

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 10.10.2023 14:47:43

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Моделирование и оптимизация металлургических процессов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Металлы высоких технологий

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

аудиторные занятия

76

зачет с оценкой 3

самостоятельная работа

32

курсовая работа 3

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	38	38	38	38
Лабораторные	19	19	19	19
Практические	19	19	19	19
Итого ауд.	76	76	76	76
Контактная работа	76	76	76	76
Сам. работа	32	32	32	32
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.тн, доцент, Киров Сергей Сергеевич

Рабочая программа

Моделирование и оптимизация металлургических процессов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-23-18.plx Металлы высоких технологий, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Металлы высоких технологий, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 14.03.2023 г., №11

Руководитель подразделения Тарасов В.П.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины (модуля): подготовка специалиста к научно-технической и организационно-методической деятельности, ориентированной на моделирование металлургического процесса и (или) управление технологическим агрегатом с помощью элементов математической модели систем, обладающих временным дрейфом параметра оптимизации
1.2	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Python для анализа данных	
2.1.2	Инструменты цифрового менеджмента	
2.1.3	Научно-исследовательская практика	
2.1.4	Оказание первой помощи пострадавшим	
2.1.5	Ресурсо- и энергосбережение в производстве легких редких металлов, ч.1	
2.1.6	Ресурсо- и энергосбережение в производстве редкоземельных металлов, ч.1	
2.1.7	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.1	
2.1.8	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тяжелых цветных металлов и сопутствующих элементов, ч.1	
2.1.9	Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.1.10	Организация и математическое планирование эксперимента	
2.1.11	Основы проектирования и строительного дела	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области

Знать:

ОПК-4-32 Основные правила поиска и сбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности

ОПК-4-31 Базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач

УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Знать:

УК-2-32 Принципы получения и обработки информации о свойствах объектов и материалов

УК-2-31 Принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач, с использованием методов моделирования и применением новейших технологий

ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области

Уметь:

ОПК-4-У1 Применять базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности

УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Уметь:

УК-2-У1 Применять для решения поставленных задач принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач, с использованием методов моделирования и применением новейших технологий

УК-2-У2 Определять основные свойства объектов и материалов и выбирать методы получения и анализа соответствующей информации

ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области

Владеть:

ОПК-4-В1 Приемы, связанные с анализом, синтезом, структурированием информации для использования в научной и практической деятельности

УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Владеть:

УК-2-В1 Навыки решения практических задач с использованием методики системного подхода для решения профессиональных задач, с использованием методов моделирования и применением новейших технологий

УК-2-В2 Методами и способами получения, хранения и обработки и анализа информации об основных свойствах объектов и материалов

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
	Раздел 1. Вводное							
1.1	Основные понятия теории моделирования. /Лек/	3	2	ОПК-4-32 УК-2-31 УК-2-32	Л1.1Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.2	Общие принципы моделирования. /Лек/	3	2	УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.2			
1.3	Разработка структурных (информационных) схем взаимодействия объекта моделирования с окружающей средой. Алгоритмы управления (регулирования). /Пр/	3	2	УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7 Э1 Э2 Э3			
1.4	Основы математического пакета MathCad /Ср/	3	5	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 УК-2-У1 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э4	Контроль осуществляется при защите домашней работы 1.		Р1
1.5	Химико-технологический процесс как система. Особенности моделей и задач моделирования. /Лек/	3	4	УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.2			
1.6	Принципы построение математической модели технологического процесса (агрегата) /Лек/	3	2	УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7			
1.7	Аппроксимация экспериментальных данных. Интерполяция и экстраполяция данных. /Пр/	3	1	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.7			
1.8	Домашняя работа 1. "Математическое моделирование технологического процесса в цветной металлургии" /Ср/	3	12	ОПК-4-32 ОПК-4-В1 УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4	Примерный перечень названий тем представлен в разделе ФОС: перечень работ, выполняемых по дисциплине		Р4
	Раздел 2. Экспериментально-статистические методы построения моделей							

2.1	Элементы теории эксперимента. Случайные величины. Статистические оценки. /Лек/	3	2	УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.2			
2.2	Планирование эксперимента. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов. /Лек/	3	2	УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.2			
2.3	Статистическая обработка экспериментальных данных. Вероятностные модели. /Лек/	3	2		Л1.2Л1.1 Л1.1			
2.4	Математическое моделирование ТП с использованием ПФЭ (с учетом взаимного влияния факторов). Построение поверхности отклика МФФ. Метод наименьших квадратов. /Пр/	3	2	ОПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7 Э1 Э2 Э3			
2.5	Функции регрессии. Численное решение алгебраических уравнений и систем уравнений в среде MathCad /Ср/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э4	Контроль осуществляется при защите домашней работы 1.		Р2
2.6	Математические модели на основе математических функций. /Лек/	3	2	УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2			
2.7	Статистические оценки. Коэффициент корреляции. Критерии оценки (проверки). /Пр/	3	1	ОПК-4-В1 УК-2-У2 УК-2-В1	Л1.1Л1.1 Л1.1			
2.8	Теория графов. Моделирование методами сетевого планирования. /Лек/	3	3	ОПК-4-32 УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.1			
2.9	Построение и анализ сетевого графика. Расчет параметров сетевого графика и критического пути. Оптимизация сетевой модели. /Пр/	3	2	УК-2-В1 УК-2-У2 ОПК-4-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2			
2.10	Домашняя работа 2. "Информационное моделирование основного технологического процесса". /Ср/	3	12	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2	Л2.1 Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7Л3.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 Э4	Примерный перечень названий тем представлен в разделе ФОС: перечень работ, выполняемых по дисциплине		Р5
2.11	Основы математического пакета MathCad /Лаб/	3	3	УК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.7			
2.12	Функции регрессии. Численное решение алгебраических уравнений и систем уравнений в среде MathCad /Лаб/	3	4	ОПК-4-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.7			

	Раздел 3. Детерминированные математические модели технологических процессов							
3.1	Моделирование натурального эксперимента. Критерии физического подобия. /Лек/	3	2	ОПК-4-32 УК- 2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.2			
3.2	Задачи физического подобия. Моделирование подобия тепло- и массообмена. Критерии подобия. /Пр/	3	2	УК-2-У1 УК-2 -У2	Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4			
3.3	Математическое описание гидродинамической структуры потоков. Моделирование тепловых процессов, процессов массообмена, кинетики химических реакций и химических реакторов. /Лек/	3	5	ОПК-4-32 УК- 2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.1Л2.2			
3.4	Составление математического описания типовой химической реакции (ТП). /Пр/	3	1	УК-2-У1 УК-2 -У2 УК-2-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2			
3.5	Решение дифференциальных уравнений и основы программирования в среде Mathcad /Ср/	3	1	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК- 2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э4	Контроль осуществляе тся при защите домашней работы 2.		Р3
3.6	Статистические модели объектов на основе активного и пассивного эксперимента. /Лек/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-32 УК- 2-31 УК-2-32	Л1.1Л2.1			
3.7	Математическое моделирование ТП с применением метода вероятностно- детерминированного планирования эксперимента. Многофакторная функция Протодьяконова. Распределение Рэлея. /Пр/	3	2	УК-2-У1 УК-2 -У2 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.7 Э1 Э2 Э3			
3.8	Парная линейная корреляция. Нелинейная корреляционная зависимость. Множественные линейные корреляционные связи. /Пр/	3	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК- 2-У1 УК-2-У2	Л2.7Л1.1			
3.9	Определение фазовой диаграммы вещества на основе аналитического уравнения состояния /Лаб/	3	2	ОПК-4-В1 УК- 2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.7Л3.1			Р9
3.10	Моделирование реакций в аппаратах с различной структурой потока /Лаб/	3	2	ОПК-4-В1 УК- 2-В1 УК-2-В2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.7Л3.1			Р10
3.11	Определение условий фазовых равновесий пар- жидкость идеальных растворов /Лаб/	3	2	ОПК-4-В1 УК- 2-В1 УК-2-В2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.7Л3.1			Р11

3.12	Определение коэффициентов активности по экспериментальным данным фазового равновесия пар–жидкость. /Лаб/	3	2	ОПК-4-В1 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.7Л3.1			P12
Раздел 4. Оптимизация технологических процессов								
4.1	Методы оптимизации ТП. Постановка задачи оптимизации технологических процессов. Методы построения обобщённых критериев оптимальности /Лек/	3	4	ОПК-4-32 УК-2-31 УК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.2	Составление, решение и анализ задачи линейного программирования в Excel. Решение производственной задачи линейного программирования в Excel. Задачи линейного программирования. Решение задач оптимизации в Excel. /Пр/	3	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1 Л1.2Л2.2			
4.3	Компьютерное моделирование технологических процессов. /Лек/	3	2	ОПК-4-31 ОПК-4-32 УК-2-31 УК-2-32	Л1.1Л1.1			
4.4	Задачи оптимизации ТП с применением различных критериев оптимизации. /Пр/	3	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 УК-2-У2 УК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
4.5	Моделирование процесса ректификации бинарной смеси в тарельчатой колонне /Лаб/	3	2	ОПК-4-В1 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.7			P13
4.6	Проектный и поверочный расчет абсорбера /Лаб/	3	2	ОПК-4-В1 УК-2-В1 УК-2-В2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.7			P14

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа №1	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В1;УК-2-В2	<p>1. Примерные вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Что такое регрессионный анализ? 2) Что такое коэффициент корреляции? 3) Какие функции решения уравнения с одним неизвестным и системы уравнений используются в MathCad? 4) Дайте определение экспертного подхода. 5) Опишите жизненные этапы математической модели. <p>2. Примерные задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) В среде MathCad задайте экспериментальные данные, близкие к линейной зависимости, в виде таблицы. Определите коэффициент корреляции. Получите функцию линейной регрессии, описывающую эти экспериментальные данные. Графически и численно определите точность полученной функции регрессии. 2) В среде MathCad задайте произвольный набор данных Y и X. Определите коэффициент корреляции данного набора данных. С помощью функции linfit определите вид линейной зависимости между Y и X. В качестве функции F используйте выражение $F(x) = a \cdot \sin(x) + b \cdot \cos(2x) + d \cdot x^{0,33} + k \cdot x$. Графически и численно определите точность полученной функции регрессии. <p>3. Примерные задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Сравнить два аналитических метода для определения содержания Al_2O_3 в алюминатных растворах. Оценить наличие в полученных результатах: <ul style="list-style-type: none"> Метод 1: 239 243 240 238 245 – Метод 2: 235 249 244 242 245 247 грубой ошибки, проверить гипотезы об однородности дисперсий (наличие случайной ошибки) и средних (наличие систематической ошибки) с уровнем значимости 0,05. 2) Оцените тесноту связи между содержанием Na_2O и SiO_2 (% по масс.) в нефелиновых концентратах Горячегогорского месторождения по следующим данным: <ul style="list-style-type: none"> Na_2O: 5,01 4,59 4,75 5,13 4,88 4,92 SiO_2: 6,30 6,03 6,11 6,25 6,07 6,14.
-----	-----------------------	---	---

КМ2	Контрольная работа №2	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В1;УК-2-В2	<p>1. Примерные вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Виды моделей, которые используются для описания систем управления. 2) Методы определения параметров уравнения регрессии. 3) Что понимают под структурой потока в аппарате? 4) На основе чего составляются математические модели реакторов? 5) Определите области применимости разработанной математической модели. <p>2. Примерные задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) В среде MathCad задайте произвольный набор данных Y и X в виде таблицы. Определите коэффициент корреляции между данными. С помощью функции genfit определите вид зависимости между Y и X. Для нахождения зависимости между данными использовать функцию вида $F(x)=\exp(A+B\cdot x+C\cdot x^2)$, где A, B, и C – неизвестные. Графически и численно определите точность полученной функции регрессии. 2) В среде MathCad с помощью функции root найдите корни уравнения: $4\cdot x^3-5\cdot x+10=0$, используя различные интервалы локализации и точки начального приближения. <p>3. Примерные задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Сравнить гидродинамическую обстановку в лабораторном и промышленном реакторе при условии идентичности условий теплопередачи. Реакторы работают на пульпе плотностью 2500 кг/м³ и вязкостью $950\cdot 10^{-6}$ Па·с. Диаметр мешалки в лабораторном реакторе 0,09 м. Диаметр мешалки в промышленном реакторе 1,5 м. Скорость вращения мешалки в лабораторном реакторе 400 1/мин. 2) В лабораторном реакторе с внутренним диаметром D=0,1 м, высотой – 2·D м, диаметром мешалки 0,05 м и числом оборотов 25 1/с изучают коэффициент теплопередачи от стенки аппарата к пульпе. Определить: <ol style="list-style-type: none"> а) размеры пилотного реактора при условии геометрического подобия аппаратов с учетом, что отношение объемов аппаратов равно 100; б) гидродинамическую обстановку, сохраняющую коэффициент теплопередачи. <p>Расчеты выполнить для жидкости: плотность – 1000 кг/м³, вязкость – $0,89\cdot 10^{-3}$ Па·с.</p>
КМ3	Защита домашних работ "Математическое моделирование технологического процесса в цветной металлургии" и "Информационное моделирование основного технологического процесса"	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В1;УК-2-В2	<p>Примерные вопросы для защиты курсовой работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Физико-химические основы моделируемого технологического процесса. 2. Основные принципы моделирования процесса. 3. Критерии оценки адекватности полученной модели. 4. Устройство и принцип работе основного технологического аппарата. 5. Используемые показатели и критерии сходимости модели и эксперимента. 6. Обоснование принципа и выбора описательной модели процесса. 7. Алгоритм процесса моделирования технологического процесса.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	С.Р. 1 - Основы математического пакета MathCad	УК-2-В1	Ознакомление со средой (пользовательским интерфейсом) MathCad. Принципы работы, алгоритмы, возможности. Изучить способы задания различного типа переменных и функций. Освоить приемы работы с графическим и текстовым редакторами.
P2	С.Р. 2 - Функции регрессии. Численное решение алгебраических уравнений и систем уравнений в среде MathCad	УК-2-В1;ОПК-4-В1	Решение типовых математических (алгебраических) задач, уравнений и систем уравнений, описывающих технологический процесс с использованием средств пакета программ MathCad. Ознакомится с возможностями математического пакета Mathcad при решении задач регрессионного анализа.

P3	С.Р. 3 - Решение дифференциальных уравнений и основы программирования в среде Mathcad	УК-2-В1;ОПК-4-В1	Решение типовых математических (дифференциальных или интегральных) задач и уравнений, описывающих технологический процесс с использованием средств пакета программ MathCad. Знакомство с возможностями языка программирования математического пакета Mathcad и основными операторы и приемы программирования в Mathcad
P4	Домашняя работа № 1. "Математическое моделирование технологического процесса в цветной металлургии".	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В1;УК-2-В2	Примерные темы домашней работы: - Моделирование процесса извлечения сопутствующих компонентов при кислотной обработке золотосодержащего лома - Разработка математической моделирование процесса обжига медно-никелевого концентрата в печах кипящего слоя - Компьютерное моделирование автоматического расчета материальных потоков технологии производства глинозема по способу Байера - Моделирование процесса хлорирования титановых шлаков в печах кипящего слоя - Разработка математической моделирование процесса разложения танталита-колумбита плавиковой кислотой - Компьютерное моделирование автоматического расчета теплового баланса электролизной ванны для рафинирования меди - Математическое моделирование и оптимизация процесса получения гидроксохлорида алюминия
P5	Домашняя работа 2. "Информационное моделирование основного технологического процесса".	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В1;УК-2-В2	Примерные темы домашней работы: - Моделирование процесса цианистого выщелачивания золотосодержащей руды месторождения Чоре. - Разработка алгоритма регулирования процесса выщелачивания медно-никелевого фаянштейна в чане с механическим перемешиванием. - Компьютерное моделирование процесса автоматического расчета теплового баланса процесса хлорирования цирконового концентрата. - Моделирование процесса второй стадии восстановления молибденового порошка в многотрубной печи. - Имитационное моделирование процесса прямой плавки медного сырья на черновую медь. - Разработка алгоритма текущего контроля отходящих газов процесса электролитического получения алюминия. - Компьютерное моделирование процесса автоматического расчета материального баланса процесса трубчатого выщелачивания шеелитового концентрата.
P6	Л.Р. 1 - Основы математического пакета MathCad	УК-2-В1	Ознакомление со средой (пользовательским интерфейсом) MathCad. Принципы работы, алгоритмы, возможности. Изучить способы задания различного типа переменных и функций. Освоить приемы работы с графическим и текстовым редакторами.
P7	Л.Р. 2 - Функции регрессии. Численное решение алгебраических уравнений и систем уравнений в среде MathCad	ОПК-4-В1;УК-2-В2	Решение типовых математических (алгебраических) задач, уравнений и систем уравнений, описывающих технологический процесс с использованием средств пакета программ MathCad. Ознакомится с возможностями математического пакета Mathcad при решении задач регрессионного анализа.
P8	Л.Р. 3 - Решение дифференциальных уравнений и основы программирования в среде Mathcad	ОПК-4-В1;УК-2-В2	Решение типовых математических (дифференциальных или интегральных) задач и уравнений, описывающих технологический процесс с использованием средств пакета программ MathCad. Знакомство с возможностями языка программирования математического пакета Mathcad и основными операторы и приемы программирования в Mathcad
P9	Л.Р. 4 - Определение фазовой диаграммы вещества на основе аналитического уравнения состояния	ОПК-4-В1;УК-2-В2;УК-2-В1	Построение фазовых диаграмм веществ с использованием аналитических (эмпирических, фундаментальных, статистической физики (химии и т.п.) или др.) уравнений состояния или динамики изменения процесса. На основе данных по свойствам вещества в критической точке определить параметры уравнения состояния Ван дер Ваальса. С помощью данного уравнения произвести расчеты фазовой диаграммы и давления насыщенных паров вещества. Построить графически основных зависимостей.

P10	Л.Р. 5 - Моделирование реакций в аппаратах с различной структурой потока	ОПК-4-В1;УК-2- В1;УК-2-В2	Построение математических зависимостей, описывающих особенности гидродинамической обстановки в аппаратах гидрометаллургии, особенности протекания химического процесса или принципов работы технологического аппарата. Для различных моделей структуры потока составить математическую модель протекающих в аппарате химических реакций. На основе полученных моделей провести моделирование работы реактора. Представить результаты оценки эффективности для различных вариантов аппарата графически (в виде зависимости селективности и степени превращения от времени пребывания в аппарате).
P11	Л.Р. 6 - Определение условий фазовых равновесий пар- жидкость идеальных растворов	ОПК-4-В1;УК-2- В1;УК-2-В2	Построение математических зависимостей и графического представления фазовых равновесий в системе пар-жидкость для идеальных растворов. На основе экспериментальных данных по давлению насыщенных паров чистых компонентов определить условия фазовых равновесий пар-жидкость бинарной идеальной смеси при различных термодинамических условиях. Представить результаты в виде диаграмм фазового равновесия ($y-x$; $P-x$, y ; $T-x$, y).
P12	Л.Р. 7 - Определение коэффициентов активности по экспериментальны м данным фазового равновесия пар- жидкость	ОПК-4-В1;УК-2- В1;УК-2-В2	Определить на основе данных по фазовому равновесию пар-жидкость бинарных смесей коэффициенты активности, используя уравнение Маргулеса. На основе полученных параметров уравнения Маргулеса и закона Рауля провести моделирование фазового равновесия бинарной смеси. Сравнить полученные результаты графически (диаграммы u ; $P-x$, y).
P13	Л.Р. 8 - Моделирование процесса ректификации бинарной смеси в тарельчатой колонне	ОПК-4-В1;УК-2- В1;УК-2-В2	Составить математическую модель процесса ректификации бинарной смеси в тарельчатой колонне. На ее основе разработать алгоритм численного решения и, используя язык программирования Mathcad, провести моделирование колонны.
P14	Л.Р. 9 - Проектный и поверочный расчет абсорбера	ОПК-4-В1;УК-2- В1;УК-2-В2	Для заданной модели структуры потока по жидкой и газовой фазам составить математическую модель процессов физической и химической абсорбции. На основе полученных моделей провести моделирование данных процессов в абсорбере, заполненном насадочными контактными элементами. Представить результаты в графическом виде (в виде кривых равновесия и изменения концентрации абсорбтива по высоте аппарата в газовой и жидкой фазах).

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

По курсу предусмотрен зачет с оценкой.

Оценка проставляется по итогам написания контрольной работы и плановой работы в семестре. Варианты контрольной состоят из 3-х вопросов. Примерные вопросы приведены в разделе "Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену, а также устным и письменным опросам обучающихся". Формируются из принципа проверки знаний по уровню Знать, Уметь, Владеть. Один вопрос на каждый уровень.

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

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Касаткин А. Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии	Электронная библиотека	Москва: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1961
Л1.2	Масина О. Н.	Решение задач теории вероятностей и математической статистики в пакете Mathcad: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2007
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Сырецкий Г. А.	Моделирование систем: практикум	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011
Л2.2	Афонин В. В., Федосин С. А.	Моделирование систем: учебно-практическое пособие: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) Бином. Лаборатория знаний, 2011
Л2.3	Мугаллимова С. Р.	Практические занятия по математическому анализу с использованием MathCad: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2014
Л2.4	Волкова В. Н., Горелова Г. В., Козлов В. Н., Лыпарь Ю. И., Паклин Н. Б.	Моделирование систем: подходы и методы: учебное пособие	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013
Л2.5	Зариковская Н. В.	Математическое моделирование систем: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014
Л2.6	Советов Б. Я., Яковлев С. А.	Моделирование систем. Практикум: учеб. пособие для бакалавров	Библиотека МИСиС	М.: Юрайт, 2012
Л2.7	Дмитриева В. В.	Практикум для семинаров и лабораторных занятий по дисциплине "Моделирование систем управления": учеб. пособие для студ., обуч. по спец. 210100 "Управление и информатика в техн. системах"	Библиотека МИСиС	М.: Горная книга, 2011
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Советов Б. Я., Яковлев С. А.	Моделирование систем: Курсовое проектирование: учеб. пособие для студ. вузов по спец. 'Автоматизир. системы управления'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1988
Л3.2	Касаткин А. Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для студ. хим.-технол. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Химия, 1971
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				

Э1	eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Э2	Российская государственная библиотека им. В.И. Ленина	https://www.rsl.ru/
Э3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/
Э4	Учебно-методическая литература для студентов	https://www.studmed.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	Консультант Плюс
П.5	MATCAD
П.6	MATLAB
П.7	Statistica Base Windows v6

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА - eLIBRARY.RU - https://elibrary.ru/defaultx.asp?
И.2	Российская государственная библиотека им. В.И. Ленина - https://www.rsl.ru/
И.3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России - http://www.gpntb.ru/
И.4	Справочно-правовая система (СПС) «Консультант Плюс» - https://cons-plus.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекции проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.
2. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, средств LMS CANVAS И и при личной явке.