2022, Лицензия антивируса (продление на 1 год)	-	29.08.2023

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные классификации и понятия технологии лекарственных форм	<i>Знает:</i> нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования. <i>Владеет:</i> методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения.	Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 2. Основные классификации видов твёрдых лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования; рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы. <i>Владеет:</i> методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения; методиками получения аэрогелей	Оценка за лабораторные работы №1, 2, 3 Оценка за контрольную работу №1 Оценка на зачёте с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	и загрузки в них активных фармацевтических веществ.	
Раздел 3. Основные виды мягких, жидких и газообразных лекарственных форм. Технологии и оборудование для производства	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования; рассчитать материальные балансы для оборудования, подобрать режимы работы. <i>Владеет:</i> методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ.	Оценка за лабораторную работу №4 Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 4. Системы водо- и воздухоподготовки	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования. <i>Владеет:</i> методиками получения аэрогелей и загрузки в них активных фармацевтических веществ.	Оценка за лабораторную работу №5 Оценка за контрольную работу №2 Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 5. Контроль качества и аналитические системы на фармацевтических предприятиях	<i>Знает:</i> классические фармацевтические технологии и оборудование; нанотехнологии и оборудование для фармацевтики. <i>Умеет:</i> описать работу оборудования. <i>Владеет:</i> методиками проведения таблетирования и анализа состава полученной таблетки с помощью прибора Sotax для растворения.	Оценка на зачёте с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности

образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Технологии и оборудование химико-фармацевтических производств с учётом
ресурсосбережения»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Сверхкритические технологии в промышленности»**

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена зав. кафедрой химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., профессором Меньшутиной Н.В., к.т.н., доцентом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга П.Ю. Цыганковым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол № 12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Сверхкритические технологии в промышленности»** относится к вариативной части учебного плана, является дисциплиной по выбору и рассчитана на изучение в 3 семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области процессов и аппаратов химической технологии, математики, информатики, физической химии, общей химической технологии.

Цель дисциплины «Сверхкритические технологии в промышленности» – изучение основных процессов и аппаратов для получения и обработки материалов различной природы и свойств с использованием сверхкритических флюидов в промышленности, а также ознакомление с основными подходами к моделированию данных систем.

Задачи дисциплины:

- изучение сверхкритического состояния вещества и свойств сверхкритических флюидов, а также смесей на их основе;
- изучение современных технологий получения и обработки материалов с использованием сверхкритических флюидов;
- изучение конструкций и принципов работы ёмкостного оборудования высокого давления;
- изучение конструкций и принципов работы оборудования для создания давления при нормальных и высоких температурах;
- ознакомление с контрольно-измерительными приборами для работы при высоких и сверхвысоких давлениях;
- изучение методик исследования фазовых равновесий при высоких давлениях;
- ознакомление с подходами и методами моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий.

Дисциплина **«Сверхкритические технологии в промышленности»** читается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности. ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	– Химическое, химико-технологическое	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР.	Профессиональный стандарт 40.206 «Специалист по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.	технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2020 года № 577н. Обобщенная трудовая функция В. Разработка продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства. В /03.7. Поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач (уровень квалификации – 7).
			ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.	
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.	ПК-5 разработана на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими
			ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.	работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.
			ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные типы процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов;
- основные типы, конструкции и характеристики технологического оборудования для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов;
- физические основы сверхкритических флюидов, позволяющие предсказывать свойства чистых сверхкритических флюидов, а также смесей на их основе;
- типы, конструкции и особенности вспомогательного технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов для систем, работающих под высоким и сверхвысоким давлением;
- методики исследования фазовых равновесий при высоких давлениях в системах различной природы;
- методы и подходы к моделированию процессов и аппаратов сверхкритических технологий.

Уметь:

- выбирать оборудование для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов;
- рассчитывать параметры и режимы работы основного и вспомогательного оборудования сверхкритических технологий;
- проводить исследования фазовых равновесий систем различной природы при высоких давлениях;
- комплектовать установки, работающие при высоких давлениях, запорно-регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами;
- использовать современные аналитические методы для исследования свойств сверхкритических флюидов;
- выбирать наиболее подходящие методы и инструменты для моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий.

Владеть:

- основами процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов;
- современным инструментарием разработки и создания оборудования сверхкритических технологий;
- основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов;
- современными знаниями в области сверхкритических флюидов и смесей на их основе.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	5	180	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	68	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	12,75
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	2,59	112	69,75

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	ПЗ	ЛР	СР
	Введение	1	0,5	0,5	—	—
1	Раздел 1. Сверхкритическое состояние вещества	14	2	2	—	10
1.1	Фазовые состояния	7	1	1	—	5
1.2	Сверхкритическое состояние вещества	7	1	1	—	5
2	Раздел 2. Сверхкритические технологии получения монолитных и жидких материалов	14	2	2	—	10
2.1	Технологии и физические основы получения монолитных и жидких материалов с использованием сверхкритических флюидов	7	1	1	—	5
2.2	Аппаратурное оформление технологий получения монолитных и жидких материалов с использованием сверхкритических флюидов	7	1	1	—	5
3	Раздел 3. Сверхкритические технологии получения дисперсных материалов	22	2	2	8	10
3.1	Технологии и физические основы получения дисперсных материалов с использованием сверхкритических флюидов	15	1	1	8	5
3.2	Аппаратурное оформление технологий получения дисперсных материалов с использованием сверхкритических флюидов	7	1	1	—	5
4	Раздел 4. Ёмкостные аппараты высокого давления для сверхкритических технологий	14	2	2	—	10
4.1	Основные типы и конструкции ёмкостных аппаратов высокого давления	7	1	1	—	5
4.2	Конструкционные материалы, применяемые для работы при высоких и сверхвысоких давлениях	7	1	1	—	5
5	Раздел 5. Контрольно-измерительные приборы для процессов, протекающих при высоких и сверхвысоких давлениях	15	1,5	1,5	—	12
5.1	Методы измерения высоких и сверхвысоких давлений	5	0,5	0,5	—	4
5.2	Измерение и регулировка расхода сжатой среды	5	0,5	0,5	—	4
5.3	Измерение температуры при высоком давлении	5	0,5	0,5	—	4

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	ПЗ	ЛР	СР
6	Раздел 6. Вспомогательное оборудование и детали установок сверхкритических технологий	16	2	2	—	12
6.1	Методы создания давления при нормальных и высоких температурах	4	0,5	0,5	—	3
6.2	Нагревание при высоких давлениях	4	0,5	0,5	—	3
6.3	Запорно-регулирующая арматура установок высокого давления	4	0,5	0,5	—	3
6.4	Перемешивание и циркуляция под давлением	4	0,5	0,5	—	3
7	Раздел 7. Аналитические методы исследования систем при высоких давлениях	20	2,5	2,5	—	15
7.1	Методики исследований фазовых равновесий при высоких давлениях	4	0,5	0,5	—	3
7.2	Методы отбора проб и методы анализа	4	0,5	0,5	—	3
7.3	Определение сжимаемости газов и жидкостей	4	0,5	0,5	—	3
7.4	Методика измерения поверхностного натяжения на границе жидкость – газ	4	0,5	0,5	—	3
7.5	Оптические, рентгеновские и иные спектральные методы, электрические измерения	4	0,5	0,5	—	3
8	Раздел 8. Инструменты и методы моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий	28	2,5	2,5	9	14
8.1	Особенности моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий	3	0,5	0,5	—	2
8.2	Современные инструменты моделирования	3	0,5	0,5	—	2
8.3	Мультимасштабные подходы к моделированию	3	0,5	0,5	—	2
8.4	Моделирование многофазных систем при высоких давлениях	9,5	0,5	0,5	4,5	4
8.5	Модели турбулентных течений	9,5	0,5	0,5	4,5	4
	ИТОГО	144	17	17	17	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Краткий исторический очерк развития сверхкритических технологий и методов исследований систем при высоких и сверхвысоких давлениях. Современные области применения сверхкритических технологий. Цели и задачи дисциплины. Основные понятия и определения.

Раздел 1. Сверхкритическое состояние вещества. Что такое сверхкритическое состояние вещества. Фазовые диаграммы. Критическая точка. Свойства сверхкритических флюидов. Вещества, применяемые в качестве сверхкритических растворителей. Уравнения состояния вещества.

Раздел 2. Сверхкритические технологии получения монолитных и жидких материалов. Классификация технологий получения монолитных и жидких материалов. Основные конструкции технологических аппаратов и типовые технологические схемы. Режимы работы оборудования. Физические основы сверхкритических процессов получения монолитных и жидких материалов.

Раздел 3. Сверхкритические технологии получения дисперсных материалов. Классификация технологий получения дисперсных материалов. Основные конструкции технологических аппаратов и типовые технологические схемы. Режимы работы оборудования. Физические основы сверхкритических процессов получения дисперсных материалов.

Раздел 4. Ёмкостные аппараты высокого давления для сверхкритических технологий. Основные типы и конструкции ёмкостных аппаратов высокого давления. Конструкционные материалы, применяемые для работы при высоких и сверхвысоких давлениях.

Раздел 5. Контрольно-измерительные приборы для процессов, протекающих при высоких и сверхвысоких давлениях. Методы измерения высоких и сверхвысоких давлений. Измерение и регулировка расхода сжатой среды. Измерение температуры при высоком давлении.

Раздел 6. Вспомогательное оборудование и детали установок сверхкритических технологий. Методы создания давления при нормальных и высоких температурах. Сжатие газов. Сжатие жидкостей и твёрдых тел. Создание высоких давлений с одновременным приложением силы сдвига. Нагревание при высоких давлениях. Сжатие при низких температурах. Запорно-регулирующая арматура установок высокого давления. Затворы лабораторных аппаратов. Перемешивание и циркуляция под давлением. Общее оборудование лабораторий сверхкритических технологий.

Раздел 7. Аналитические методы исследования систем при высоких давлениях. Методики исследований фазовых равновесий при высоких давлениях: система жидкость – газ, система твёрдое тело – жидкость, система газ – газ, система твёрдое тело – газ. Методы отбора проб и методы анализа. Определение сжимаемости газов и жидкостей. Методика измерения поверхностного натяжения на границе жидкость – газ. Оптические, рентгеновские и иные спектральные методы, электрические измерения.

Раздел 8. Инструменты и методы моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий. Особенности моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий. Современные инструменты моделирования. Мультимасштабные подходы к моделированию. Моделирование многофазных систем при высоких давлениях. Модели турбулентных течений.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Раздел дисциплины	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8
	Знать:								
1	основные типы процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов		+	+					
2	основные типы, конструкции и характеристики технологического оборудования для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов		+	+	+				
3	физические основы сверхкритических флюидов, позволяющие предсказывать свойства чистых сверхкритических флюидов, а также смесей на их основе	+	+	+					
4	типы, конструкции и особенности вспомогательного технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов для систем, работающих под высоким и сверхвысоким давлением					+	+		
5	методики исследования фазовых равновесий при высоких давлениях в системах различной природы							+	
6	методы и подходы к моделированию процессов и аппаратов сверхкритических технологий								+
	Уметь:								
7	выбирать оборудование для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов	+	+	+	+				
8	рассчитывать параметры и режимы работы основного и вспомогательного оборудования сверхкритических технологий		+	+	+		+		
9	проводить исследования фазовых равновесий систем различной природы при высоких давлениях	+				+		+	
10	комплектовать установки, работающие при высоких давлениях, запорно-регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами					+			
11	использовать современные аналитические методы для исследования свойств сверхкритических флюидов							+	
12	выбирать наиболее подходящие методы и инструменты для моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий								+
	Владеть:								
13	основами процессов получения и обработки материалов с использованием технологий	+	+	+					

№	Раздел дисциплины		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8
	сверхкритических флюидов									
14	современным инструментарием разработки и создания оборудования сверхкритических технологий					+				+
15	основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов			+	+	+	+	+		
16	современными знаниями в области сверхкритических флюидов и смесей на их основе		+						+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>										
17	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК								
18	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности.					+		+	
19	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.		+	+	+	+	+	+	+
20	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР.		+	+	+	+	+		
21	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.		+	+	+		+		
22	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления	+	+	+	+	+	+	+	+

№	Раздел дисциплины		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8
	подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.								
23	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.		+	+	+		+		
24	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.		+	+	+	+	+		+
25	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.		+	+	+	+	+		+
26	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося
магистратуры в объеме 17 акад. ч.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Решение задач обработки фазовых диаграмм веществ	1,5
	1.2	Расчёт свойств чистых веществ и их смесей с использованием уравнений состояния и правил смешения	1
2	2.1	Расчёт материального и теплового баланса процесса получения монолитных и жидких материалов с использованием сверхкритических флюидов	1
	2.2	Создание технологических схем процесса получения монолитных и жидких материалов с использованием сверхкритических флюидов	1
3	3.1	Расчёт материального и теплового баланса процесса получения дисперсных материалов с использованием сверхкритических флюидов	1
	3.2	Создание технологических схем процесса получения дисперсных материалов с использованием сверхкритических флюидов	1
4	4.1	Расчёт толщины обечайки аппарата высокого давления	1
	4.2	Расчёт предельных напряжений конструкционных материалов	1
5	5.1	Подбор средств измерения давления	0,5
	5.2	Подбор средств измерения расхода	0,5
	5.3	Подбор средств измерения температуры	0,5
6	6.1	Расчёт насоса высокого давления	0,5
	6.2	Расчёт давления в аппарате, создаваемого при нагреве жидких и газообразных сред	0,5
	6.3	Расчёт проходного сечения игольчатого клапана	0,5
	6.4	Расчёт производительности циркуляционного насоса	0,5
7	7.1	Построение процессных кривых на диаграммах фазового состояния	0,5
	7.2	Расчёт конструкции пробоотборного штуцера	0,5
	7.3	Расчёт коэффициентов сжимаемости газов и жидкостей	0,5
	7.4	Расчёт коэффициента поверхностного натяжения по экспериментальным данным	0,5
	7.5	Обработка результатов спектрального анализа	0,5
8	8.1	Построение CAD-модели аппарата	0,5
	8.2	Построение расчётной сетки	0,5
	8.3	Расчёт течения сверхкритического флюида	0,5

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
	8.4	Построение модели многофазных систем в сверхкритическом состоянии	0,5
	8.5	Расчёт турбулентного течения сверхкритического флюида	0,5

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Сверхкритические технологии в промышленности»*, а также способствует приобретению практических навыков проведения технологических процессов с использованием сверхкритических флюидов и составления математических моделей технологических процессов и аппаратов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости. Общий рейтинг по дисциплине представлен далее в разделе 8.1.

Примеры лабораторных работ и модули, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	3	Лабораторная работа №1. Исследование фазового состояния многокомпонентной системы при переходе в сверхкритическое состояние	4
2	3	Лабораторная работа №2. Получение порошков на основе субмикронных частиц с использованием технологии быстрого расширения сверхкритических флюидов	4
3	8	Лабораторная работа №3. Моделирование процесса растворения веществ в сверхкритическом флюиде в аппарате проточного типа	4,5
4	8	Лабораторная работа №4. Моделирование турбулентных режима истечения сверхкритического флюида из сопла форсунки	4,5

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Сверхкритические технологии в промышленности»* предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 93 акад. часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- выполнение расчётно-графических работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к сдаче зачета и лабораторного практикума по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине *«Сверхкритические технологии в промышленности»* не предусмотрена.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по разделам 4 и 8). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (3 семестр) составляет по 10 баллов за каждую. 40 баллов отводятся на лабораторные работы

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вариант 1

Задание 1. Химия сверхкритических жидкостей. Диаграмма состояния однокомпонентной системы. Критическое состояние и его особенности. Для бутанола $P(кр.) = 35,7$ атм., а $t(кр.) = 152,8$ °С. Оцените критический объем бутанола.

Задание 2. Составить тепловой баланс аппарата высокого давления проточного типа, используемого для получения субмикронных частиц. Внешний диаметр аппарата $\frac{3}{4}$ ", толщина стенки аппарата 0,08", высота аппарата 500 мм. Диоксид углерода подаётся со скоростью 100 нл/ч.

Вариант 2

Задание 1. Перечислить основные стадии процесса сверхкритической экстракции. Дать классификацию аппаратов, применяемых для экстракции.

Задание 2. Рассчитать удельную теплоёмкость и коэффициент теплопроводности сверхкритической смеси «диоксид углерода – этанол», находящихся при температуре 53°С и давлении 107 атм. Рассчитать коэффициенты диффузии компонентов смеси при указанных условиях.

Раздел 8. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вариант 1

Задание 1. Спектральные методы анализа состава многокомпонентных систем в сверхкритическом состоянии, применяемые в производственных процессах. Дать классификацию, указать области применения. Привести схемы аппаратного оформления.

Задание 2. Привести основные уравнения модификаций модели турбулентности к-ε. Указать особенности модификаций и их отличия.

Вариант 2

Задание 1. Методы расчёта коэффициентов диффузии для многокомпонентных систем в сверхкритическом состоянии.

Задание 2. На примере фазовой диаграммы системы «сверхкритический CO₂ – изопропанол» построить график проведения процесса сверхкритической сушки.

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов.

1. Фазовые диаграммы сверхкритического процесса сушки (для двух разных растворителей в золе).

2. Аппарат для проведения процесса сверхкритической сушки. Схема. Описание процесса сверхкритической сушки.

3. Объяснить процесс сверхкритической адсорбции. Схема движения потоков в реакторе.

4. Стадии процесса сверхкритической экстракции. Привести эскиз аппарата для процесса сверхкритической экстракции.

5. Привести эскиз аппарата для процесса сверхкритической сушки.

6. Привести эскиз аппарата для процесса сверхкритической адсорбции.

7. Привести эскиз аппарата для процесса сверхкритической экстракции.

8. Схема движения потоков в реакторе.

9. Основные уравнения для описания состояния системы под давлением. Сверхкритический флюид.

10. Сверхкритические процессы RESS, SAS.

11. Основные параметры ведения процесса сверхкритической сушки.

12. Основные стадии процесса сверхкритической адсорбции. Использование аэрогелей для доставки лекарственных средств.

13. Фазовая диаграмма диоксида углерода. Физический смысл линий на фазовой диаграмме. Критическое давление, критическая температура.

14. Основные этапы сверхкритической сушки. Механизмы массопереноса на каждом из этапов.

15. Физический смысл линий на фазовой диаграмме. Критическое давление, критическая температура.

16. Влияние температуры и давления на первый этап сверхкритической сушки.

17. Влияние температуры и давления на второй этап сверхкритической сушки.

18. Влияние расхода сушильного агента (сверхкритического диоксида углерода) на второй этап сверхкритической сушки.

19. Зависимость сверхкритической сушки от температуры и давления.

20. Вещества, используемые в качестве сверхкритических флюидов. Их характеристики.
21. Основные этапы сверхкритической адсорбции.
22. Параметры (температура, давление) проведения процесса сверхкритической адсорбции.
23. Сверхкритические флюиды и их характеристики.
24. Влияние параметров процесса на растворимость веществ.
25. Способ организации процесса сверхкритической адсорбции (периодический, непрерывный).
26. Массообменные процессы, протекающие при сверхкритической адсорбции.
27. Зависимость сверхкритической адсорбции от температуры и давления.
28. Основные этапы сверхкритической экстракции.
29. Механизмы массопереноса сверхкритической экстракции.
30. Методы интенсификации процесса сверхкритической экстракции.
31. Параметры (температура, давление) проведения процесса сверхкритической экстракции.
32. Зависимость сверхкритической экстракции от температуры и давления.
33. Равновесные фазовые диаграммы для двухкомпонентной системы «диоксид углерода–этиловый спирт» при различных температурах.
34. Равновесные фазовые диаграммы для двухкомпонентной системы «диоксид углерода–этиловый спирт» при различных температурах. Анализ фазовых диаграмм. Ведение процесса сверхкритической сушки.
35. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Запись уравнения. Физический смысл переменных входящих в уравнение.
36. Уравнение Пенга-Робинсона. Запись уравнения. Физический смысл переменных входящих в уравнение.
37. Физический смысл переменных входящих в уравнение Ван-дер-Ваальса.
38. Физический смысл переменных входящих в уравнение Пенга-Робинсона.
39. Сравнение конвективной сушки и сверхкритической сушки. Основные преимущества сверхкритической сушки.
40. Способы проведения сверхкритической сушки. Достоинства и недостатки каждого из способов.
41. Основные преимущества сверхкритической сушки.
42. Низкотемпературная сверхкритическая сушка.
43. Достоинства и недостатки способов проведения сверхкритической сушки.
44. Влияния расхода сверхкритического растворителя на этапы сушки.
45. Высокотемпературная сверхкритическая сушка.
46. Способ организации процесса сверхкритической сушки (периодический, непрерывный).
47. Периодический способ организации процесса сверхкритической сушки.
48. Непрерывный способ организации процесса сверхкритической сушки.
49. Аппаратурное оформление сверхкритической сушки. Основные узлы.
50. Контрольно-измерительные приборы и автоматика (КИПиА) в технологической схеме сверхкритической сушки.
51. Какие контрольно-измерительные приборы и автоматику (КИПиА) можно использовать в технологической схеме сверхкритической сушки.
52. Достоинства и недостатки различных способов проведения сверхкритической сушки.
53. Понятие сверхкритической адсорбции.
54. Применение технологии сверхкритической адсорбции.
55. Требования, предъявляемые к адсорбенту (пористому материалу) и к адсорбтиву при проведении сверхкритической адсорбции.

56. Преимущества использования сверхкритических флюидов для внедрения веществ в пористые материалы.
57. Преимущества использования сверхкритической адсорбции для создания композиций аэрогель-АФИ.
58. Аппаратурное оформление сверхкритической адсорбции. Основные узлы.
59. КИПиА в технологической схеме сверхкритической адсорбции.
60. Понятие сверхкритической экстракции.
61. Использование сорастворителей в сверхкритической экстракции.
62. Области применения сверхкритической экстракции.
63. Преимущества сверхкритической экстракции над классической экстракцией.
64. Основные отличия процесса сверхкритической сушки и сверхкритической экстракции.
65. Способы организации процесса сверхкритической экстракции.
66. Способ организации процесса сверхкритической экстракции при высоком содержании экстрагируемого вещества (проточный).
67. Способ организации процесса сверхкритической экстракции при низком содержании экстрагируемого вещества.
68. Способ организации процесса сверхкритической экстракции при высоком и низком содержании экстрагируемого вещества.
69. Аппаратурное оформление сверхкритической экстракции. Основные узлы.
70. Основные отличия аппаратурного оформления сверхкритической сушки и сверхкритической экстракции.
71. КИПиА технологической схемы сверхкритической экстракции.
72. Процессы микронизации в которых сверхкритический флюид выступает в качестве растворителя. Области применения.
73. Процесс быстрого расширения сверхкритического раствора (RESS).
74. Параметры (температура, давление) проведения процесса RESS.
75. Процессы быстрого расширения сверхкритического раствора в жидкий растворитель (RESOLV) и быстрого расширения сверхкритического раствора в воду (RESAS).
76. Параметры (температура, давление) проведения процессов RESAS и RESOLV.
77. Основные отличия процессов RESS и RESOLV.
78. Основные отличия процессов RESS и RESAS.
79. Преимущества RESOLV и RESAS над RESS.
80. Преимущества RESS над RESAS и RESOLV.
81. Недостатки RESAS и RESOLV на примере RESS.
82. Аппаратурное оформление процесса RESS. Основные узлы.
83. Аппаратурное оформление процессов RESAS и RESOLV. Основные узлы.
84. Отличия аппаратурного оформления процессов RESAS и RESOLV от RESS.
85. Процессы RESS и RESAS и их основные отличия.
86. Процессы микронизации в которых сверхкритический флюид выступает в качестве антирастворителя. Области применения.
87. Процесс осаждения в сверхкритическом антирастворителе (SAS).
88. Параметры (температура, давление) проведения процесса SAS.
89. Процесс осаждение в газофазном антирастворителе (GAS).
90. Параметры (температура, давление) проведения процесса GAS.
91. Получение частиц из газонасыщенного раствора методом PGSS.
92. Применение метода PGSS. Параметры (температура, давление) проведения процесса PGSS.
93. Параметры (температура, давление) проведения процесса PGSS.
94. Этапы моделирования сверхкритических процессов.

95. Построение геометрии виртуального аппарата.
96. Генерация и адаптация расчётной сетки.
97. Основные уравнения, используемые при расчётах сверхкритических процессов.
98. Уравнение сохранения энергии для процессов, протекающих в среде сверхкритического флюида.
99. Уравнение сохранения массы для процессов, протекающих в среде сверхкритического флюида.
100. Уравнение сохранения импульса.

8.4 Структура и пример билетов для зачёта с оценкой

Зачёт с оценкой по дисциплине проводится в 3 семестре и включает контрольные задания по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю зав.
кафедрой»
Зав. каф. ХФИ
(Должность, наименование кафедры)

Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И. О. Фамилия)
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева
Кафедра химического и фармацевтического
инжиниринга
18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»
Сверхкритические технологии в промышленности
Билет № 1

1. Основные этапы сверхкритической адсорбции.
2. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Запись уравнения. Физический смысл переменных входящих в уравнение.
3. Процесс осаждения в сверхкритическом антирастворителе (SAS).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Меньшутина Н.В., Смирнова И.В., Гуриков П.А. Аэрогели — новые наноструктурированные материалы: получение, свойства и биомедицинское применение: учебное пособие. — М.: РХТУ им. Менделеева, 2012. — 59 с.

Б. Дополнительная литература

1. Фишер М. Природа критического состояния. Москва. «Мир». — 1968. — 354 с.
2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. — М.: Химия. — 1985. — 448 с.
3. Стенли Г. Фазовые переходы и критические явления. Москва. «Мир». — 1973. — 424 с.
4. Ма Ш. Современная теория критических явлений. Москва. «Мир». — 1978. — 304 с.
5. Жузе Т.П. Сжатые газы как растворители. Москва. «Наука». — 1974. — 111 с.

6. Жузе Т.П. Роль сжатых газов как растворителей. Москва. «Недра». – 1981. – 165 с.
7. Циклис Д.С. Техника физико-химических исследований при высоких и сверхвысоких давлениях. М.: Химия. – 1976.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика», ISSN – 1992-8130;
- Журнал «The Journal of Supercritical Fluids», ISSN – 0896-8446;
- Журнал «Физика и техника высоких давлений», ISSN – 0868-5924;
- Журнал «High Pressure Phase Behaviour of Multicomponent Fluid Mixtures», ISBN – 978-0-444-88627-9;
- Журнал «High Pressure Liquids and Solutions», ISBN – 978-0-444-81946-8;
- Журнал «Computer Aided Chemical Engineering», ISSN – 1570-7946;
- Журнал «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- Журнал «Drying Technology», ISSN – 1532-2300;

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций;
- конспекты лекций в формате *.pdf;
- банк вариантов контрольных работ – 50;
- банк вариантов лабораторных работ – 50;
- банк билетов для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой) – 50;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Сверхкритические технологии в промышленности»* проводятся в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдоожиженного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр «Экрос» ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis Apg500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Сверхкритические технологии в промышленности»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, multifunctional устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для реализации дисциплины *«Сверхкритические технологии в промышленности»* на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense, Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Сверхкритическое состояние вещества	<i>Знает:</i> физические основы сверхкритических флюидов, позволяющие предсказывать свойства чистых сверхкритических флюидов, а также смесей на их основе. <i>Умеет:</i> выбирать оборудование для проведения процессов с использованием технологий	Оценка на зачёте с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	сверхкритических флюидов; проводить исследования фазовых равновесий систем различной природы при высоких давлениях. <i>Владеет:</i> основами процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов; современными знаниями в области сверхкритических флюидов и смесей на их основе.	
Раздел 2. Сверхкритические технологии получения монолитных и жидких материалов	<i>Знает:</i> основные типы процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов; основные типы, конструкции и характеристики технологического оборудования для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов; физические основы сверхкритических флюидов, позволяющие предсказывать свойства чистых сверхкритических флюидов, а также смесей на их основе. <i>Умеет:</i> выбирать оборудование для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов; рассчитывать параметры и режимы работы основного и вспомогательного оборудования сверхкритических технологий. <i>Владеет:</i> основами процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов; основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов.	Оценка на зачёте с оценкой
Раздел 3. Сверхкритические технологии получения дисперсных материалов	<i>Знает:</i> основные типы процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов; основные типы, конструкции и характеристики технологического оборудования для проведения процессов с использованием	Оценка за лабораторные работы №1-2 Оценка на зачёте с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	технологий сверхкритических флюидов; физические основы сверхкритических флюидов, позволяющие предсказывать свойства чистых сверхкритических флюидов, а также смесей на их основе. <i>Умеет:</i> выбирать оборудование для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов; рассчитывать параметры и режимы работы основного и вспомогательного оборудования сверхкритических технологий. <i>Владеет:</i> основами процессов получения и обработки материалов с использованием технологий сверхкритических флюидов; основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов.	
Раздел 4. Ёмкостные аппараты высокого давления для сверхкритических технологий	<i>Знает:</i> основные типы, конструкции и характеристики технологического оборудования для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов. <i>Умеет:</i> выбирать оборудование для проведения процессов с использованием технологий сверхкритических флюидов; рассчитывать параметры и режимы работы основного и вспомогательного оборудования сверхкритических технологий. <i>Владеет:</i> современным инструментарием разработки и создания оборудования сверхкритических технологий; основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка на зачёте с оценкой
Раздел 5. Контрольно-измерительные приборы для процессов, протекающих при высоких и сверхвысоких давлениях	<i>Знает:</i> типы, конструкции и особенности вспомогательного технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов для систем, работающих	Оценка на зачёте с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	под высоким и сверхвысоким давлением. <i>Умеет:</i> проводить исследования фазовых равновесий систем различной природы при высоких давлениях; комплектовать установки, работающие при высоких давлениях, запорно-регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами. <i>Владеет:</i> основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов.	
Раздел 6. Вспомогательное оборудование и детали установок сверхкритических технологий	<i>Знает:</i> типы, конструкции и особенности вспомогательного технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов для систем, работающих под высоким и сверхвысоким давлением. <i>Умеет:</i> рассчитывать параметры и режимы работы основного и вспомогательного оборудования сверхкритических технологий. <i>Владеет:</i> основными навыками проектирования производств, использующих технологии сверхкритических флюидов.	Оценка на зачёте с оценкой
Раздел 7. Аналитические методы исследования систем при высоких давлениях	<i>Знает:</i> методики исследования фазовых равновесий при высоких давлениях в системах различной природы. <i>Умеет:</i> проводить исследования фазовых равновесий систем различной природы при высоких давлениях; использовать современные аналитические методы для исследования свойств сверхкритических флюидов. <i>Владеет:</i> современными знаниями в области сверхкритических флюидов и смесей на их основе.	Оценка на зачёте с оценкой
Раздел 8. Инструменты и методы моделирования процессов и аппаратов сверхкритических технологий	<i>Знает:</i> методы и подходы к моделированию процессов и аппаратов сверхкритических технологий. <i>Умеет:</i> выбирать наиболее подходящие методы и инструменты для моделирования процессов и	Оценка за лабораторные работы №3-4 Оценка за контрольную работу №2

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	аппаратов сверхкритических технологий. <i>Владеет:</i> современным инструментарием разработки и создания оборудования сверхкритических технологий.	Оценка на зачёте с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Сверхкритические технологии в промышленности»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена к.т.н., доцентом, доцентом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга Е.В. Гусевой.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол № 12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области процессов и аппаратов химической технологии, математики, информатики, физической химии, общей химической технологии, процессов и аппаратов химической технологии.

Цель дисциплины «Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности» – изучение микрофлюидных и мембранных технологий, включающих основные типы микрофлюидных и мембранных аппаратов, основные типы процессов разделения на мембранах для жидких и газовых систем, находящих применение в фармацевтической и биофармацевтической отраслях промышленности. Дисциплина включает теоретические основы различных микрофлюидных и мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных). Основные подходы к моделированию различных микрофлюидных, отдельных мембранных и/или интегрированных мембранных процессов, в том числе с использованием прикладных программных пакетов.

Задачи дисциплины:

- изучение основных способов получения микрофлюидных устройств (формообразование, фотолитография, микропечать ("мягкая" литография) и т.д.;
- изучение подходов к моделированию процессов в микрофлюидных устройствах (особенности процессов, протекающих в микрофлюидных устройствах, гидродинамика, массоперенос); особенности моделирования процессов роста клеток в микрофлюидных устройствах;
- изучение на примерах основных областей применения микрофлюидных процессов (рост клеток, диагностика заболеваний, орган-на-чипе, получение наночастиц, процессы инкапсуляции, химический синтез и синтез фармацевтических субстанций и т.д.);
- изучение основных принципов процессов разделения на мембранах для жидких и газовых систем;
- изучение теоретических основ различных мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных), используемых для фармацевтики;
- изучение основных подходов к моделированию отдельных мембранных и/или интегрированных мембранных процессов, а также к проектированию мембранных схем разделения, в том числе с использованием прикладных программных пакетов.

Дисциплина **«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности. ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и		ПК-4 Способен осуществлять поиск и	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	технологического оборудования в рамках НИР.	управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2020 года № 577н. Обобщенная трудовая функция В. Разработка продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства. В /03.7. Поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач (уровень квалификации – 7).
			ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.	
			ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.	
Выполнение фундаментальных и прикладных работ	– Химическое, химико-	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.	ПК-5 разработана на основе анализа требований к профессиональным

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	технологическое производство. – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.	компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.
			ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.	
			ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные процессы разделения на мембранах для жидких и газовых систем;
- основные типы микрофлюидных и мембранных аппаратов;
- основные теоретические основы различных микрофлюидных и мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных);
- принципы и подходы к моделированию этих процессов с позиций системного анализа.

Уметь:

- рассчитывать движущую силы и основные параметры процессов мембранного разделения;
- определять подходы к расчету различных микрофлюидных устройств;
- проводить расчеты по подбору схем мембранного разделения в программных пакетах.

Владеть:

- основными принципами и подходами к моделированию основных процессов мембранного разделения и различных микрофлюидных процессов;
- программными пакетами для расчетов и подбора отдельных мембранных аппаратов и/или интегрированных мембранных процессов;
- программными пакетами для проектирования и подбора схем мембранного разделения.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38,25
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	12,75
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	2,59	93	69,75
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	ПЗ	ЛР	Сам. работа
1	Раздел 1. Микрофлюидные процессы в промышленности	44	4	6	4	30
1.1	Введение в микрофлюидные процессы	13,25	1,25	2	–	10
1.2	Основные способы получения микрофлюидных устройств	17,5	1,5	2	4	10
1.3	Подходы к моделированию процессов в микрофлюидных устройствах	13,25	1,25	2	–	10
2	Раздел 2. Мембранные технологии в промышленности	100	13	11	13	63
2.1	Введение в мембранные процессы	19	2	2	–	15
2.2	Баромембранные процессы (микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос)	27,5	3	2	8,5	14
2.3	Диффузионно-мембранные процессы (газоразделение, первапорация, диализ, процессы на жидких мембранах)	15	2	2	–	11
2.4	Электромембранные и термомембранные процессы	22,5	3	2	4,5	13
2.5	Интегрированные мембранные процессы.	16	3	3	–	10
	ИТОГО	144	17	17	17	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Микрофлюидные процессы в промышленности.

Введение в микрофлюидные процессы. Описание основных типов микрофлюидных устройств по назначению.

Основные способы получения микрофлюидных устройств (формообразование, фотолитография, микропечать («мягкая» литография).

Подходы к моделированию процессов в микрофлюидных устройствах (особенности процессов, протекающих в микрофлюидных устройствах, гидродинамика, массоперенос). Особенности моделирования процессов роста клеток в микрофлюидных устройствах.

Раздел 2. Мембранные технологии в промышленности.

Введение в мембранные процессы. Классификации. Основные типы мембранных элементов. Обзорный материал о различных мембранных процессах, находящихся применение в химической, фармацевтической и биологической отраслях промышленности (баромембранные, диффузионно-мембранные, термомембранные и электромембранные процессы). Основные классификации мембран, мембранных процессов, материалов для получения мембран. Основные типы мембранных элементов, их преимущества и недостатки. Области применения.

Баромембранные процессы. Классификация баромембранных процессов, их движущая сила. Основные факторы, влияющие на баромембранные процессы. Процессы обратного осмоса (о/о), ультрафильтрации (у/ф), микрофильтрации (м/ф). Основные области применения.

Диффузионно-мембранные процессы. Классификация диффузионно-мембранных процессов (газоразделение, перапорация, диализ, процессы с использованием жидких мембран). Основные схемы работы аппаратов. Факторы, влияющие на диффузионно-мембранные процессы: материал мембраны, гидродинамика, температуры, состав разделяемой смеси, природа, форма и размер молекул веществ в разделяемой смеси. Основные области применения.

Электромембранные процессы. Основные аспекты электромембранных процессов. Ионообменные мембраны. Конструкции электродиализных аппаратов. Основные области применения.

Термомембранные процессы. Процесс мембранной дистилляции. Влияние свойств материала мембраны на процесс разделения (смачиваемость, поверхностное натяжение, поверхностная энергия полимера). Основные области применения.

Интегрированные мембранные процессы. Мембранные реакторы и биореакторы. Классификация. Процессы, протекающие в мембранных биореакторах. Типы мембранных биореакторов. Основные области применения. Проектирование мембранных схем разделения.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	Знать:			
1	основные процессы разделения на мембранах для жидких и газовых систем.		+	
2	основные типы микрофлюидных и мембранных аппаратов.	+	+	
3	основные теоретические основы различных микрофлюидных и мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных).	+	+	
4	принципы и подходы к моделированию этих процессов с позиций системного анализа.	+	+	
	Уметь:			
5	рассчитывать движущую силы и основные параметры процессов мембранного разделения.		+	
6	определять подходы к расчету различных микрофлюидных устройств.	+		
7	проводить расчеты по подбору схем мембранного разделения в программных пакетах.		+	
	Владеть:			
8	основными принципами и подходами к моделированию основных процессов мембранного разделения и различных микрофлюидных процессов.	+	+	
9	программными пакетами для расчетов и подбора отдельных мембранных аппаратов и/или интегрированных мембранных процессов.		+	
10	программными пакетами для проектирования и подбора схем мембранного разделения.		+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
11	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности.	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
12	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности.	+	+
13	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.1 Знает методы оценки потребности в модернизации технологического оборудования в рамках НИР.	+	+
14	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.2 Умеет оценивать технологические решения, разрабатываемые в рамках НИР, на предмет их экологичности и энергоресурсосбережения.	+	+
15	ПК-4 Способен осуществлять поиск и подбор подходящих технологических решений и их разработчиков при решении научно-исследовательских задач.	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления подбора технологических решений и их разработчиков в рамках трансфера технологий для технологической модернизации производства в рамках НИР.	+	+
16	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.1 Знает особенности работы многотоннажных и малотоннажных современных производств.	+	+
17	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлению современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.2 Умеет использовать принципы создания адаптивных и «умных» производственных систем при решении научно-исследовательских задач.	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
18	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.3 Умеет использовать концепции создания сетевых производств и динамических производственных цепочек при решении научно-исследовательских задач.	+	+
19	ПК-5 Способен к поиску, подбору и управлением современным оборудованием и приборами химических производств при решении научно-исследовательских задач.	ПК-5.4 Владеет навыками применения принципов организации совмещенных процессов, рециклов, замкнутых технологий, безотходного производства в рамках НИР.	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Рассмотрение способов получения микрофлюидных устройств	2
	1.2-1.3	Подбор микрофлюидных устройств для конкретного применения	4
2	2.1	Рассмотрение физико-химических свойств полимерных и керамических мембран	2
	2.2	Расчет основных характеристик мембранного процесса: селективности, проницаемости, коэффициента проницаемости для разных мембранных процессов	2
	2.3	Расчет гидравлического сопротивления мембраны для различных мембран	2
3	2.4-2.5	Расчет и подбор мембраны из каталога на основе исходных данных для конкретного процесса	5

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»**, а также способствует приобретению практических навыков проведения технологических процессов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Лабораторная работа №1. Расчет основных потоков микрофлюидного элемента при подаче двух несмешивающихся фаз	4
2	2	Лабораторная работа №2. Расчет процесса микрофльтрации различных биологических суспензий	4
3	2	Лабораторная работа №3. Расчет процессов в мембранном биореакторе	4,5
4	2	Лабораторная работа №4. Расчет процесса обратного осмоса и подбор технологической схемы	4,5

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины **«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»** предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 93 акад. ч. в 3 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачет с оценкой (3 семестр) и лабораторного практикума (3 семестр) по дисциплине **«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»**.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Дисциплиной **«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»** не предусмотрено выполнение реферативно-аналитической работы.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по всем разделам). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (3 семестр) составляет по 10 баллов за каждую. 40 баллов отводятся на лабораторные работы.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1

1. Описать метод получения микрофлюидных устройств – «мягкая» литография.
2. Основные области применения микрофлюидных устройств в медицине.

Вопрос 1.2

1. Гидродинамические особенности течения потоков в микрофлюидных устройствах.
2. Привести примеры использования микрофлюидных устройств в клеточных технологиях.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1

1. Классификация процессов мембранного разделения с движущими силами для каждого процесса.

2. Перечислить все мембранные элементы. Трубчатый мембранный элемент, преимущества и недостатки, материал мембраны, для каких процессов применяется.

Вопрос 2.2.

1. Основные схемы организации процесса первапорации.
2. Процесс электродеионизации. Особенности, применение.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3 Структура и пример билетов для зачета с оценкой (3 семестр)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой (3 семестр) – 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет для зачёта с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Описать режимы течения потоков и формирования капель в базовых вариантах генератора капель (соосные потоки, режим фокусировки потока, Т – инъекции).
2. Описать качественные модели формирования капель с использованием характеристических чисел. Какие силы соотносятся в числах Рейнольдса, Дина, Пекле, Онезорге, Вебера, Бонда?
3. Два основных подхода, используемых при моделировании мультифазной системы. В чем их принципиальное различие? Их преимущества и недостатки.
4. Особенности образования стабильных макроэмульсий в микрофлюидных устройствах.
5. Особенности модификации рабочих поверхностей микрочипа для капельной микрофлюидики?
6. Преимущества и недостатки применения микрочипов для формирования двойных эмульсий в отличие от применения двух отдельных чипов для однократной эмульсии.
7. Топологии генераторов капель микрофлюидных чипов. Т-инжектор.
8. Топологии генераторов капель микрофлюидных чипов. Инжектор с пневматическим клапаном.
9. Топологии генераторов капель микрофлюидных чипов. Мембранный инжектор (просачивание дисперсной фазы через множество отверстий).
10. Топологии генераторов капель микрофлюидных чипов. Соосное течение.
11. Топологии генераторов капель микрофлюидных чипов. Фокусировка потока.
12. Пассивные устройства для коалесценции капель. Коалесценция капель в каналах и реакционных камерах специальной геометрии.
13. Активные устройства для коалесценции капель.
14. Классификация процессов мембранного разделения с движущими силами для каждого процесса.
15. Основные материалы для изготовления микрофлюидных чипов. Основные методы соединения (герметизации) составных частей.
16. Изготовление микрофлюидных устройств методом «мягкой» литографии в полидиметилсилоксане.
17. Лаборатория на чипе. Описание. Основные применения.
18. Основные классификации и характеристики мембран, используемых для

микрофлюидики. Примеры использования.

19. Орган-на-чипе. Особенности конструкции. Преимущества и недостатки. Примеры использования.

20. Микрофлюидные устройства с двойным слоем для клеточных культур.

21. Микрофлюидные микробиологические топливные элементы.

22. Микрофлюидные биореакторы. Преимущества и недостатки.

23. Микрофлюидные устройства для химического синтеза.

24. Привести классификацию мембран, материалы для их изготовления, преимущества, недостатки. Основные требования, предъявляемые к мембранам.

25. Основные характеристики мембранного процесса. Схемы организации потоков.

26. Методы получения мембран.

27. Перечислить все мембранные элементы. Трубчатый мембранный элемент, преимущества и недостатки, материал мембраны, для каких процессов применяется.

28. Перечислить все мембранные элементы. Половолоконный мембранный элемент, преимущества и недостатки, материал мембраны, для каких процессов применяется.

29. Перечислить все мембранные элементы. Плоскопараллельный мембранный элемент, преимущества и недостатки, материал мембраны, для каких процессов применяется.

30. Перечислить все мембранные элементы. Рулонный мембранный элемент, преимущества и недостатки, материал мембраны, для каких процессов применяется.

31. Перечислить все мембранные элементы. Патронный мембранный элемент, преимущества и недостатки, материал мембраны, для каких процессов применяется.

32. Расположить в порядке убывания движущей силы следующие баромембранные процессы: нанофильтрация, микрофильтрация, обратный осмос, ультрафильтрация. Указать значения движущих сил. Чем это можно объяснить?

33. Расположить в порядке возрастания размера пор мембраны следующие баромембранные процессы: ультрафильтрация, обратный осмос, нанофильтрация, микрофильтрация. Указать значения размера пор мембраны. Чем это можно объяснить?

34. Понятие осмотического давления, как оно определяется. Описать влияние давления на баромембранные процессы. Описать влияние гидродинамических параметров на баромембранные процессы.

35. Описать влияние температуры и концентрации на баромембранные процессы. Описать влияние электрического и магнитного полей на баромембранные процессы.

36. Описать влияние природы и состава растворенных веществ на баромембранные процессы и диффузионно-мембранные процессы. Указать специфические особенности.

37. Описать основные подходы к моделированию баромембранных процессов.

38. Описать основные подходы к моделированию первапорации.

39. Описать основные подходы к моделированию газоразделения.

40. Основные типы оборудования для водоподготовки для фармацевтики. Привести пример технологической схемы.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (3 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «*Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю»
зав. кафедрой

____ Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И.О. Фамилия)
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

Кафедра химического и фармацевтического
инжиниринга

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»
Микрофлюидные и мембранные технологии в
промышленности

Билет № 1

1. Описать качественные модели формирования капель с использованием характеристических чисел. Какие силы соотносятся в числах Рейнольдса, Дина, Пекле, Онезорге, Вебера, Бонда?
2. Описать влияние гидродинамических параметров на баромембранные процессы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Каграманов, Г. Г. Диффузионные мембранные процессы. Диализ [Электронный ресурс]: учебные пособия / Г. Г. Каграманов, Е. Н. Фарносова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 112 с.
2. Дибров, Г. А. Первапорация [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. А. Дибров. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. – 52 с.

Б. Дополнительная литература

1. Дытнерский Ю. И. Мембранные процессы разделения жидких смесей / Дытнерский Ю.И. – М.: Химия», 1975. – 232 с.
2. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Дытнерский Ю.И. – М.: Химия, 1986. – 272 с.
3. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии / Свитцов А.А. - М.: ДеЛи принт, 2007 – 280 с.
4. Мулдер М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер. – М.: Мир, 1999. – 513 с. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://www.studmed.ru/mulder-m-vvedenie-v-membrannuyu-tehnologiyu_060b31cdb4f.html (дата обращения: 25.03.2024).
5. Евстапов А.А. Основы нанотехнологий. Часть 1. Микро- и нанотехнологии для биологических и медицинских исследований. Часть 2. Капельная микрофлюидика: учебное пособие / Белоусов К.И., Евстапов А.А., Кухтевич И.В., Посмитная Я.С. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 56 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1839.pdf> (дата обращения 25.03.2024).

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Мембраны и мембранные технологии», ISSN – 2218-1172;
- Журнал «Journal of Membrane Science», ISSN – 0376-7388;
- Журнал «Microfluidics and Nanofluidics», ISBN – 1613-4982;
- Журнал «Microfluidics», ISBN – ISSN 2045-2322 (online);
- Журнал «Computer Aided Chemical Engineering», ISSN – 1570-7946.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
- Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com>.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40);
- компьютерные презентации интерактивных лекций;
- конспекты лекций в формате *.pdf;
- банк вариантов контрольных работ – 40;
- банк вариантов лабораторных работ – 40;
- банк билетов для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой) – 40;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»* проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка распылительной сушки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр «Экрос» ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis A5g500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерская программа *«Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»* имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные учебные издания по дисциплинам вариативной части, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 ProfessionalGet Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Микрофлюидные процессы в промышленности	<i>Знает:</i> основные типы микрофлюидных и мембранных аппаратов; основные теоретические основы различных микрофлюидных и мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных); принципы и подходы к моделированию этих процессов с позиций системного анализа. <i>Умеет:</i> определять подходы к расчету различных микрофлюидных устройств. <i>Владеет:</i> основными принципами и подходами к моделированию основных процессов мембранного разделения и	Оценка за лабораторную работу №1 Оценка за контрольную работу № 1 Оценка на зачете с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	различных микрофлюидных процессов.	
Раздел 2. Мембранные технологии в промышленности	<i>Знает:</i> основные процессы разделения на мембранах для жидких и газовых систем; основные типы микрофлюидных и мембранных аппаратов; основные теоретические основы различных микрофлюидных и мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных); принципы и подходы к моделированию этих процессов с позиций системного анализа. <i>Умеет:</i> рассчитывать движущую силы и основные параметры процессов мембранного разделения; проводить расчеты по подбору схем мембранного разделения в программных пакетах. <i>Владеет:</i> основными принципами и подходами к моделированию основных процессов мембранного разделения и различных микрофлюидных процессов; программными пакетами для расчетов и подбора отдельных мембранных аппаратов и/или интегрированных мембранных процессов; программными пакетами для проектирования подбора схем мембранного разделения.	Оценка за лабораторные работы №2, 3, 4 Оценка за контрольную работу № 2 Оценка на зачете с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенные образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Микрофлюидные и мембранные технологии в промышленности»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Хеометрика»**

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена д.т.н., доцентом, профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга Гордиенко М.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Хеометрика»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области «Математика», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов».

Цель дисциплины «Хеометрика» – овладение магистрантами структурными методами и алгоритмами обработки больших массивов экспериментальных данных, в том числе многомерного статистического анализа, оптимизации аналитической информации в области химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Задачи дисциплины:

- освоение магистрантами специфики методов обработки многомерных данных, поступающих с современного аналитического оборудования, применяемого при создании нанообъектов и их целевом использовании;
- приобретение практических навыков выбора адекватных методов анализа и обработки экспериментальной информации, поступающей в результате эксплуатации современного оборудования и приборов, используемых для определения свойств нанообъектов.

Дисциплина **«Хеометрика»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	- Химическое, химико-технологическое производство	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»,

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).			Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- предмет и метод хемометрики;
- основы теории и методы измерений;
- методы обнаружения и обработки сигналов;
- смысл операции градуирования и применяемые методы;
- основные свойства корреляционной матрицы,
- структурные методы регрессионного анализа;
- назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания;
- методы разложения сложных сигналов на простые;
- методы распознавания образов, кластерного анализа.

Уметь:

- интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных;
- выполнять статистическую обработку информации;
- выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе;
- разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации;
- разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа;
- определять сложность сигналов и выполнять их разрешение;
- разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации.

Владеть:

- методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомодальных (многомерных) данных;
- практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	2,12	76	57
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	3	0,5	0,5	2	—
1.	Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.	27,5	2,75	2,75	4	18
1.1	Обнаружение аналитических сигналов	7,5	0,75	0,75	—	6
1.2	Обработка сигналов	8	1	1	—	6
1.3	Проекционные методы анализа данных: МГК и МПЛС	12	1	1	4	6
2.	Раздел 2. Градуирование (калибровка).	41	5,5	5,5	10	20
2.1	Постановка задачи градуирования и подготовка данных	7	1	1	—	5
2.2	Классическая калибровка	12	1,5	1,5	4	5
2.3	Обратная калибровка	12	1,5	1,5	4	5
2.4	Калибровка на латентных переменных	10	1,5	1,5	2	5
3.	Раздел 3. Классификация.	33,5	3,75	3,75	8	18
3.1	Постановка задачи классификации и подготовка данных	5,5	0,75	0,75	—	4
3.2	Классификация с учителем	14	1,5	1,5	4	7
3.3	Классификация без учителя	14	1,5	1,5	4	7
4.	Раздел 4. Разрешение многомерных кривых.	39	4,5	4,5	10	20
4.1	Постановка задачи, условия разрешимости, особенности хроматографических и кинетических типов данных	9,5	0,75	0,75	2	6

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4.2	Факторный анализ	14,5	1,75	1,75	4	7
4.3	Итерационные методы	14,5	1,75	1,75	4	7
	ИТОГО	144	17	17	34	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы хемометрики в рамках аналитических методов, используемых в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии. Цели и задачи курса. Методические рекомендации студентам.

Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.

1.1 Обнаружение аналитических сигналов. Связь аналитического сигнала с измеряемой физической характеристикой нанообъектов. Обнаружение сигналов аналита и фона. Предел обнаружения. Точечное и интервальное оценивание предела обнаружения сигнала. Проверка гипотез об отличии сигнала аппарата от сигнала фона. Определение погрешности обнаружения сигнала аналита по неравенству Чебышева. Непараметрические критерии. Критерий Вилкоксона.

1.2 Обработка сигналов. Регрессионный анализ как основной метод обработки сигналов. Методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия. Методы увеличения отношения «сигнал/шум»: фильтрация и модуляция сигналов. Спектральный анализ: быстрое преобразование Фурье, преобразование Адамара.

1.3 Проекционные методы анализа данных: МГК и МПЛС. Изучение проекционных методов анализа: метод главных компонент (МГК) и метод проекции на латентные структуры (МПЛС). Матрицы счетов, нагрузок и остатков. Требования к матрице исходных данных. Алгоритм МГК и МПЛС. Анализ результатов, полученных проекционными методами.

Раздел 2. Градуирование (калибровка).

2.1 Постановка задачи градуирования и подготовка данных. Постановка задачи градуировки при определении характеристик промышленных нанообъектов. Линейная и нелинейная градуировка. Калибровка и проверка, критерии оценки качества калибровки. Неопределенность, точность и воспроизводимость. Проблемы недооценки и переоценки. Проблема с мультиколлинеарностью при многомерной калибровке. Требования к анализируемым данным.

2.2 Классическая калибровка. Калибровка по одному каналу (однофакторная). Метод Фирордта на примере анализа спектров. Непрямая калибровка.

2.3 Обратная калибровка. Метод множественной линейной регрессии. Метод пошаговой калибровки как способ снижения переоценки.

2.4 Калибровка на латентных переменных. Применение проекционных методов, как инструмента градуирования. Определение эффективной размерности многомерных данных. Анализ взаимоотношений образцов, содержащих нанообъекты. Исследование роли переменных. Регрессия на латентных переменных и ее практическое применение. Регрессия на главные компоненты.

Раздел 3. Классификация.

3.1 Постановка задачи классификации и подготовка данных. Постановка задачи классификации: обучение с учителем и без. Ошибка классификации. Рост сложности задачи с ростом числа переменных. Подготовка данных.

3.2 Классификация с учителем. Методы классификации с учителем: линейный дискриминантный анализ, квадратичный дискриминантный анализ, метод PLS дискриминации, формальное независимое моделирование аналогий классов, метод k ближайших соседей.

3.3 Классификация без учителя. Применение метода главных компонент для классификации образцов. Кластеризация с помощью K-средних.

Раздел 4. Разрешение многомерных кривых.

4.1 Постановка задачи, условия разрешимости, особенности хроматографических и кинетических типов данных. Постановка задачи разрешения многомерных кривых. Проблема неоднозначности решения и условия разрешимости. Особенности данных различного типа. Применение метода главных компонент для оценки

числа химических компонентов для поиска решения задачи разрешения кривых и для создания основы для факторного анализа.

4.2 Факторный анализ. Шкалирующие и вращающие преобразования. Прокрустов анализ. Эволюционный факторный анализ. Оконный факторный анализ.

4.3 Итерационные методы. Итерационный целевой факторный анализ. Метод чередующихся наименьших квадратов. Кинетическое моделирование спектральных данных.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<i>Знать:</i>				
1	предмет и методы хемометрики	+	+	+	+
2	основы теории и методы измерений	+			
3	методы обнаружения и обработки сигналов	+	+		+
4	смысл операции градуирования и применяемые методы		+		
5	основные свойства корреляционной матрицы		+		
6	структурные методы регрессионного анализа		+		
7	назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания				+
8	методы разложения сложных сигналов на простые				+
9	методы распознавания образов, кластерного анализа			+	
	<i>Уметь:</i>				
10	интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных	+	+	+	+
11	выполнять статистическую обработку информации	+	+	+	+
12	выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе		+	+	+
13	разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации		+	+	+
14	разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа				+
15	определять сложность сигналов и выполнять их разрешение			+	
16	разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации	+	+	+	+
	<i>Владеть:</i>				
17	методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных		+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
18	практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине		+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
19	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+
20	ПК-2 Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	+	+	+	+
21	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов.	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Подготовка данных. Вычислительные алгоритмы для проекционных методов (МГК, МПЛС)	3,25
2	2	Вычислительные алгоритмы для решения задач градуирования. Критерии для проверки моделей	5,5
3	3	Подготовка данных. Вычислительные алгоритмы для решения задач классификации с учителем и без	3,75
4	4	Вычислительные алгоритмы для реализации методов разрешения многомерных кривых	4,5

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Хемометрика»*, а также способствует приобретению практических навыков в области масштабирования и трансфера технологий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 10 баллов (максимально 1,25 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Введение. Знакомство с программным обеспечением (возможно использование следующего ПО: MS Excel, Mathlab, Octave, Ststistica). Реализация операций матричных вычислений, статистических функций, специальных функций в зависимости от используемого в процессе обучения ПО	2
2	1	Реализация проекционных методов анализа данных с использованием ПО на тестовом примере	4
3	2	Реализация методов классической и обратной калибровки данных с использованием ПО на тестовом примере	4
4	2	Реализация метода калибровки регрессией на главные компоненты и на латентных переменных с использованием ПО на тестовом примере	6
5	3	Реализация методов классификации с учителем с использованием ПО на тестовом примере	4
6	3	Реализация методов классификации с (продолжение) и без учителя с использованием ПО на тестовом примере	4
7	4	Реализация методов факторного анализа для разрешения многомерных кривых с использованием ПО на тестовом примере	6
8	4	Реализация итерационных методов факторного анализа для разрешения многомерных кривых с использованием ПО на тестовом примере	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Хеометрика»* предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 акад. ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачет с оценкой (1 семестр) и лабораторного практикума (1 семестр) по дисциплине *«Хеометрика»*.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Дисциплиной *«Хеометрика»* не предусмотрено выполнение реферативно-аналитической работы.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль приобретения практических навыков при выполнении лабораторных работ проверяется путем выдачи заданий для самостоятельной работы. Предусмотрено 5 самостоятельных работ. Работы выполняются во время аудиторных занятий каждым студентом индивидуально. За каждую работу студент может максимально получить 8 баллов. Варианты работы 1 отличаются только выдаваемыми в электронном виде исходными данными. Варианты работы 2-5 отличаются как исходными данными, так и используемыми методами хеометрического анализа данных. В этом случае варианты распределяются в случайном порядке.

Пример самостоятельной работы №1

1. Считать данные из файла.
2. Отобразить данные на boxplot диаграмме, сохранить диаграмму как рисунок, вставить в текстовый редактор и добавить выводы о данных.
3. Провести нормирование данных и отобразить нормированные данные на boxplot диаграмме; сохранить диаграмму как рисунок, вставить в текстовый редактор и добавить выводы о данных.
4. Произвести обработку данных, используя метод главных компонент.

5. Вставить в текстовый редактор таблицу с коэффициентами и проанализировать первые 4-е компоненты на предмет того, какие именно факторы вносят наибольший вклад в компоненты; подтвердить выводы графиками счетов, выделив на них группы.
 6. Построить проекции факторных нагрузок в пространстве:
 - 1-2 компонент;
 - 2-3 компонент;
 - 1 и 3 компонент;
 - 1-3 компонент.
- и провести анализ полученных графиков, а именно, указать наличие и отсутствие прямых и обратных зависимостей между рассматриваемыми значениями; результаты и выводы внести в текстовый файл.
- Факторы на графиках должны быть подписаны!
7. Построить диаграмму Парето и по ней сделать вывод о том, сколько компонент достаточно для описания 50 %, 80 % и 90 % дисперсии.
 8. Отправьте отчет преподавателю на указанный электронный адрес.

Примеры самостоятельной работы №2

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод одноканальной калибровки определите коэффициенты уравнений калибровки отдельно для вещества А и отдельно для вещества Б: где Y – спектр; X – концентрация. Возьмите для вещества А канал 30; для вещества Б – канал 90. Используйте для расчета в матлаб функцию polyfit. Сохраните значения констант в файл отчета.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения интенсивности (спектра) для каналов 30 и 90, используя в матлаб функцию polyval. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций используя выражение: Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.
7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б.
 3. Используя метод Фирарда определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения спектров, X – значения концентраций. При расчетах используйте следующие каналы: 30 для вещества А и 90 для вещества Б. Полученные значения внесите в файл отчета.
 4. Рассчитайте прогнозируемые значения интенсивности (спектра) для каналов 30 и 90 для обучающих и тестовых выборок, используя выражение: Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
 5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение: Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
 6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.
 7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод не прямой калибровки, определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения спектров, X – значения концентраций. Полученные значения внесите в файл отчета.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения спектра для обучающих и тестовых выборок, используя выражение: Отобразите графики экспериментальных и рассчитанных спектров для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:

Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.

7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:

- ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- lambda – вектор, содержащий длины волн

- PureA – чистый спектр для вещества А

- PureB – чистый спектр для вещества Б

- SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

- SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б

3. Используя метод множественной линейной регрессии, определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения концентраций, X – значения спектров.

Перед расчетом определите число каналов. Возьмите требуемое количество каналов, начиная с 15 с шагом 10. Полученные значения внесите в файл отчета.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:

Отобразите графики экспериментальных и рассчитанных спектров для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.

6. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 5

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:

- ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- lambda – вектор, содержащий длины волн

- PureA – чистый спектр для вещества А

- PureB – чистый спектр для вещества Б

- SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

- SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б

3. Используя пошаговый метод множественной калибровки определите коэффициенты для уравнения калибровки для вещества А: где Y – концентрация вещества А; X – значение интенсивности (спектра) для выбранного(ых) канала(ов).

Возьмите для вещества А следующие варианты каналов (всего 5 расчетов):

- a. 24
- b. 24 и 86
- c. 24, 86, 11
- d. 24, 86, 11, 30
- e. 24, 86, 11, 30, 55

Внесите в файл отчета полученные значения коэффициентов.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для 5 вариантов из п.3 по обучающей выборке и тестовой выборке, используя в матлаб функцию `polyval`. Внесите полученные значения в файл отчета.

5. Рассчитайте среднеквадратичные остатки для обучающей и тестовой выборки (используйте значения концентраций). Отобразите зависимости среднеквадратичных остатков для обучающей и тестовой выборок от числа взятых каналов. Сохраните график в файл отчета. Добавьте вывод о том, сколько каналов необходимо использовать для калибровки.

6. Для выбранного числа каналов отобразить графики «измерено-предсказано» по значениям концентраций для обучающей и тестовой выборок.

7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы №3

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла `GradWork1`. Ознакомьтесь с данными:

- `ConcSpectrStudy` – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_a и C_b)
- `ConcSpectrTest` – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_a и C_b)
- `lambda` – вектор, содержащий длины волн
- `PureA` – чистый спектр для вещества А
- `PureB` – чистый спектр для вещества Б
- `SpectrStudy` – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
- `SpectrTest` – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Найдите главные компоненты, используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.

3. Используя метод проекции на главные компоненты постройте по обучающей выборке уравнение калибровки для вещества А. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда `bar`). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте проекции на латентные структуры по ВАРИАНТУ 1 (отдельно для вещества А), используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.
3. Постройте по обучающей выборке уравнение калибровки для вещества А. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда bar). Сохраните графики в файл отчета.
6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.
7. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте проекции на латентные структуры по ВАРИАНТУ 2 (используйте данные и для вещества А и для вещества Б одновременно), используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.
3. Постройте по обучающей выборке уравнения калибровки для веществ А и Б. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда bar). Сохраните графики в файл отчета.
6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.
7. Отправьте отчет на электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы № 4

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work2. Ознакомьтесь с данными:
 - X – значение признаков объектов
 - Cl – перечень классов, к которому относится тот или иной объект
2. Проведите классификацию, используя метод k-средних. Рассчитайте 8 циклов. Отобразите полученные на каждом шаге классы и центроиды на графиках в координатах «Признак 1 – Признак 2» и «Признак 3- Признак 4». Полученные диаграммы сохраните в отчет, дайте пояснения.
3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - Xs и Xt – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.
2. Классификацию проведите, используя метод k-ближайших соседей. Число соседей примите равное 5. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.
3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - Xs и Xt – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.
2. Классификацию проведите для класса 2, используя метод SIMCA. Примите точность равной 0,95. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cl_s и Cl_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.
2. Классификацию проведите для класса 3, используя метод SIMCA. Примите точность равной 0,95. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.
3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 5

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cl_s и Cl_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.
2. Классификацию проведите, используя метод PLS-DA. Результаты разделения на классы обучающей и тестовой выборки отобразите графически. Включите диаграммы в отчет. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.
3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 6

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cl_s и Cl_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.
2. Классификацию проведите, используя метод QDA. Результаты разделения на классы обучающей и тестовой выборки отобразите графически. Включите диаграммы в отчет. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.
3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 7

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод LDA. Предварительно переведите данные в пространство главных компонент. В дальнейших расчетах используйте первые 2 компоненты. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы № 5

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:

– A_t, B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, time – вектор времени

– A_s, B_s – спектры чистых веществ, lambda – вектор длин волн

– X – данные о смеси

2. Примените к данным метод МГК, рассчитайте сингулярные значения для разного числа компонент. Отобразите график HELP и график сингулярных значений. Сделайте и обоснуйте вывод о количестве чистых веществ в анализируемой смеси.

3. Используя прокрустов анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.

4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:

– A_t, B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, time – вектор времени

– A_s, B_s – спектры чистых веществ, lambda – вектор длин волн

– X – данные о смеси

2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.

3. Используя оконный факторный анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.

4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя итерационный целевой факторный анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя метод чередующихся наименьших квадратов проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

8.3 Структура и пример билетов для зачета с оценкой (1 семестр)

Зачет с оценкой по дисциплине «Хемометрика» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам дисциплины. Максимальная оценка за зачет с оценкой 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

1. Хемометрика, как научная дисциплина. Цели и задачи хемометрики. Практическое применение.
2. Стадии аналитического процесса и присущие им погрешности.
3. Метод контролируемого обучения в многомерном анализе данных.
4. Способы уменьшения суммарной дисперсии (погрешности) пробоотбора и анализа.
5. Определение необходимого и достаточного объема обучающей выборки в контролируемом обучении.
6. Способы достижения репрезентативности пробы при пробоотборе.
7. Меры сходства и расстояния, применяемые в кластерном анализе.
8. Процедура подготовки пробы к анализу. Роль концентрирования аналита.
9. Виды и источники погрешности результатов измерения и обработки данных анализа. Способы увеличения отношения «сигнал/шум».
10. Определение дискриминирующего отношения в многомерном анализе данных.

11. Методы обнаружения сигналов. Различие сигналов аналита и фона.
 12. Нормирование и центрирование данных в многомерном анализе.
 13. Определение предела обнаружения аналита в пробе. Точное оценивание предела обнаружения.
 14. Естественное нормирование данных и нормирование сравнением. Мера их информативности.
 15. Установление и проверка гипотез о наличии (или отсутствии) аналита в пробе.
 16. Определение необходимого и достаточного объема выборки для достижения заданной точности по неравенству Чебышева.
 17. Линейная калибровка приборов. Калибровка по эталону.
 18. Определение необходимого и достаточного объема выборки для достижения заданной точности.
 19. Линейная регрессия в хемометрике. Сравнительный анализ метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия.
 20. Многомерный подход к анализу данных. Ковариантность измерений.
 21. Какой физический смысл и в какой ситуации могут иметь коэффициенты уравнения структурной регрессии.
 22. Наложение недостающих и избыточных данных в результатах измерения. Изменение положения данных относительно осей координат.
 23. Модель факторного анализа. Смысл условия:
 24. Масштабное и автомасштабное преобразование данных.
 25. Метод вращения собственного вектора. Алгоритм определения собственных чисел и собственных векторов матрицы.
 26. Методы и алгоритмы сжатия априорной информации.
 27. Почему уравнение регрессии не содержит априорной информации? Каким образом выбирают базисные функции в методе линейной регрессии.
 28. Каковы условия, позволяющие отличить сигнал аналита от сигнала фона.
 29. Каковы причины появления корреляции переменных при выполнении операций нормирования и центрирования над векторами матрицы данных.
 30. Как определить, можно ли принять выборочные параметры нормального распределения в качестве оценок генеральной совокупности.
 31. Проекционные методы: проекция на латентные структуры.
 32. Обнаружение аналитических сигналов. Неопределенность. Изменение расстояния между средними при уменьшении концентрации аналита.
- Правило 3
33. Калибровка. Проблема мультиколлинеарности. Подготовка данных.
 34. Точное оценивание предела обнаружения сигнала. Вероятность ошибки при сближении сигналов.
 35. Классические методы калибровки: калибровка по одному каналу, метод Фирорда, непрямая калибровка.
 36. Ошибки обнаружения аналита I и II рода. Кайзеровский предел обнаружения сигнала.
 37. Обратная калибровка: множественная линейная регрессия, пошаговая калибровка.
 38. Точное оценивание предела обнаружения t-тестом.
 39. Регрессия на латентные структуры (два варианта, отличия).
 40. Критерий Вилкоксона. Точность предела обнаружения.
 41. Классификация. Постановка задачи. Основные методы. Проверка гипотез.
 42. Сглаживание данных. Методы блочного усреднения, движущегося окна и полиномиального сглаживания данных.
 43. Проскрутов анализ.

44. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов.
45. Линейный дискриминантный анализ.
46. Регрессионный анализ. Метод максимального правдоподобия.
47. Итерационный целевой факторный анализ.
48. Проекционные методы: метод главных компонент.
49. Чередующиеся наименьшие квадраты.
50. Калибровка (градуирование): определение и решаемые практические задачи. Математическая постановка задачи калибровки.
51. Формальное независимое моделирование аналогий классов.
52. Линейные и нелинейные методы калибровки: области применения. Проверка моделей.
53. Метод k-ближайших соседей.
54. Оценка качества моделей в хемометрике. Основные применяемые оценки, что они отражают.
55. Оконный факторный анализ.
56. Калибровка: неопределенность, точность, воспроизводимость. Недооценка и переоценка параметров: Н-принцип.
57. Кластеризация с помощью k-средних.
58. Классификация. Подготовка данных. Ошибки. Обучение и проверка. Проклятие размерности.
59. Эволюционный факторный анализ.
60. Постановка задачи разрешения многомерных кривых. Неопределенность.
61. Квадратичный дискриминантный анализ.
62. Методы разрешения многомерных кривых. PLS-дискриминация.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (1 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Хемометрика» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 15 баллов, второй – 25 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю»
зав. кафедрой ХФИ
____ Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И.О. Фамилия)
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева
Кафедра химического и фармацевтического
инжиниринга
18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»
Хемометрика

Билет № 1

1. Линейная регрессия в хемометрике. Сравнительный анализ метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия.
2. Многомерный подход к анализу данных. Ковариантность измерений.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Шачнева Е.Ю. Хемометрика. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие // – М.: РУСАЙНС, 2016. – 144 с
2. Дребущак Т.Н. Введение в хемометрику: Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун.-т. Новосибирск. – 2013. – 88 с.
3. Гордиенко М.Г. Основы работы и программирования в среде MATLAB: учеб. пособие // М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2015. – 79 с., ISBN 978-5-7237-1259-1.

Б. Дополнительная литература

1. Дребущак Т.Н. Введение в хемометрику. Практика анализа экспериментальных данных: Учебное пособие. 2011. □ 88 с.
2. Шараф М.А. Хемометрика./ М.А. Шараф, Д.Л. Иллмэн, Б.Р. Ковальски. – Л.: Химия. 1989. – 272 с.
3. Браверман Э.М. Структурные методы обработки эмпирических данных/ Э.М. Браверманн, И.Б. Мучник. – М.: Наука, 1983. – 464 с.
4. Дубровский С.А. Прикладной многомерный статистический анализ/ С.А. Дубровский. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 216 с.
5. Воеводин В.В. Матрицы и вычисления/ В.В. Воеводин, Ю.А. Кузнецов. –М: Наука, 1984. – 320 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Журнал аналитической химии», ISSN 0044-4502;
- «Химическая технология», ISSN 1684-5811;
- «Контроль качества продукции», ISSN 2541-9900;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN 2073-0004;
- «Программные продукты и системы», ISSN 2311-2735.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
- Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com>.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. Программное обеспечение:
 - Пакет прикладных программ Octave (свободно распространяемое ПО);
 - Пакет прикладных программ MATLAB (лицензия РХТУ);
 - ПО Excel из пакета Microsoft Office (лицензия РХТУ).
2. Электронные конспекты лекций, теоретические положения и примеры выполнения лабораторных работ, задания по лабораторным работам.

Подготовлены варианты заданий для выполнения лабораторных работ, направленных на приобретение студентами навыков обработки информации с применением методов хеометрики.

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

– доступ к групповым чатам (WhatsApp), к вебинарам или онлайн-конференции (webinar.ru, zoom.us), к каналам, содержащим видео-презентации (youtube.ru).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Хеометрика»* проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины *«Хеометрика»* имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Хеометрика»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий,

руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами, проекторы, экраны; аудитории со стационарными комплексами отображения информации с любого электронного носителя; WEB-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные учебные издания по дисциплинам вариативной части, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	24	Бессрочно
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022, Лицензия антивируса (продление на 1 год)	-	29.08.2023

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; основы теории методов измерений; методы обнаружения и обработки сигналов. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации. <i>Владеть:</i> практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №1- 2 Оценка за самостоятельную работу №1 Оценка за домашнюю работу №1 Оценка на зачет с оценкой
Раздел 2. Градуирование (калибровка)	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы обнаружения и обработки сигналов; смысл операции градуирования и применяемые методы; основные свойства корреляционной матрицы; структурные методы регрессионного анализа <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации. <i>Владеть:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомодальных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №3-4 Оценка за Самостоятельные работы №2-3 Оценка за зачет с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 3. Классификация	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы распознавания образов, кластерного анализа. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации; разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации. <i>Владеть:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №5 - 6 Оценка за самостоятельную работу №4 Оценка на зачет с оценкой
Раздел 4. Разрешение многомерных кривых	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы обнаружения и обработки сигналов; назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания; методы разложения сложных сигналов на простые. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации; разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа; определять сложность сигналов и выполнять их разрешение. <i>Владеет:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №7-8 Оценка за самостоятельную работу №5 Оценка за домашнюю работу №2 Оценка на зачет с оценкой

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Хеометрика»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Статистические методы для R&D»

**Направление подготовки 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и
технологии химических производств»**

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена: к.т.н., доцентом, доцентом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга Е.В. Гусевой.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Статистические методы для R&D»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающийся имеет теоретическую и практическую подготовку в области математики, статистики, информатики, процессов и аппаратов химической технологии и аналогичных дисциплин.

Цель дисциплины «Статистические методы для R&D» – изложить основные методы статистической обработки данных, интерпретации полученных результатов, планирования экстремальных экспериментов, а также рассмотреть понятия и основы статистического управления процессами в химической технологии.

Задачи дисциплины:

- изучение основных методов статистической обработки данных и основных методов планирования экстремальных экспериментов;
- рассмотреть понятия и основы статистического управления процессами в фармацевтике.

Цель и задачи дисциплины достигаются с помощью:

- понимания основных методов статистической обработки данных и интерпретации полученных результатов;
- изучения методов планирования экстремальных экспериментов;
- ознакомления с понятиями и основами статистического управления процессами в фармацевтике.

Дисциплина **«Статистические методы для R&D»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	– Химическое, химико-технологическое производство – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство; – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2 Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	– Химическое, химико-технологическое производство; – Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные понятия статистики;
- современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов;
- основы SPS (статистического управления процессами).

Уметь:

- использовать методы обработки экспериментальных данных;
- выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий;
- выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации.

Владеть:

- навыками составления плана эксперимента для проведения экспериментальных исследований в области фармацевтики, химической технологии и биотехнологии.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	2,12	76	57
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Раздел 1. Характеристики случайных величин. Корреляционный и регрессионный анализ	47	5	8	4	30
1.1	Основные характеристики СВ. Математическое ожидание и дисперсия. Генеральная совокупность и случайная выборка. Оценки. Определение дисперсии по текущим измерениям.	14	2	1	1	10
1.2	Доверительные интервалы и доверительная вероятность	13	1	1	1	10
1.3	Коэффициент корреляции. Приближенная регрессия. Регрессионный анализ	20	2	6	2	10
2.	Раздел 2. Методы планирования эксперимента	45	6	14	5	20
2.1	Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Метод крутого восхождения по поверхности отклика.	21	3	6	2	10
2.2	Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона, ортогональные и ротатабельные планы Бокса- Хантера. Ортогональные линейные насыщенные планы. Планы Плакетта- Бермана	24	3	8	3	10
3.	Раздел 3. Теория вариабельности	17	3	2	2	10
3.1	История развития статистического управления процессами. Методы разведочного анализа данных. Основы теории вариабельности.	7,5	1,5	–	1	5

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
3.2	Открытие Шухарта. Правило Исикава. Основы SPS (статистического управления процессами)	9,5	1,5	2	1	5
4.	Раздел 4. Контрольные карты. Шухарта (ККШ)	35	3	10	6	16
4.1	Контрольные карты Шухарта (ККШ). Классификация. ККШ числа дефектов. ККШ индивидуальных значений и скользящего размаха. ККШ средних значений и размахов. Анализ ККШ. ККШ по количественным и качественным признакам. Анализ данных на основе гистограмм.	19,5	1,5	6	4	8
4.2	Основы SPS (статистического управления процессами) с использованием стандартов.	15,5	1,5	4	2	8
	ИТОГО	144	17	34	17	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Характеристики случайных величин. Корреляционный и регрессионный анализ. Основные характеристики СВ. Математическое ожидание и дисперсия. Генеральная совокупность и случайная выборка. Оценки. Определение дисперсии по текущим измерениям. Доверительные интервалы и доверительная вероятность. Коэффициент корреляции. Приближенная регрессия. Регрессионный анализ.

Раздел 2. Методы планирования эксперимента. Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Метод крутого восхождения по поверхности отклика. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона, ортогональные и ротатабельные планы Бокса-Хантера. Ортогональные линейные насыщенные планы. Планы Плакетта-Бермана.

Раздел 3. Теория вариабельности. История развития статистического управления процессами. Методы разведочного анализа данных. Основы теории вариабельности. Открытие Шухарта. Правило Исикава. Основы SPS (статистического управления процессами).

Раздел 4. Контрольные карты. Шухарта (ККШ). Контрольные карты Шухарта (ККШ). Классификация. ККШ числа дефектов. ККШ индивидуальных значений и скользящего размаха. ККШ средних значений и размахов. Анализ ККШ. ККШ по количественным и качественным признакам. Анализ данных на основе гистограмм. Основы SPS (статистического управления процессами) с использованием стандартов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<i>Знать:</i>					
1	основные понятия статистики		+	+		
2	современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов		+	+		
3	основы SPS (статистического управления процессами)				+	+
	<i>Уметь:</i>					
4	использовать методы обработки экспериментальных данных		+	+	+	+
5	выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий			+		
6	выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации			+		
	<i>Владеть:</i>					
7	навыками составления плана эксперимента для проведения экспериментальных исследований в области фармацевтики, химической технологии и биотехнологии		+	+	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
8	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+	+	+
9	ПК-2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	для проведения научно-исследовательских работ					
10	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения.	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

Практические занятия по дисциплине «*Статистические методы для R&D*» проводятся в соответствии с Учебным планом в 1 семестре и занимают 17 акад. ч. Практические занятия охватывают все 4 раздела дисциплины. На практических занятиях рассматриваются основные задачи по тематикам разделов. Решение задач на практических занятиях способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Статистические методы для R&D», а также дает знания об использовании методов обработки экспериментальных данных, создания различных планов экспериментов, дает представление о статистическом управлении процессами.

Примеры практических занятий и разделы, которые они охватывают.

№	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Часы
1	1.1, 1.2	Расчет математического ожидания и дисперсии на основе экспериментальных данных. Определение доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии	2
2	1.3	Расчет коэффициента корреляции по экспериментальным данным. Определение коэффициентов в уравнении регрессии методом МНК	2
3	2.1	Составление ПФЭ. Определение коэффициентов в уравнении регрессии.	2
4	2.2	Составление композиционного плана эксперимента. Определение звездного плеча для перехода к ортогональным планам	3
5	3.1-3.2	Рассмотрение методов разведочного анализа данных и открытие Шухарта	2
6	4.1	Рассмотрение контрольных карт Шухарта (ККШ)	4
7	4.2	Рассмотрение основ SPS (статистического управления процессами)	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Статистические методы для R&D*» проводится в соответствии с Учебным планом в 1 семестре и занимает 34 акад. ч. Лабораторные работы охватывают все 4 раздела дисциплины. В практикум входит 8 работ по тематикам разделов, выполняемые в программном пакете Microsoft Excel, примерно по 3-4 часа на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторных работ способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Статистические методы для R&D*», а также дает знания об использовании методов обработки экспериментальных данных, создания различных планов экспериментов, дает представление о статистическом управлении процессами.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.1, 1.2	Определение дисперсии по текущим измерениям. Расчет доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии	2
2	1.3	Определение коэффициентов в уравнении регрессии методом МНК. Множественная регрессия. Проведение регрессионного анализа	6
3	2.1	Построение ПФЭ и ДФЭ, проведение регрессионного анализа	6
4-5	2.2	Построение ортогональных планов и планов, совмещённых с латинскими квадратами, проведение регрессионного анализа	8
6	3	Визуализация игры «Красные бусы»	2
7	4.1	Построение КШШ различного типа	6
8	4.2	Построение и анализ гистограмм (ствол-и-листья и ящик-с-усами)	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Статистические методы для R&D»* предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 акад. ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно- библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой (1 семестр) и лабораторного практикума (1 семестр) по дисциплине *«Статистические методы для R&D»*.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Для текущего контроля не предусмотрено реферативно-аналитической работы по дисциплине *«Статистические методы для R&D»*.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы (по одной контрольной работе по разделам 1, 2, 3 и 4). Максимальная оценка за контрольные работы

1 и 3 составляет по 5 баллов за каждую, за 2 – 10 баллов. 40 баллов отводятся на лабораторные работы.

Разделы 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе №1. Максимальная оценка – 5 баллов. Контрольная работа №1 содержит 5 задач, по 1 баллу за задачу.

Пример 1

Оценить ошибку определения плотности вещества, используя следующие результаты измерений: масса 420,2 г, ошибка измерения массы 0,22 г; объем 50,15 см³, ошибка измерения объема 0,12 см³.

Пример 2

Были получены значения зависимости концентрации вещества А от температуры. Результаты представлены в таблице. Необходимо провести статистический анализ однородность дисперсий и посчитать ошибку измерения концентрации.

Номер опыта	Т-ра,	Номер пробы				
		1	2	3	4	5
1	T1	1,20	2,30	2,90	2,01	2,05
2	T2	1,25	3,00	2,80	2,32	2,17
3	T3	1,29	2,80	2,70	2,25	2,07
4	T4	1,25				

Пример 3

При проведении экспериментальных исследований по выбору концентрации вспомогательного вещества А, добавляемого в смесь для изготовления таблеток, было проведено несколько опытов. Значения концентраций в растворе были в г/л: 2,25, 2,75, 3,6, 2,8. Определить доверительный интервал для оценки истинного значения концентрации, если уровень значимости равен 0,05, объем выборки $n = 25$ и генеральное среднее квадратичное отклонение равно 1,05.

Пример 4

Определить зависимость содержания Fe, % (y), в кристаллах медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ от содержания FeSO_4 , г/л (x), в маточном растворе. Экспериментальные данные приведены в таблице.

x	50	60	70	85	100	105
y	0,65	0,96	0,93	1,33	1,75	2,32

- оценить однородность дисперсий
- определить дисперсию воспроизводимости
- выбрать вид функциональной зависимости
- определить уравнение регрессии
- провести регрессионный анализ результатов.

Кроме того, была проведена дополнительная серия опытов при $x^\circ=60$; $y^\circ=1,05$; 0,95; 0,93. При решении использовать МНК.

Пример 5

По технологии необходимо изготовить таблетки шарообразной формы. Шарик считается годным, если отклонение X диаметра шарика от проектного размера по абсолютной величине меньше 0,5 мм. Считая, что случайная величина X распределена нормально со

средним квадратичным отклонением $\sigma=0,25$ мм. Найти, сколько в среднем будет годных шариков среди ста изготовленных.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе №2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа №2 содержит 2 задачи, по 5 баллов за каждую.

Контрольная работа 2

Задание 1

Определить содержание железа, % (y), в кристаллах медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ от содержания FeSO_4 , г/л (x) в маточном растворе. Каждый опыт повторен два раза.

N	x	y ₁	y ₂
1	50	0,65	0,84
2	60	0,96	0,84
3	70	0,93	1,2
4	85	1,33	1,47
5	100	1,75	1,86
6	105	2,32	2,48

- оценить однородность дисперсий
- определить дисперсию воспроизводимости
- выбрать вид функциональной зависимости $y = f(x)$
- определить уравнение регрессии
- провести регрессионный анализ результатов

Использовать метод МНК.

Задание 2

Для ПФЭ 2^3 , данные в таблице

Уровни факторов	X ₁	X ₂	X ₃
Основной	7	2	4
Интервал варьирования	4	2	3
Верхний	11	4	7
Нижний	3	0	1

- построить матрицу планирования в реальных и кодированных значениях,
- оценить однородность дисперсий
- найти уравнение регрессии с учетом двойных и тройных эффектов
- оценить значимость коэффициентов
- проверить адекватность уравнения эксперименту.

Значения y:

N	1	2	3	4	5	6	7	8
y	38	20	21	33	-38	31	-23	12

Отдельная серия опытов: $y_1 = 34$, $y_2 = 35$, $y_3 = 34,5$, $y_4 = 33,5$

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе №3. Максимальная оценка – 5 баллов. Контрольная работа №3 содержит 1 задачу.

Было проведено взвешивание 30 образцов. В таблице представлены экспериментальные данные в граммах. В каждой строке приведены результаты четырех взвешиваний последовательно изготовленных изделий. Построить КШШ средних значений и размахов ($\bar{X} - R$ карта) и двойную КШШ. Провести интерпретацию КШШ.

№ п/п	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
1	40	43	41	47
2	43	41	40	45
3	42	42	41	50
4	40	43	43	40
5	42	36	36	36
6	42	43	42	46
7	41	33	45	45
8	42	44	39	41
9	40	45	42	42
10	42	38	44	38
11	36	36	38	45
12	43	43	43	45
13	42	46	42	46
14	42	45	37	38
15	42	47	46	43
16	37	33	36	39
17	44	36	41	46
18	35	40	42	42
19	41	43	38	42
20	38	41	46	36
21	43	41	45	38
22	40	46	41	39
23	43	37	41	45
24	43	45	38	43
25	38	45	36	38
26	34	42	37	39
27	40	43	40	41
28	41	40	38	38
29	43	42	42	36
30	43	43	42	39

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов. Билет для зачёта с оценкой содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

1. Функция и плотность распределения. Моменты распределения. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины. Их свойства. Квантили.
2. Функция Лапласа. Задача об абсолютном отклонении.
3. Генеральная совокупность и случайная выборка. Выборочная функция распределения. Метод максимального правдоподобия. Оценки математического ожидания и дисперсии.
4. Классификация ошибок измерения. Закон сложения ошибок. Ошибки косвенных измерений. Определение дисперсии воспроизводимости по текущим

измерениям.

5. Доверительные интервалы, доверительная вероятность. Статистические гипотезы. Проверка статистических гипотез. Оценки математического ожидания и дисперсии нормально распределенной случайной величины.

6. Сравнение нескольких дисперсий. Проверка однородности результатов измерений. Критерии Бартлетта, Кохрена, Фишера и Дункана.

7. Сравнение двух средних. Критерий Стьюдента. Сравнение нескольких средних, Критерий Дункана. Критерий Вилькоксона.

8. Метод корреляционного анализа. Стохастическая связь. Выборочный коэффициент корреляции. Коэффициенты частной корреляции.

9. Приближенная регрессия. Использование метода наименьших квадратов для регрессии. Линейная регрессия от одного параметра. Описание регрессионного анализа.

10. Метод множественной корреляции. Проведение регрессионного анализа в матричной форме.

11. Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент (уровни, факторы, факторное пространство, параметры оптимизации). Несмешанные и смешанные оценки.

12. Построить план эксперимента 2^3 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии, в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.

13. Описание дробного факторного эксперимента. Понятия генерирующего соотношения и определяющего контраста. Разрешающая способность дробной реплики. Построить план 2^{4-1} с получением несмешанных оценок для линейных эффектов.

14. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика. Интервал варьирования. Эффективность метода крутого восхождения.

15. Описание области, близкой к экстремуму. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона, их структура. Центральный композиционный план второго порядка.

16. Ортогональные планы второго порядка. «Звездное» плечо».

17. Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера. Эквидистантные

18. Метод наименьших квадратов на примере уравнения $y = b_0 + b_1x$. Алгоритм регрессионного анализа для случая отдельной выборки объема m повторных опытов в одной точке.

19. Метод наименьших квадратов на примере уравнения $y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k$. Алгоритм регрессионного анализа для случая наличия параллельных опытов с разным m повторных опытов в одной точке.

20. Метод наименьших квадратов на примере уравнения $y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k$. Алгоритм регрессионного анализа для случая наличия параллельных опытов с одинаковым m повторных опытов в одной точке.

21. Построить ортогональный план второго порядка для $k=5$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 3 раза).

22. Построить ортогональный план второго порядка для $k=3$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 3 раза).

23. Построить ортогональный план второго порядка для $k=4$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен 3 раза).

24. Построить ортогональный план второго порядка для $k=4$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (каждый опыт повторен либо 2, либо 3 раза).

25. Построить ортогональный план второго порядка для $k=3$. Преобразовать

квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (Отдельная серия опытов 3 раза).

26. Крутое восхождение по поверхности отклика. Построить план 2^{4-1} с получением несмешанных оценок для линейных эффектов. Провести иллюстрацию движения по поверхности отклика.

27. Построить план для ПФЭ эксперимента 2^2 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии, в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.

28. Построить план эксперимента 2^3 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии, в случае, когда каждый опыт повторен либо 2, либо 3 раза.

29. Построить план эксперимента 2^3 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии в случае отдельной серии опытов 4 раза.

30. Построить план эксперимента 2^4 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии в случае, когда каждый опыт повторен 3 раза.

31. Построить план эксперимента 2^4 . Провести регрессионный анализ для линейного уравнения регрессии в случае отдельной серии опытов 4 раза.

32. История развития статистического управления процессами. Методы разведочного анализа данных.

33. История развития статистического управления процессами. Основы теории вариабельности.

34. История развития статистического управления процессами. Открытие Шухарта. Правило Исикава.

35. Изложить основы SPS (статистического управления процессами).

36. История возникновения и описание контрольных карт Шухарта (ККШ). Классификация. ККШ числа дефектов.

37. История возникновения и описание контрольных карт Шухарта (ККШ). Классификация. ККШ индивидуальных значений и скользящего размаха. ККШ средних значений и размахов.

38. Анализ ККШ по количественным и качественным признакам. Анализ данных на основе гистограмм.

39. Основные методы разведочного анализа данных.

40. Статистическое мышление. Открытие Шухарта.

41. Вариабельность. Источники вариабельности. Примеры.

42. Основы теории вариабельности. Общие и особые причины вариаций. Операциональное определение причин вариаций.

43. Описание методологии построения контрольных карт Шухарта (КШШ).

44. Построение КШШ. КШШ средних значений и размахов ($\bar{X} - R$ карта).

45. Построение КШШ. КШШ индивидуальных значений и скользящего размаха ($x - mR$ карта).

46. Поведение точек на карте. Интерпретация КШШ. Привести пример.

47. Правила для выявления специальных причин вариаций. Примеры.

48. Классификация КШШ. Особенности выбора для конкретного случая. Пример.

49. Построение и анализ гистограмм. Типовые гистограммы.

50. Гистограмма: подход ствол-и-листья.

51. Гистограмма: подход ящик-с-усами.

52. ГОСТы по статистическому управлению процессами.

Основная терминология.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и пример билетов для зачёта с оценкой (1 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «*Статистические методы для R&D*» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю»
зав. кафедрой ХФИИ

____ Н.В. Меньшутина
(Подпись) (И.О. Фамилия)
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

Кафедра химического и фармацевтического
инжиниринга

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
Магистерская программа – «Современные процессы,
аппараты и технологии химических производств»

Статистические методы для R&D

Билет № 1

1. Построить ортогональный план второго порядка для $k=3$. Преобразовать квадратичные столбцы. Провести регрессионный анализ результатов (Отдельная серия опытов 3 раза).
2. История возникновения и описание контрольных карт Шухарта (ККШ). Классификация. ККШ числа дефектов.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Ахназарова С.Л. Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов с неполной информацией о механизме [Текст]: учебное пособие для вузов/ Ахназарова С.Л., Гордеев Л.С., Глебов М.Б. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 100с.
2. Гордиенко М. Г. Измерения. Статистическая обработка результатов пассивного и активного экспериментов в биотехнологии [Текст]: учебное пособие / М. Г. Гордиенко, Баурин Д.В., Кареткин Б.А., Шакир И.В. Панфилов В.И. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 105 с.
3. Ахназарова С.Л. Использовании функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / Ахназарова С.Л., Гордеев Л.С. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 76 с.Б.

Б. Дополнительная литература

1. Ахназарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1985. –327 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://www.studmed.ru/ahnazarova-sl-kafarov-vv-metody-optimizacii-eksperimenta-v-himicheskoy-tehnologii_ab54b5cc745.html (дата обращения: 15.03.2024).
2. Адлер Ю. П., Шпер В. Л. Практическое руководство по статистическому управлению процессами. – М: Лань, 2019. – 234 с.

3. ГОСТ Р ИСО 22514-1-201. Статистические методы. Управление процессами. Часть 1. Общие принципы. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200127243> (Дата обращения: 23.03.2024).
4. ГОСТ Р ИСО 22514-2-2015 Статистические методы. Управление процессами. Часть 2. Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200127201> (Дата обращения: 23.03.2024).
5. ГОСТ Р 50779.46-2012/ISO/TR 22514-4:2007 Статистические методы. Управление процессами. Часть 4. Оценка показателей воспроизводимости и пригодности процесса (Переиздание). [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200096445> (Дата обращения: 23.03.2024).

9.1 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Вопросы статистики» ISSN 2313-6383 (Print), ISSN 2658-5499 (Online)
- Журнал «Химико-фармацевтический журнал». ISSN 0023-1134 (Print).
- Журнал «Аналитика» ISSN 2227-572X (Print).
- Журнал «Фармация и фармакология» ISSN 2307-9266 (Print). ISSN 2413-2241(Online).
- Journal of Pharmaceutical Research International ISSN 2456-9119 (Print). ISSN2231-2919 (Online).
- Pharmaceutical Chemistry Journal ISSN 0091-150X (Print). ISSN 1573-9031(Online).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронныйресурс] <http://www.nanojournal.ru>
- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692; «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

Сайты на актуальные компании производителей лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 15;
- конспекты лекций в формате *.pdf – 15;
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- банк вариантов лабораторных работ – 30;

- банк билетов для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой) – 30;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows, Microsoft Office).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. При этом первый пункт списка дополняется или заменяется на:

- доступ к групповым чатам (ЕИОС), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype, электронная почта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Статистические методы для R&D»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащённые компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием: лабораторная установка для грануляции и покрытия Hüttlin (Bosch, Германия), лабораторная установка псевдооживленного слоя Mini-Glatt (Германия), установка распылительной сушки Buchi Mini-Spray Dryer (Швейцария), изолятор компании SKAN AG (Швейцария), установка

распылительной сушилки Niro (Дания), лиофильная сушилка CoolSafe (Дания), стерилизующий ферментер/ биореактор Biostat Sartorius (Германия), установки собственной конструкции для проведения процессов в среде сверхкритических флюидов, тестер для проведения теста на растворение Sotax AT7 (Швейцария), спектрофотометр “Экрос” ПЭ-5400 (Россия), оптический микроскоп MicrosAustria (Австрия), вагоанализатор Axis Asg500 (Польша), многофункциональное устройство и др.

Материально-техническая база кафедры химического и фармацевтического инжиниринга постоянно обновляется и является достаточной для проведения необходимых лабораторных занятий.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Статистические методы для R&D»* доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с оборудованием, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

На кафедре химического и фармацевтического инжиниринга, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению **18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, магистерской программе *«Современные процессы, аппараты и технологии химических производств»*, имеется в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Для реализации дисциплины *«Статистические методы для R&D»* на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева, имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 8.1	Контракт № 62-64ЭА/2013,	24	Бессрочно

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
	Professional Get Genuine	Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478		
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013, MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477	24	Бессрочно
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022, Лицензия антивируса (продление на 1 год)	-	29.08.2023

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Характеристики случайных величин. Корреляционный и регрессионный анализ	<i>Знает:</i> основные понятия статистики; современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. <i>Умеет:</i> использовать методы обработки экспериментальных данных. <i>Владеет:</i> навыками составления плана эксперимента для проведения экспериментальных исследований в области фармацевтики, химической технологии и биотехнологии.	Оценка за лабораторные работы №1, 2. Оценка на зачёте с оценкой
Раздел 2. Методы планирования эксперимента	<i>Знает:</i> основные понятия статистики; современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. <i>Умеет:</i> использовать методы обработки экспериментальных данных; выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий; выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации. <i>Владеет:</i> навыками составления плана эксперимента для проведения экспериментальных исследований в области фармацевтики, химической технологии и биотехнологии.	Оценка за лабораторные работы № 3, 4, 5. Оценка за контрольную работу №1. Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 3. Теория вариабельности	<i>Знает:</i> основы SPS (статистического управлениями процессами).	Оценка за лабораторную

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<i>Умеет:</i> использовать методы обработки экспериментальных данных. <i>Владеет:</i> навыками составления плана эксперимента для проведения экспериментальных исследований в области фармацевтики, химической технологии и биотехнологии.	работу №6. Оценка за контрольную работу №2. Оценка на зачёте с оценкой.
Раздел 4. Контрольные карты. Шухарта (ККШ)	<i>Знает:</i> основы SPS (статистического управления процессами). <i>Умеет:</i> использовать методы обработки экспериментальных данных; выбрать КШШ в зависимости от специфики процесса. <i>Владеет:</i> навыками составления плана эксперимента для проведения экспериментальных исследований в области фармацевтики, химической технологии и биотехнологии.	Оценка за лабораторную работу №7, 8. Оценка за контрольную работу №3. Оценка на зачёте с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Статистические методы для R&D»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
магистерская программа – «Современные процессы, аппараты и технологии
химических производств»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
 ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: *Комарницкая Елена Анатольевна*
 Проректор по образованию,
 Ректорат

Подписан: 01:09:2025 14:19:40