



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль/специализация) программы
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	5

Магнитогорск
2024 год


Программа практики/НИР составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

Программа практики/НИР рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Металлургии и химических технологий
09.01.2024 протокол №4

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Программа практики/НИР одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2024 г. Протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Программа составлена:
профессор кафедры МиХТ, д-р физ.-мат. наук  А.Н.
Смирнов

Рецензент:
доцент кафедры Химии, канд. техн. наук  Л.Г. Коляда

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

свободное владение основными методами построения, численного решения, реализации (представления) и исследования с помощью ЭВМ математических моделей;

освоение существующих основных математических моделей, используемых при описании химико-технологических процессов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Планирование эксперимента и моделирование химико-технологических процессов входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Массообменные процессы химической технологии

Химические реакторы

Процессы и аппараты химической технологии

Техническая термодинамика и теплотехника

Физическая химия

Математика

Физика

Физико-химические основы металлургических процессов

Подготовка углей для коксования

Основы технического творчества

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/ практик:

Учебно-исследовательская работа студента

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Планирование эксперимента и моделирование химико-технологических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-2	Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-2.1	Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-2.2	Выбирает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-5	Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные
ОПК-5.1	Выбирает и применяет методы и средства измерения для определения свойств материалов и готовой продукции
ОПК-5.2	Проводит экспериментальные исследования и использует основные приёмы обработки и представления полученных данных

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 14,9 акад. часов;
- аудиторная – 12 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 120,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 2 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел "Общие вопросы моделирования"								
1.1 Общее понятие модели. Многообразие форм представления модели. Понятие о математическом моделировании. Основные подходы к построению математических моделей. Аналитический подход к моделированию. Экспериментальный подход к моделированию. Комбинированный подход к моделированию. Основные этапы построения математических моделей. Триединство процесса моделирования: модель,	5	2			20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания	Собеседование, домашнее задание, экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2
1.2 Примеры математического моделирования из различных областей знания (физика, биология).		1			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания	Собеседование, домашнее задание, экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2
Итого по разделу		3			25			
2. Раздел "Аналитический подход к моделированию химико-технологических процессов"								

<p>2.1 Понятие о физико-химическом моделировании. Основные сведения из курса "Физическая химия". Термодинамика химических превращений. Направление химических реакций. Уравнение изотермы химической реакции. Способы описания концентрации реагирующих веществ. Изменение энергии Гиббса в ходе реакции. Уравнение изотермы химической реакции в стандартных условиях. Связь между константами равновесия в зависимости от способа описания состава реакционной смеси. Гетерогенное химическое равновесие: запись констант равновесия. Определение констант равновесия при различных температурах. Понятие о линейной зависимости химических реакций. Метод Тёмкина-Шварцмана для расчёта констант равновесия. Расчёт константы равновесия на основе равновесных концентраций реагирующих веществ. Расчёт равновесных концентраций на основе константы равновесия. Методика расчёта равновесных концентраций при одновременном протекании нескольких реакций (методика моделирования равновесного состава раствора). Ограничения термодинамического подхода в случае моделирования (расчёта) равновесного состава реагирующих веществ.</p>	5	1		3	20	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания</p>	<p>Собеседование, домашнее задание, экзамен</p>	<p>ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2</p>
<p>2.2 Кинетические особенности протекания химических реакций. Методика составления систем уравнений, описывающих равновесные концентрации веществ, принимающих участие в химических реакциях.</p>				2	20	<p>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания</p>	<p>Собеседование, домашнее задание, экзамен</p>	<p>ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2</p>

2.3 Дифференциальные уравнения непрерывности потока для движения несжимаемой жидкости, теплопроводности, конвективной теплопроводности, диффузии, конвективной диффузии; уравнение материального баланса для элементарного объёма реактора любого типа. Общие сведения о теории подобия. Основные критерии подобия. Критериальные				28	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания	Собеседование, домашнее задание, экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2
Итого по разделу	1		5	68			
3. Раздел "Экспериментальный подход"							
3.1 Статистические методы анализа экспериментальных данных. Экспериментальные оценки истинного значения измеряемой случайной величины и её дисперсии. Определение грубых ошибок среди результатов повторностей опыта. Средневзвешенные оценки дисперсии. Анализ однородности исходных оценок дисперсии. Определение доверительной ошибки экспериментальной оценки измеряемого параметра. Определение числа повторностей опыта, обеспечивающего получение заданной доверительной ошибки оценки определяемого	5		3	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания	Собеседование, домашнее задание, экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2

3.2 Планирование и обработка результатов однофакторного экспериментов. Формализация экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Симметричный и равномерный план однофакторного эксперимента. Проверка адекватности полученного уравнения и его использование для оптимизации процесса. Двухуровневые планы многофакторных экспериментов. Метод наименьших квадратов при обработке результатов многофакторного эксперимента. Двухуровневый план полного факторного эксперимента ПФЭ2п. Уравнения, получаемые по результатам реализации планов ПФЭ2п. Статистический анализ значимости оценок коэффициентов уравнения, его адекватности и работоспособности. Дробный факторный эксперимент ДФЭ2п-п'. Рассмотрение примеров.				6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания	Собеседование, домашнее задание, экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2	
Итого по разделу				3	12			
4. Раздел "Комбинированный метод"								
4.1 Особенности комбинированных математических моделей. Рассмотрение математических моделей из области профессиональной компетенции	5				15,4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение Домашнего задания	Собеседование, домашнее задание, экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2
Итого по разделу					15,4			
5. Раздел "Экзамен"								
5.1 Экзамен	5					Подготовка к экзамену	Экзамен	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2
Итого по разделу								
Итого за семестр		4		8	120,4		экзамен	
Итого по дисциплине		4		8	120,4		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» используются различные образовательные технологии:

1. Информационно-развивающие технологии, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими. Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации;

2. Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность;

3. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности проблемно мыслить, видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения. Используются следующие виды проблемного обучения: освещение основных проблем изучаемой дисциплины на лекциях, учебные дискуссии, решение задач повышенной сложности. Преподаватель лишь создает проблемную ситуацию, а разрешают её обучаемые в ходе самостоятельной деятельности;

4. Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента на консультациях, при выполнении домашних индивидуальных заданий, подготовке индивидуальных отчетов по индивидуальным заданиям, решении задач.

Методическая концепция преподавания дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» предусматривает активную форму усвоения материала, которая обеспечивает максимальную самостоятельность студента в решении технологических задач при выполнении заданий.

Также предусмотрены различные виды лекционных занятий:

- лекция с разбором конкретной задачи, изложенной в устной форме или в виде слайда или видеозаписи, студенты совместно с преподавателем обсуждают и анализируют представленный материал;

- лекция с разбором нерешенных и проблемных вопросов дисциплины – анализ и обсуждение возможных вариантов решения этих вопросов.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, выполнения индивидуальных заданий, в процессе подготовки к коллоквиумам и итоговой аттестации.

Интерактивное обучение включает следующие методы:

- работа в команде
- проблемное обучение
- контекстное обучение
- обучение на основе опыта
- междисциплинарное обучение
- эвристическая беседа
- учебная дискуссия.

Для оценки знаний рекомендуется использовать рейтинговую систему, которая обеспечивает диагностику достижения обучаемым заданного уровня компетентности на каждом этапе текущего, промежуточного и рубежного, итогового контроля. Цель

студента – набрать максимальное число баллов. При рейтинговой системе резко возрастает роль текущего контроля. В конце семестра, студенты, набравшие суммарный рейтинг 50% получают допуск к экзамену.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Ефремов, Г. И. Моделирование химико-технологических процессов : учебник / Г.И. Ефремов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 255 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://new.znaniium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/12066. - ISBN 978-5-16-103090-5. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/989195>

2. Загкейм, А. Ю. Загкейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Загкейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/468690>

б) Дополнительная литература:

1. Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие / Э.Д. Иванчина, Е.С. Чернякова, Н.С. Белинская, Е.Н. Ивашкина ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 115 с.- ISBN 978-5-4387-0787-5. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1043896>

2. Карманов, Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad: Учебное пособие/Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский - Москва : КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 208 с. ISBN 978-5-905554-96-4. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/508241>

3. Козлов, А. Ю. Статистический анализ данных в MS Excel : учеб. пособие / А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 320 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/2842. - ISBN 978-5-16-101024-2. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/987337>

4. Головнев, Н.Н. Энергетика и направленность химических процессов. Химическая кинетика и химическое равновесие : учеб. пособие / Н.Н. Головнев. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-3783-4. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1031881>

5. Максименко И. И., Нагорный Ю. С., Глущенко И. М., Иванченко В. А. Влияние технологических факторов коксования на показатели прочности кокса // Кокс и химия. 1978. № 8. С. 12–14.

6. Михно В. П., Скляр М. Г., Лурье М. В. и др. Исследование зависимости фи-зи-ко-механических свойств и выхода кокса от режима коксования // Кокс и химия. 1975. № 2. С. 8–12.

7. Станкевич А. С. О прогнозе коксующести углей на основе их петрографических особенностей // Кокс и химия. 1964. № 8. С. 5–7.

8. Станкевич А. С. Физико-химические методы снижения влажности коксовой шихты // Кокс и химия. 1967. № 4. С. 1–7.

9. Станкевич А. С., Мыкольников И. А. Составление угольных шихт и прогноз их коксуемости на основе химико-петрографических параметров углей // Кокс и химия. 1973. № 4. С. 3–7.

10. Станкевич А. С., Золотухин Ю. А., Проскуряков А. Е., Пьянкова И. С. Зависимость внешней структуры и свойств кокса от петрографической характеристики угольных смесей // Кокс и химия. 1980. № 10. С. 13–17.

11. Станкевич А. С., Золотухин Ю. А., Калинина Г. И. и др. Взаимосвязь между механической прочностью кокса, химико-петрографическими параметрами шихт из кузнецких углей и режимом их коксования // Кокс и химия. 1981. № 2. С. 27–31.

12. Станкевич А. С., Мюллер И. П., Лельчук В. И. Распределение углей и составление угольных шихт для коксования с прогнозом качества кокса на основе линейного программирования // Кокс и химия. 1981. № 11. С. 4–8.

13. Станкевич А. С. Расчет шихт и прогноз качества кокса из углей восточных бассейнов на основе их петрографических параметров // Кокс и химия. 1983. № 9. С. 11–16.

14. Станкевич А. С., Трегуб В. В., Алешин В. И. и др. Прогноз качества кокса на основе параметров Единой промышленно-генетической классификации углей // Кокс и химия. 1990. № 12. С. 36–39.

15. Станкевич А. С., Чегодаева Н. А., Венс В. А., Черемискина А. Н. Оптимизация состава шихты для коксования и прогноз качества кокса по химико-петрографическим параметрам // Кокс и химия. 1998. № 9. С. 11–17.

16. Станкевич А. С., Круглов В. Н., Ворсина Д. В., Золотухин Ю. А. Модель оптимизации показателей прочности кокса на основе химико-петрографических параметров углей и нелинейного программирования // Кокс и химия. 2000. № 5. С. 21–29.

в) Методические указания:

1. Логунова, О. С. Экспертные оценки и системы в металлургии черных металлов : учебное пособие / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, И. И. Мацко. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/64> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Логунова, О. С. Эконометрика : пакет заданий по дисциплине для всех специальностей заочной формы обучения / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, В. В. Королева ; МГТУ, Каф. вычислительной техники и прикладной математики. - Магнитогорск : МГТУ, 2010. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/582>

- Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. 1. Крылова, С. А. Введение в анализ и синтез химико-технологических систем : учебное пособие / С. А. Крылова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1379>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации)

Учебная аудитория для проведения практических занятий (Персональные компьютеры с пакетом MS Office, вы-ходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета)

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Доска, учебные столы, стулья)

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (стеллажи для хранения оборудования, методическая литература для учебных занятий).