

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

В.В. Потанин

« 28 » 06 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Применение математического моделирования к анализу химико-технологических процессов	Код модуля М.1.18
Образовательная программа Химическая технология	Код ОП 18.03.01/33.01
Направление подготовки Химическая технология	Код направления и уровня подготовки 18.03.01

Нижний Тагил, 2023

Программа модуля и программы дисциплин составлены автором:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сидоров Олег Юрьевич	Доктор техн.наук, профессор	профессор	Департамент естественнонаучного образования

Руководитель модуля
«согласовано в электронном виде»

О.Ю. Сидоров

Рекомендовано:

Учебно-методическим советом НТИ (филиал) УрФУ

Председатель учебно-методического совета
«согласовано в электронном виде»

М.В. Миронова

Протокол № 6 от 28.06.2023 г.

Согласовано:

Руководитель ОП
«согласовано в электронном виде»

О.Ю. Сидоров

Начальник ОООД
«согласовано в электронном виде»

С.Е. Четвериков

Инженер (ведущий) ОБИР

А.В. Катаева

Раздел 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «Применение математического моделирования к анализу химико-технологических процессов»

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Применение математического моделирования к анализу химико-технологических процессов» является компонентом образовательной программы «Химическая технология».

Модуль «Применение математического моделирования к анализу химико-технологических процессов» состоит из четырех дисциплин – «Системы управления химико-технологическими процессами», «Основы научных исследований в технологии природных энергоносителей», «Математическое моделирование технологических процессов», «Применение технологий искусственного интеллекта в технических системах».

Дисциплина «Системы управления химико-технологическими процессами» нацелена на приобретение студентами навыков и умений, связанных с проектированием и эксплуатацией систем автоматического управления, выбором технических средств автоматизации и законов регулирования, средств автоматизации, необходимых для осуществления профессиональной деятельности.

Дисциплина «Основы научных исследований в технологии природных энергоносителей» формирует у обучающихся способности к проведению научных исследований для решения задач, связанных с разработкой и анализом энерго-ресурсосберегающих химико-технологических процессов; выдвигать гипотезы и предлагать пути их проверки; делать выводы на основе экспериментальных данных; составлять теоретические модели процессов, протекающих в химических технологиях.

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов» нацелена на подготовку способностей к составлению математических моделей технологических процессов и их реализации на ЭВМ с использованием пакетов прикладных программ; изучение численных методов решения прикладных задач химических технологий.

Дисциплина «Применение технологий искусственного интеллекта в технических системах» формирует у обучающихся навыки построения систем искусственного интеллекта и их использования для анализа работы химико-технологических систем; нацелена на изучение математических методов построения искусственного интеллекта; применения методов искусственного интеллекта для решения задач прогнозирования характеристик готовой продукции.

1.2. Структура и объем модуля

№ п/п	Перечень дисциплин модуля	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1.	Системы управления химико-технологическими процессами	3 / 108	зачет
2.	Основы научных исследований в технологии природных энергоносителей	4 / 144	зачет
3.	Математическое моделирование	4 / 144	Зачет, КР

	технологических процессов		
4.	Применение технологий искусственного интеллекта в технических системах	6 / 216	Зачет
ИТОГО по модулю:		17 / 612	не предусмотрено

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	«Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности», «Специальные разделы научно-фундаментальных основ профессиональной деятельности»
Постреквизиты и корреквизиты модуля	«Технологические измерения», «Практика»

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Изучение дисциплин модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям, включенным в формулировку результатов обучения.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Индикаторы учитываются при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Системы управления химико-технологическими процессами	ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности, а также осуществлять экспериментальные исследования и	<i>Знания:</i> <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; • основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; • типовые системы автоматического управления в химической промышленности;

	<p>испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.</p>	<p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> определять основные статические и динамические характеристики объектов управления; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> использования метода математического моделирования для управления химико-технологическими процессами.
	<p>ПК-6: Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, используя технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, и осуществляя изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> типовые системы автоматического управления в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения. <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> построить математические модели частей системы водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> использования математических моделей частей систем водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения.
	<p>ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> типовые системы автоматического управления в химической промышленности; <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> построить математическую модель химической реакции; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> использования математической модели химической реакции для управления химико-технологическими процессами.
<p>Основы научных исследований в технологии природных энергоносителей</p>	<p>ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов; методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных; <p><i>Умения:</i></p>

		<ul style="list-style-type: none"> • применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • методами математической статистики для обработки результатов экспериментов. • Использования методов решения научных и инженерных задач.
	<p>ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • способы определения механизма и параметров кинетических уравнений химических реакций. <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • способен определить механизм и параметры кинетического уравнения химической реакции. <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • расчета параметров кинетического уравнения химической реакции.
<p>Математическое моделирование технологических процессов</p>	<p>ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности, а также осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные;</p>	<p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • применять методы вычислительной математики для решения конкретных задач моделирования; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • решения конкретных задач моделирования. • расчета материального и теплового баланса процесса коксования.

	<p>ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • методы построения математических моделей технологических процессов • основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • моделировать физико-химические процессы в технологических устройствах. • применять математическую модель для оценки влияния свойств сырья и технологии на характеристики готовой продукции. <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <p>расчета физико-химических процессов в технологических устройствах.</p>
<p>Применение технологий искусственного интеллекта в технических системах</p>	<p>ОПК-8: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • методы построения искусственных нейронных сетей <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • применения искусственной нейронной сети для решения задач профессиональной деятельности
	<p>ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности, а также осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • способен адаптировать методы искусственного интеллекта к решению задач организации технологического процесса.

	данные;	
	ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.	<p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • способен построить модель искусственного интеллекта для моделирования технологического процесса <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • расчета характеристик готовой продукции с помощью методов искусственного интеллекта.

1.5. Форма обучения

Реализация модуля предусмотрена для обучающихся по очной и очно-заочной формам.

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ

Применение математического моделирования к анализу химико-технологических процессов

2.1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления химико-технологическими процессами

2.1.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

Традиционная (репродуктивная) технология с использованием элементов электронного обучения.

2.1.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности, а также осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике,	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; • основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; • типовые системы автоматического управления в химической промышленности; <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;

<p>проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.</p>	<p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> использования метода математического моделирования для управления химико-технологическими процессами.
<p>ПК-6: Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, используя технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, и осуществляя изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> типовые системы автоматического управления в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения. <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> построить математические модели частей системы водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> использования математических моделей частей систем водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения.
<p>ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.</p>	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> типовые системы автоматического управления в химической промышленности; <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> построить математическую модель химической реакции; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> использования математической модели химической реакции для управления химико-технологическими процессами.

2.1.1.3. Содержание дисциплины

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Основные понятия теории автоматического управления.	Основные понятия теории автоматического управления. Основные понятия и определения. Классификация САУ по принципу действия. САУ по отклонению. САУ по возмущению. Комбинированные САУ.
Р2	Свойства объектов управления и их математическое описание.	Свойства объектов управления и их математическое описание. Метод математического моделирования. Понятие о кривой разгона. Аналитическое определение характеристик

		объектов управления (участок трубопровода, дозатор сыпучего материала, реактор периодического действия). Сравнительная характеристика объектов управления.
P3	Преобразование Лапласа	Преобразование Лапласа и его свойства. Оригиналы и изображения. Решение дифференциальных уравнений операционным методом.
P4	Временные переходные характеристики.	Временные переходные характеристики. Расчет кривой разгона и передаточной функции. Переходная характеристика, функция веса и их взаимосвязь. Частотные характеристики. Годограф.
P5	Типовые динамические звенья. Структурный метод.	Типовые динамические звенья. Структурный метод. Пропорциональное звено. Дифференцирующее звено. Интегрирующее звено. Аperiodическое звено. Звено чистого запаздывания. Структурные схемы. Способы соединения элементов в системы. Последовательные соединения. Параллельные соединения. Обратная связь. Разомкнутые и замкнутые САУ. Преобразование многоконтурных структурных схем.
P6	Регуляторы производственных процессов.	Регуляторы производственных процессов. Интегральный регулятор. Пропорциональный регулятор. Пропорционально-интегральный регулятор. Пропорционально-дифференциальный регулятор. Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор.
P7	Устойчивость автоматических систем.	Устойчивость автоматических систем. Понятие устойчивости по Ляпунову. Теоремы Ляпунова. Критерии устойчивости САУ. Критерий Гурвица. Критерий Вышнеградского. Критерий Найквиста. Критерий Михайлова.
P8	Качество процессов управления. Синтез систем управления.	Качество процессов управления. Стационарный режим. Переходный режим. Прямые показатели качества переходных процессов. Косвенные критерии качества. Корневые критерии качества. Интегральные критерии качества. Методы синтеза автоматических систем.

2.1.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.1.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

3. Сидоров О.Ю. Лабораторные занятия по дисциплине «Системы управления химико-технологическими процессами»: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Системы управления химико-технологическими процессами». [Электронный

Печатные издания

1. Коновалов Б.И. Теория автоматического регулирования: учебное пособие для вузов. СПб: Лань, 2010. 224 с. - 15 экз.
2. Беспалов А.В. Задачник по системам управления химико-технологическими процессами: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ Академкнига, 2005. 307 с. - 15 экз.
3. Теория автоматического управления: Учебник для вузов/Под ред. В.Б.Яковлева. М.: Высшая школа, 2005. 567 с. - 5 экз.
4. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования. М.: Высшая школа, 2004. 365 с. - 4 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<http://biblioclub.ru>)
2. ЭБС «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).
3. ЭБ «Электронная библиотека НТИ» (<http://nti.urfu.ru>).

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а так же в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

2.1.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п\п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Комплект переносного проекционного оборудования: ноутбук, проектор, экран на штативе.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019.
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от

			<p>аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.</p>	<p>18.11.2019. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно.</p>
3	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
4	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.</p> <p>Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.</p>	<p>Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037</p>

2.2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы научных исследований в технологии природных энергоносителей

2.2.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.2.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

Традиционная (репродуктивная) технология с использованием элементов электронного обучения.

2.2.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов;• методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных; <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• методами математической статистики для обработки результатов экспериментов.• Использования методов решения научных и инженерных задач.
ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• способы определения механизма и параметров кинетических уравнений химических реакций. <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• способен определить механизм и параметры кинетического уравнения химической реакции. <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• расчета параметров кинетического уравнения химической реакции.

2.2.1.3. Содержание дисциплины

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Основные этапы проектирования химических производств	Проект промышленного предприятия. Технико-экономическое обоснование. Задание на проектирование. Генеральный план. Основные стадии проектирования. Разработка технологической схемы производства.
P2	Метрологическое обеспечение эксперимента	Измерение физических величин. Типы погрешностей измерений. Доверительный интервал для оценки математического ожидания нормального распределения при неизвестном σ . Суммарная погрешность измерений. Погрешности косвенных измерений. Ведение лабораторного журнала. Требования к оформлению научного отчета.
P3	Построение математических моделей элементов ХТС	Детерминированные модели. Смеситель потоков. Теплообменник. Реактор идеального вытеснения. Построение моделей статистическими методами. Полный двухфакторный эксперимент. Трехфакторный эксперимент. Многофакторный эксперимент.
P4	Исследование кинетики химических реакций в технологии природных теплоносителей	Задачи кинетики. Экспериментальные исследования кинетики реакций. Вывод механизма реакции из кинетических экспериментов. Кинетика образования оксидов азота при обогреве коксовых печей.
P5	Описание тепловых и гидродинамических процессов.	Теплопередача. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Математическая формулировка задачи теплообмена. Стационарная теплопроводность. Теплопроводность при нестационарном режиме. Основы теории подобия. Уравнения гидродинамики. Турбулентность. Пограничный слой. Течение в трубах. Течение падающей пленки. Основы гидравлики. Уравнение Бернулли. Скорость истечения жидкости из отверстия в резервуаре. Кавитация.

2.2.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.2.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

2. Сидоров О.Ю. Основы научных исследований в технологии природных энергоносителей : методические указания к практическим занятиям. [Электронный ресурс]. Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2019. – 26 с. №15-02/18195-17

Печатные издания

1. Рузавин Г.И. Методология научного познания: уч. пос. М.: ЮНИТИ ДАНА, 2005. 287 с.

– 2 экз.

2. Кузнецов И.Н. Научное исследование: методика проведения и оформление. М.: Дашков и К. 2006. 460 с. – 2 экз.

3. Горелов, Николай Афанасьевич Методология научных исследований : учебник и практикум для бакалавриата и магистратура / Н. А. Горелов, Д. В. Круглов, О. Н. Кораблева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2019. - 365, [1] с. : ил. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Приложений: с. 332-337. - Глоссарий: с. 338. - Библиогр. в конце глав.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<http://biblioclub.ru>)

2. ЭБС «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).

3. ЭБ «Электронная библиотека НТИ» (<http://nti.urfu.ru>).

Журнал «Кокс и химия».

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а так же в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

2.2.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п\п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Комплект переносного проекционного оборудования: ноутбук, проектор, экран на штативе.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019.
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры,	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. Договор на предоставление

			периферийные устройства, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.	постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно.
3	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
4	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от

				12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037.
--	--	--	--	--

2.3. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование технологических процессов

2.3.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.3.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

Традиционная (репродуктивная) технология с использованием элементов электронного обучения.

2.3.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности, а также осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные;	<p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • применять методы вычислительной математики для решения конкретных задач моделирования; <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • решения конкретных задач моделирования. • расчета материального и теплового баланса процесса коксования.
ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций,	<p><i>Знания:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • методы построения математических моделей технологических процессов • основы теории переноса импульса, тепла и массы;

<p>происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.</p>	<p>принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей;</p> <p><i>Умения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • моделировать физико-химические процессы в технологических устройствах. • применять математическую модель для оценки влияния свойств сырья и технологии на характеристики готовой продукции. <p><i>Иметь опыт/владеть:</i></p> <p>расчета физико-химических процессов в технологических устройствах.</p>
---	---

2.3.1.3. Содержание дисциплины

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Постановка задачи математического моделирования.	Формулировка задачи. Этапы построения математической модели. Математические различные процессов.
Р 2	Численные методы решения прикладных задач	Решение систем линейных алгебраических уравнений. Численное интегрирование. Методы решения уравнений. Решение систем нелинейных уравнений. Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений.
Р 3	Метод наименьших квадратов	Постановка задачи. Вывод системы нормальных уравнений. Критика МНК. Решение прикладных задач.
Р 4	Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	Формулировка задачи. Представление частных производных через конечные разности. Решение эллиптического уравнения. Решение параболического уравнения
Р 5	Моделирование теплообмена в химико-технологических процессах	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Математическая формулировка задачи теплообмена. Стационарная теплопроводность. Теплопроводность при нестационарном режиме. Методы решения задачи теплопроводности.
Р 6	Моделирование горения коксового газа	Построение кинетической модели. Применение метода стационарных концентраций. Построение тепловой модели. Решение задачи с применением численных методов.
Р 7	Моделирование процессов коксования	Моделирование теплообмена в камере коксования. Построение математической модели. Решение задачи с применением численных методов.

2.3.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.3.2.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

4. Сидоров О.Ю. Практические занятия по дисциплинам «Моделирование химико-технологических процессов»: методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов». [Электронный ресурс]. Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018. – 30 с. №15-02/18119-17. <http://elib.ntiustu.ru/105#target-3724>
5. Сидоров О.Ю. Методические указания по изучению дисциплины «Применение ЭВМ в технологии переработки природных энергоносителей»: методические указания для проведения лекционных и практических занятий по дисциплине «Применение ЭВМ в технологии переработки природных энергоносителей». [Электронный ресурс]. Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2019. – 35 с. №15-02/18198-17. <http://elib.ntiustu.ru/105#target-3755>

Печатные издания

1. Беккер В.Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления: учебное пособие для вузов М.: РИОР: ИНФРА-М. 2017. 142 с. - 5 экз.
2. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учебное пособие для вузов. М.: Академкнига. 2008. 416 с. – 5 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<http://biblioclub.ru>)
2. ЭБС «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).
3. ЭБ «Электронная библиотека НТИ» (<http://nti.urfu.ru>).

Журнал «Кокс и химия»

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а так же в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

2.3.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п\п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office,

		лекционных занятий	студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Комплект переносного проекционного оборудования: ноутбук, проектор, экран на штативе.	Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019.
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно.
3	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
4	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура №

			(филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.	Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037
--	--	--	--	---

2.4. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Применение технологий искусственного интеллекта в технических системах

2.4.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.4.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

Традиционная (репродуктивная) технология с использованием элементов электронного обучения.

2.4.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК-3: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности, а также осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные;	<i>Знания:</i> <ul style="list-style-type: none"> способен адаптировать методы искусственного интеллекта к решению задач организации технологического процесса.
ПК-9: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.	<i>Умения:</i> <ul style="list-style-type: none"> способен построить модель искусственного интеллекта для моделирования технологического процесса <i>Иметь опыт/владеть:</i> <ul style="list-style-type: none"> расчета характеристик готовой продукции с помощью методов искусственного интеллекта.

2.4.1.3. Содержание дисциплины

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р 1	Введение	Понятие искусственного интеллекта. Сферы применения. Функциональные применения
Р 2	Задача классификации	Байесовская классификация. Метод k ближайших соседей. Регрессионные модели для классификации.
Р 3	Искусственные нейронные сети.	История появления. Основные направления применения. Основные понятия искусственных нейронных сетей.
Р 4	Сети Хопфилда.	Определение сети Хопфилда. Построение сети Хопфилда. Распознавание образов сетями Хопфилда.
Р 5	Машинное обучение.	Искусственные нейронные сети обратного распространения. Обучение нейронной сети – алгоритм обратного распространения. Построение однослойной искусственной нейронной сети. Построение двухслойной искусственной нейронной сети.
Р 6	Моделирование качества кокса.	Выбор исходных данных. Обучение искусственной нейронной сети. Прогнозирование качества кокса. Анализ точности результатов.

2.4.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.4.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

1.Сергеев, Н.Е. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие / Н.Е. Сергеев ; Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Таганрог : Южный федеральный университет, 2016. – Ч. 1. – 123 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493307> (дата обращения: 29.03.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2113-5. – Текст : электронный.

Печатные издания

1.Саак А.Э., Пахомов Е.В., Тюшняков В.М. Информационные технологии управления: учебник. М.: Питер. 2009. 318 с. – 5 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1.ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<http://biblioclub.ru>)

2.ЭБС «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).

3.ЭБ «Электронная библиотека НТИ» (<http://nti.urfu.ru>).

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а так же в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

2.4.3.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п\п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Комплект переносного проекционного оборудования: ноутбук, проектор, экран на штативе.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019.
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037.

3	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
4	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения.	Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office, Договор № 43-12/1712-2019 от 18.11.2019. MathCad 14, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. MathCad 15, Счет-фактура № Tr066970 от 12.12.2008, ЗАО "СофтЛайн Трейд", бессрочно. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет от 30.12.2019 № 800037.