

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 08.01.2023 12:36:27  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6a9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Моделирование химико-технологических процессов

Закреплена за подразделением Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	144	Формы контроля в семестрах: зачет с оценкой 8
в том числе:		
аудиторные занятия	54	
самостоятельная работа	90	

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	10			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
В том числе инт.	12	12	12	12
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	90	90	90	90
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*Алексеев Д.И.*

Рабочая программа

**Моделирование химико-технологических процессов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

18.03.01 Химическая технология, 18.03.01\_22\_ХимТехнология\_ПрПЭиУМ.plx Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 30.11.2021, протокол № 35

Утверждена в составе ОПОП ВО:

18.03.01 Химическая технология, Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 30.11.2021, протокол № 35

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 24.06.2021 г., №11

Руководитель подразделения к.ф.-м.н., доцент Гюнтер Д.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель: Изучить теоретические и практические основы моделирования химико-технологических процессов
1.2	Задачи:
1.3	- изучить основные методы построения, численного решения, реализации (представления) и исследования с помощью компьютерных программ математических моделей;
1.4	- освоить существующие основные математические модели, используемые при описании химико-технологических процессов;
1.5	- научить свободному чтению современных математических моделей в области профессиональной компетенции (коксохимия).

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Курсовая научно-исследовательская работа	
2.1.2	Решение прикладных задач с использованием MATLAB	
2.1.3	Химическая технология топлива и углеродных материалов	
2.1.4	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа	
2.1.5	Массообменные процессы химической технологии	
2.1.6	Химия высокомолекулярных соединений	
2.1.7	Обогащение полезных ископаемых	
2.1.8	Технология и использование углеродных материалов	
2.1.9	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.10	Физическая химия	
2.1.11	Начертательная геометрия и инженерная графика	
2.1.12	Химия	
2.1.13	Информатика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-2: Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области химического производства, опираясь на последние достижения науки и цифровую трансформацию производства</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-32 современные информационные технологии
ПК-2-31 основные источники информации; классификационные библиографические системы
<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знании о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-33 методологию научного эксперимента, основы обработки и обобщения экспериментальных данных в виде научных отчетов, докладов и презентаций
ОПК-1-31 природу химической связи и свойства различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов
ОПК-1-32 основные методы и средства проведения экспериментальных исследований и испытаний с учетом требований техники безопасности
<b>ПК-2: Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области химического производства, опираясь на последние достижения науки и цифровую трансформацию производства</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 грамотно обработать научно-техническую информацию по выбранной теме и оформить аналитический обзор

<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знании о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 анализировать основные механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире
<b>ПК-2: Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области химического производства, опираясь на последние достижения науки и цифровую трансформацию производства</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У2 проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности
<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знании о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У2 выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования, испытания по заданной методике
<b>ПК-2: Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области химического производства, опираясь на последние достижения науки и цифровую трансформацию производства</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В2 навыками пользователя сетевых компьютерных технологий и баз данных в своей профессиональной области
ПК-2-В1 методами поиска, сбора и классификации научно-технической информации
<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знании о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 навыками анализа механизмов химических реакций, протекающих в технологических процессах
ОПК-1-В2 способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Общие сведения о математических моделях технических устройств и процессов</b>							
1.1	Понятие математической модели. Классификация моделей. /Лек/	8	3		Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.2Л3. 2 Э1			
1.2	Особенности моделирования нелинейных процессов. Моделирование работы напорных баков. /Пр/	8	2		Л1.4Л2.1Л3. 2 Э1 Э2			
1.3	Импульсные процессы. Идеальный импульсный элемент. /Ср/	8	4		Л1.5 Л1.6Л2.1Л3. 1 Э1 Э3			

1.4	Способы математического представления моделей объектов и процессов. Понятие передаточной функции. Линеаризация моделей. /Лек/	8	2		Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			
1.5	Линеаризация методом касательной. Зависимость коэффициентов линеаризации от выбора рабочей точки. /Пр/	8	3		Л1.3Л2.1Л3. 2 Э1			
1.6	Линеаризация разложением в ряд Тейлора. Запись уравнения в отклонениях от рабочей точки. /Пр/	8	3		Л1.5 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э2			
1.7	Составление передаточных функций и работа с ними в среде Matlab. /Пр/	8	2		Л1.5Л2.1Л3. 2 Э1			
1.8	Интерфейс Matlab. Командная строка. Основные команды при работе с символьными величинами. Основные команды при работе с графикой Рабочее пространство. Основные команды при работе с переменными. Типы данных. /Ср/	8	6		Л1.5 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1 Э2 Э3			
1.9	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	8	2		Э3			
	<b>Раздел 2. Методы исследования объектов и процессов. Функции отклика.</b>							
2.1	Экспериментальные исследования объектов и процессов. Понятие отклика объекта. Типовые воздействия. Переходные процессы динамических моделей. /Лек/	8	2		Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.2 Э2			
2.2	Методы получения переходной характеристики в Matlab. /Ср/	8	2		Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э2			
2.3	Импульсная характеристика, способы получения в Matlab. Графический вывод. /Ср/	8	2		Л1.4 Л1.6Л2.2Л3. 2 Э1			
2.4	Интерфейс Simulink. Работа с библиотекой компонентов. /Ср/	8	2		Л1.5 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			
2.5	Частотные характеристики объектов и процессов. Идентификация моделей. /Лек/	8	2		Л1.4Л2.2 Э1			
2.6	Построение ЛАЧХ и ЛФЧХ моделей. /Ср/	8	2		Л1.3 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			

2.7	АФЧХ объекта. Трактовка АФЧХ. Имитация снятия частотных характеристик с реальных систем. /Ср/	8	2		Л1.3 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э2			
2.8	Типовые элементарные звенья. /Лек/	8	2		Л1.2Л2.2 Э1			
2.9	Исследование апериодических объектов первого порядка /Пр/	8	2		Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1			
2.10	Безынерционные объекты. Усилительное звено. /Пр/	8	2		Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Э2			
2.11	Интегрирующее звено. Реальный интегратор. /Пр/	8	2		Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			
2.12	Дифференцирующее звено. Реальный дифференцирующий элемент /Пр/	8	2		Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э2			
2.13	Импорт, экспорт данных из симулинк в рабочее пространство Matlab /Ср/	8	2		Л1.3Л2.1Л3. 2 Э2			
2.14	Выбор решателя модели. Виды решателей. Настройка параметров моделирования. Дискретная передаточная функция. D-разбиение. /Ср/	8	2		Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			
2.15	Использование команды solve для решения систем уравнений. Методы решения дифференциальных уравнений в Matlab. Ненулевые начальные условия. Метод Dsolve. /Ср/	8	4		Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			
2.16	Апериодическое звено второго порядка. /Пр/	8	2		Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1			
2.17	Колебательное звено. Коэффициент демпфирования. /Пр/	8	2		Л1.4Л2.1Л3. 2 Э2			
2.18	Консервативное звено. Звено чистого запаздывания. Разложение в ряд Паде. /Пр/	8	2		Л1.4 Л1.6Л2.1Л3. 2 Э1	Виртуальный тьюториал		
	<b>Раздел 3. Типовые процессы в химической технологии</b>							
3.1	Модели идеального смешения и их характеристики. /Лек/	8	2		Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.2 Э1 Э2			
3.2	Модели идеального вытеснения, характеристики, область применения /Лек/	8	2		Л1.2 Л1.4Л2.2 Э1			

3.3	Моделирование каскада напорных баков. Определение уровня маточного раствора в кастрюлях сульфатного отделения КХП с применением математической модели. /Пр/	8	2		Л1.4Л2.1Л3.2 Э1	коучинг		
3.4	Моделирование процессов седиментации глины. /Пр/	8	2		Л1.4 Л1.6Л2.1Л3.2 Э1	коучинг		
3.5	Моделирование тепловых процессов. /Пр/	8	2		Л1.4Л2.1Л3.2 Э2	виртуальный тьюториал		
3.6	Способы управления ходом расчета модели. События в Simulink. Использование операторов вариантов в Simulink. /Ср/	8	2		Л1.3 Л1.6Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2			
3.7	Программирование событий. Предзагрузка переменных в модель /Ср/	8	2		Л1.5Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1			
3.8	Упрощение представления компьютерной модели. Использование подсистем, объединение сигналов в шины. Разъединение шин. Порты ввода/вывода сигналов Simulink. Размерность массива данных. /Ср/	8	2		Л1.4Л2.1Л3.2 Э1			
3.9	Моделирование кинетики химической реакции /Пр/	8	2		Л1.2 Л1.4Л2.1Л3.2			
3.10	Изучение материала в LMS Canvas. Подготовка к контрольной работе /Ср/	8	4		Л1.4 Л1.6 Э3			
	<b>Раздел 4. Оптимизация процессов с использованием математических моделей.</b>							
4.1	Метод градиентов и метод Лагранжа. Решение задач с функциями ограничениями. /Лек/	8	2		Л1.2 Л1.4Л2.2Л3.2 Э1			
4.2	Решение задач оптимизации методом Линейного программирования /Лек/	8	1		Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.2Л3.2 Э2			
4.3	Оптимизация размера хранилища кислоты по принципу минимизации расхода материала /Пр/	8	2		Л1.1Л2.1Л3.2 Э1	коучинг		
4.4	Оптимизация размера хранилища кислоты по принципу минимизации Затрат на изготовление, монтаж, эксплуатацию. /Пр/	8	2		Л1.1 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	коучинг		
4.5	Симплекс – методы в моделировании /Ср/	8	4		Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1			

4.6	Графические методы поиска оптимальных решений в мини-максных задачах /Ср/	8	2		Л1.4Л2.1Л3. 2 Э1			
4.7	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	8	4		Э3			
4.8	Подготовка к экзамену в LMS Canvas /Ср/	8	4		Э3			
4.9	Проведение экзамена /Экзамен/	8	36		Э3			

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**



**5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)**

Контрольная работа 1 (ПК-1.2\_31, ПК-1.2\_У1, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

Компьютерное моделирование

№ варианта

Модель

0 В бак круглого сечения размерами  $d=5600$  мм,  $h=10000$  мм подают каменноугольную смолу плотностью  $\rho=1280$  кг/куб.м. в количестве 60 куб.м/ч в течение 8 часов. Через 3 часа после начала подачи смолы в баке образовалось отверстие  $D_0=25$  мм на высоте 3 м от дна. Построить модель и показать динамику наполнения бака за 8 часов использования.

Контрольная работа 2. (ПК-1.2\_31, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

Письменный опрос.

№ варианта

Тема

0 Модель идеального смешения потоков. Метод оптимизации Лагранжа

Вопросы к экзамену (ПК-1.2\_31, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

1. Понятие математической модели.
2. Классификация моделей.
3. Типовые элементарные звенья.
4. Импульсные процессы.
5. Идеальный импульсный элемент.
6. Особенности моделирования нелинейных процессов.
7. Моделирование работы напорных баков.
8. Способы математического представления моделей объектов и процессов.
9. Понятие передаточной функции.
10. Линеаризация моделей.
11. Линеаризация методом касательной.
12. Зависимость коэффициентов линеаризации от выбора рабочей точки.
13. Линеаризация разложением в ряд Тейлора.
14. Запись уравнения в отклонениях от рабочей точки.
15. Составление передаточных функций и работа с ними в среде Matlab.
16. Экспериментальные исследования объектов и процессов.
17. Понятие отклика объекта. Типовые воздействия.
18. Переходные процессы динамических моделей.
19. Методы получения переходной характеристики в Matlab. Импульсная характеристика, способы получения в Matlab.
20. Частотные характеристики объектов и процессов.
21. Идентификация моделей.
22. Построение ЛАЧХ и ЛФЧХ моделей.
23. АФЧХ объекта. Трактовка АФЧХ.
24. Снятие частотных характеристик с реальных систем.
25. Апериодические объекты первого порядка.
26. Безынерционные объекты. Усилительное звено.
27. Интегрирующее звено. Реальный интегратор.
28. Дифференцирующее звено. Реальный дифференцирующий элемент.
29. Дискретная передаточная функция. D-разбиение.
30. Апериодическое звено второго порядка.
31. Колебательное звено. Коэффициент демпфирования.
32. Консервативное звено.
33. Звено чистого запаздывания.
34. Разложение в ряд Паде.
35. Модели идеального смешения и их характеристики.
36. Модели идеального вытеснения, характеристики, область применения.
37. Моделирование тепловых процессов.
38. Моделирование кинетики химической реакции.
39. Метод градиентов.
40. Метод Лагранжа.
41. Решение задач с функциями ограничениями.
42. Решение задач оптимизации методом Линейного программирования.
43. Симплекс – методы в моделировании.
44. Графические методы поиска оптимальных решений в мини-максных задачах.

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.**

Реферат на тему (Контрольная работа 2) (ПК-1.2\_31, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

- 1 Методы оптимизации параметров нелинейной модели
- 2 Методы идентификации структуры потоков
- 3 Типовые гидродинамические модели
- 4 Комбинированные гидродинамические модели
- 5 Модель реактора с гидродинамикой идеального вытеснения
- 6 Моделирование работы ректификационной колонны
- 7 Основы теории пассивного эксперимента
- 8 Основы теории активного эксперимента
- 9 Методы оценки адекватности математических моделей химико-технологических процессов
- 10 Методы оптимизации математических моделей химико-технологических процессов
- 11 Графические методы поиска оптимальных решений в мини-максных задачах
- 12 Симплекс – методы в моделировании
- 13 Методы решения дифференциальных уравнений в Matlab. Ненулевые начальные условия. Метод Dsolve
- 14 Дискретная передаточная функция. D-разбиение.
- 15 Выбор решателя модели. Виды решателей. Настройка параметров моделирования в Matlab
- 16 Эмпирические методы определения параметров модели процессов химических технологий
- 17 Регрессионный анализ экспериментальных данных. Методы математической статистики при построении математических моделей
- 18 Моделирование процессов на основе нечетких алгоритмов.
- 19 Модели, функционирующие на базе нейронных сетей.
- 20 Реализация алгоритмов нечеткой логики Мамдани и Сугено в Matlab

Расчет полукоксувания топлива по вариантам (торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, кокс)(ПК-1.2\_31, ПК-1.2\_У1, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

Задание:

1. Рассмотреть теоретические основы и аппаратное оформление процесса полукоксувания.
2. Материальный баланс процесса полукоксувания
3. Тепловой баланс процесса полукоксувания.
4. Возможности использования газа полукоксувания.
5. Рассчитать выход газа.
6. Определить низшую теплоту сгорания остатка полукокса.

Примерное задание на Курсовой проект:(ПК-1.2\_31, ПК-1.2\_У1, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра математики и естествознания

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине «Химическая технология топлива и углеродных материалов»

Тема: «Расчёт процесса полукоксувания»

Цель работы:

Рассчитать материальный и тепловой балансы процесса полукоксувания. Спроектировать цех по полукоксуванию бурого угля на основе стандартного оборудования.

Исходные данные:

Бурый уголь

Элементный и технический состав исходного сырья: С 70,0 %, Н 5,0%, N 1,5%, S 1,0%, O 22,5%, Ad 15,0, Wt 10%.

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в устной форме.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра математики и естествознания

## БИЛЕТ № 0

Дисциплина: «Химическая технология твёрдого топлива и углеродных материалов»

Направление: 18.03.01 «Химическая технология»

Форма обучения: очная

- 1) Фракции нефти. Кривая разгонки нефти. ГОСТы на нефть
- 2) Физико-химические основы газификации ТГИ.
- 3) Расчёт процесса полукоксования.

Задачи на статистическую обработку экспериментальных данных (ПК-1.2\_31, ПК-1.2\_У1, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

- 1) Используя любые удобные для Вас средства найдите уравнение регрессии, связывающее два массива данных

X: {0; 5; 10; 15; 25}

Y: {1;3,6;5,9;8,7;13,2}

- 2) Как оценивается точность линейной однопараметрической модели?
- 3) Как оценивается точность двухпараметрических линейных моделей?

- 4) Используя любые удобные для Вас средства найдите уравнение регрессии, связывающее два массива данных

X 1,0051 1,0385 1,0591 1,102 1,1318

Y 0,103 0,635 0,972 1,685 2,192

- 5) Используя алгоритмы нейронных сетей или нечеткой логики постройте модель технологического процесса по следующим исходным данным:

№эксп	x1	x2	x3	x4	x5	y	№эксп	x1	x2	x3	x4	x5
1	234.2	34.20	0.23	20.0	0.5	12.32	11	269.87	69.21	0.41	20.4	
	5.5	17.21										
2	239.6	36.13	0.24	20.0	1.0	13.43	12	270.87	69.25	0.43	20.4	
	6.0	16.43										
3	241.3	39.20	0.25	20.0	1.5	14.45	13	268.10	68.32	0.35	20.3	
	6.5	17.50										
4	252.5	41.98	0.26	20.0	2.0	15.65	14	272.98	71.06	0.51	20.5	
	7.0	14.23										
5	257.9	45.67	0.27	20.3	2.5	16.87	15	281.21	73.76	0.53	20.4	
	7.5	11.65										
6	266.3	49.12	0.28	20.3	3.0	17.45	16	289.54	75.87	0.57	20.4	
	8.0	11.24										
7	267.2	52.98	0.29	20.3	3.5	17.56	17	290.12	79.21	0.61	20.5	
	8.5	10.67										
8	267.5	67.87	0.30	20.4	4.0	18.32	18	292.54	80.10	0.54	20.5	
	9.0	9.80										
9	267.9	68.54	0.32	20.4	4.5	17.34	19	294.98	82.05	0.52	20.5	
	9.5	9.03										
10	268.1	68.32	0.35	20.4	5.0	17.32	20	300.02	85.98	0.53	20.5	
	10.0	8.54										

- 6) Что можно сказать об исходных данных предыдущего задания, если известно, что при проведении параллельных опытов с объектом, его выход менялся:

$y = \{17.30 \ 17.50 \ 17.40 \ 17.60 \ 17.25\}$ ?

- 7) С какой целью используют нейросетевые алгоритмы? Как устроена нейронная сеть?

- 8) Перечислите основные этапы нечеткого вывода.

- 9) Чем отличаются и что общего в алгоритмах Мамдани и Сугено?

- 10) Можно ли нейронную сеть, обученную по одному объекту, без изменения и переобучения использовать на всех объектах такого же типа и технических параметров?

- 11) Определите область применения регрессионных моделей и эмпирических моделей в целом.

- 12) Используя Matlab постройте аппроксимирующую кривую с использованием нейронной сети для функции

а)  $y = 2x + 3x^3 - 4x^5 + 5\sin(20x)$

б)  $y = 8x^3 + 20$

в)  $y = 3(1 - \exp(-x/3))$

Вопросы и задачи на знание методов построения динамических моделей (ПК-1.2\_31, ПК-1.11\_31, ПК-3.1\_31, УК-9.2\_31)

- 1) Что такое передаточная функция и как зная передаточную функцию объекта получить уравнение переходного процесса?

- 2) Постройте линеаризованную модель наполнения/опорожнения цилиндрической напорной емкости и сравните её переходную функцию с аналогичной для нелинеаризованной модели. Параметры обеих моделей следующие: диаметр бака: 5 м; высота бака: 7 м; расход подачи: 60 м<sup>3</sup>/ч.

Жидкость: 98 %- ая серная кислота.

- 3) Постройте графическое отображение расхода истечения во времени по данным задания 2, если расход подачи изменяется по закону:

а) \_\_\_\_\_, м<sup>3</sup>/ч.

б) \_\_\_\_\_, м<sup>3</sup>/ч., ч;

- в) , мЗ/ч ч.
- 5) Что такое явная и неявная разностная схема? Как получить и использовать разностные уравнения при моделировании тепловых процессов?
- 6) Для чего необходимо знать характеристики типовых динамических звеньев? Что такое АЧХ и ФЧХ? Можно ли по экспериментальным данным построить АЧХ?
- 7) Как по ЛАЧХ или АЧХ определить передаточную функцию объекта, а также восстановить уравнение динамики объекта?
- 8) Перечислите и охарактеризуйте типовые возмущения (воздействия), применяемые при изучении свойств объектов или процессов в химических технологиях.

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Критерии оценивания реферата:

Подготовленный и оформленный в соответствии с требованиями письменный ответ или отчет оценивается преподавателем по следующим критериям:

- культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора)
- культура оформления материалов работы;
- знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;
- степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всесторонность раскрытия темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу.

При положительном заключении работа оценивается по системе зачтено/не зачтено.

Критерии оценки ответов на экзамене, проводимом в устной форме

- оценка «отлично» выставляется студенту, если четко сформулирован ответ на вопрос билета, ясно излагаются основные понятия и теоретические основы; логически соединены в единое повествование термины, понятия, теоретические обобщения, относящиеся к раскрываемой теме; если без ошибок выполнено практическое задание;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если частично сформулирован ответ на вопрос билета, излагаются основные понятия и теоретические основы; недостаточно логично соединены в единое повествование термины, понятия, теоретические обобщения, относящиеся к раскрываемой теме; если без ошибок выполнено практическое задание;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствует четко сформулированный ответ на поставленный вопрос и ясное изложение темы; отсутствует логическое соединение в единое повествование теоретические обобщения; ответ формулируется на примерах бытового уровня; практическое задание выполнено с недочетами.

Критерии оценки ответов на экзамене, проводимом в дистанционной форме в LMS Canvas

90 ≤ Процент верных ответов ≤ 100 - отлично

75 ≤ Процент верных ответов < 90 - хорошо

60 ≤ Процент верных ответов < 75 – удовлетворительно

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Самойлов Н.А.	Примеры и задачи по курсу Математическое моделирование химико - технологических процессов. : Учебное пособие		СПб ЛАНЬ, , 2013г,
Л1.2	Гумеров А.М.	Математическое моделирование химико – технологических процессов		СПб ЛАНЬ, 2014,
Л1.3	Закгейм А. Ю.	Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие		Издатель: Логос, 2012, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84988">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84988</a> (22.06.2015).
Л1.4	А.В. Клинов, А.Г. Мухаметзянова	Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие		Казань : Казанский государственный технологический университет, 2009, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=270540">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=270540</a> (22.06.2015)

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.5	А.В. Клинов, А.В. Малыгин	Лабораторный практикум по математическому моделированию химико-технологических процессов : учебное пособие		Казань : КГТУ, 2011, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258853">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258853</a> (22.06.2015)
Л1.6	И.М. Кузнецова	Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов: учебник		СПб.: Лань, 2014,

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	А.Г.Дьячко	Математическое и имитационное моделирование производственных систем: монография		Москва: МИСиС, 2007,
Л2.2	Касаткин, А.Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии		М. : Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., , 1961, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=220605">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=220605</a> (17.12.2015).

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	Соловьев В.П., Богатов Е.М.	Организация эксперимента: учебное пособие		ТНТ, 2016,
Л3.2	Саблин А.В.	Моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие		НФ НИТУ МИСиС, 2016, <a href="http://www.nf.misis.ru">www.nf.misis.ru</a>

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	учебно-методический сайт о моделировании и исследовании систем, объектов, технических процессов и физических явлений.	<a href="http://model.exponenta.ru">model.exponenta.ru</a>
Э2	Статьи о возможностях ПК «МВТУ», опубликованные на сайте <a href="http://model.exponenta.ru">model.exponenta.ru</a> : «Программный комплекс "Моделирование в технических устройствах"».	<a href="http://mvtu.power.bmstu.ru">mvtu.power.bmstu.ru</a>
Э3	LMS Canvas	<a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	<a href="http://model.exponenta.ru">model.exponenta.ru</a> – учебно-методический сайт о моделировании и исследовании систем, объектов, технических процессов и физических явлений.
И.2	<a href="http://mvtu.power.bmstu.ru">mvtu.power.bmstu.ru</a> - Статьи о возможностях ПК «МВТУ», опубликованные на сайте <a href="http://model.exponenta.ru">model.exponenta.ru</a> : «Программный комплекс "Моделирование в технических устройствах"».
И.3	<a href="http://xumuk.ru">xumuk.ru</a>

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Рассмотрим некоторые важные рекомендации студентам для эффективного запоминания любого учебного материала. Это простые и весьма действенные приемы.

Приступая к запоминанию, надо поставить перед собой цель – запомнить надолго, лучше навсегда. Установка на длительное сохранение информации обеспечит условия для лучшего запоминания. Надо осознать, для чего требуется запомнить изучаемый материал. Чем важнее поставленная цель, тем быстрее и прочнее происходит запоминание.

Внимание – резец памяти: чем оно острее, тем глубже следы. Чем больше желания, заинтересованности, эмоциональной включенности в получение новых знаний, тем лучше запомнится.

Чем лучше понимание, тем лучше запоминание. Надо отказаться от зубрежки и для запоминания текста опираться на осмысленное запоминание, которое примерно в 25 раз эффективнее механического. Последовательность работы по осмысленному запоминанию такова: понять, установить логическую последовательность, разбить материал на части и найти в каждой ключевую фразу или опорный пункт, запомнить именно их и использовать как ориентиры. Смысловых блоков должно быть от 5 до 9.

Если выполнение какого-либо задания прервано, то оно запомнится лучше по сравнению с заданиями, благополучно

выполненными.

Лучше два раза прочесть и два раза воспроизвести, чем прочитать пять раз без воспроизведения.

Нужно закреплять в память учебный материал как можно чаще. Оптимальный промежуток между прочтениями колеблется от 10 минут до 16 часов. Перечитывание менее чем через 10 минут оказывается бесполезным, а по истечении 16 часов часть текста забывается.

Заданный учебный материал лучше повторять перед сном и с утра. Давно известно, что лучший способ забыть только что выученное – это постараться сразу же запомнить что-нибудь похожее. Поэтому надо чередовать материал.

При заучивании необходимо учитывать «правило края»: обычно лучше запоминаются начало и конец информации, а середина «выпадает».

Настоящая мать учения не повторение, а применение. Чем больше будет найдено возможностей включить запоминаемый материал в практическую деятельность, тем глубже и надежнее будет запоминание.

Иногда удобно использовать мнемотехнику – искусственные приемы запоминания. Связывать цифры с образами, похожих на них людей и т.д.

Очень важным для студентов является умение эффективно конспектировать лекции. Основные приемы конспектирования можно условно разделить на три группы:

1. Сокращение слов, словосочетаний и терминов. Эти приемы осваиваются очень легко и включают в себя: гипераббревиатуру (когда начальная буква обводится линией), кванторизацию (переворот начальной буквы), способы записи окончаний, иероглифику и пиктографию. Достаточно только тем или иным способом закодировать часто повторяющиеся, а особенно длинные слова и специальные термины. Например, термин «государственная молодежная политика» легко заменить сочетанием букв ГМП. Только замены надо делать все время одни и те же, иначе можно и забыть, что, на что заменили или как сократили.
2. Переработка фразы. Это самый эффективный прием. Но и освоить его до степени автоматизма довольно сложно. Суть состоит в том, что, выслушав фразу лектора до конца, мысленно приведите ее к наиболее короткому и понятному для вас виду, сохраняя ее смысл. Вот эту фразу и запишите.
3. Выделение каким-либо образом существенных фраз и частей текста. Это можно сделать текстовыделителями, величиной отступа, расположением в виде схемы, в виде алгоритма и т.д.

Изучать материал, относящийся к данной теме, следует по одному или нескольким из рекомендованных учебников (список рекомендуемой литературы приведен после требований к результатам изучения курса). Если возникают трудности при работе с основными учебниками, можно изучить соответствующую тему по дополнительной литературе, но затем следует обязательно вернуться к данной теме в учебнике. Для поиска необходимых сведений в учебнике можно использовать предметный указатель в конце учебника.

Самостоятельная работа студентов выражается в подготовке к практическим занятиям, решении домашних заданий.

При подготовке практическим занятиям необходимо работать не только с лекционным материалом, но и использовать литературные источники.