

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
Машиностроительных и химических
технологий

(наименование факультета)

_____ Саблин П.А.

(подпись, ФИО)

«_____» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Моделирование химико-технологических процессов»

Направление подготовки	<i>18.03.01 «Химическая технологи»</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>«Технологии переработки полезных ископаемых и извлечения драгоценных металлов»</i>

Обеспечивающее подразделение
<i>Кафедра « Электропривод и автоматизация промышленных установок»</i>

Комсомольск-на-Амуре 2023

Разработчик рабочей программы:

Старший преподаватель

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Савельев Д.О.

(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Электропривод и автоматизация

промышленных установок

(наименование кафедры)

(подпись)

Черный С.П.

(ФИО)

Заведующий выпускающей

кафедрой Химия и химические

технологии

(наименование кафедры)

(подпись)

Шакирова О.Г.

(ФИО)

1 Общие положения

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации от 07.08.2020 № 922, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технологии переработки полезных ископаемых и извлечения драгоценных металлов» по направлению подготовки «18.03.01 Химическая технология».

Задачи дисциплины	Освоение методик математического описания систем химико-технологического производства; Изучение методов идентификации и оптимизации математических описаний химико-технологических процессов.
Основные разделы / темы дисциплины	<p>Общие принципы моделирования: Общая характеристика задач химической технологии, решаемых с применением ЭВМ, Математическое моделирование химико-технологических процессов (ХТП). Понятие модели. Классификация моделей. Виды моделирования. , Классификация математических моделей. Принципы математического моделирования процессов химической технологии, Блочный принцип построения математической модели ХТП, Классификация уравнений модели. Этапы построения математической модели ХТП</p> <p>Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков: Время пребывания элементов потока как случайная величина, Распределения времени пребывания элементов потока, Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока, Типовые модели структуры потоков</p> <p>Математическое моделирование теплообменных процессов: Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников, Оптимальное проектирование теплообменного аппарата, Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации, Моделирование противоточного теплообменника</p> <p>Математическое моделирование кинетики химических реакций: Основные понятия химической кинетики, Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Простые и сложные реакции, Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения. Стехиометрическая матрица, Методы упрощения математической модели кинетики ХТП, Стехиометрические линейно зависимые и линейно независимые реакции. Линейные инварианты, Этапы идентификации математической модели кинетики химических реакций, Примеры моделирования кинетики реакций ХТП</p> <p>Математическое моделирование массообменных процессов: Блочный принцип построения моделей массопередачи, Общая характеристика математического описания массообменных процессов , Уравнения баланса массы, равновесия и кинетики реакции на примере математической модели ХТП, Массообменный процесс адсорбции, Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции</p> <p>Математическое моделирование химических реакторов: Классификация химических реакторов, Математические модели процесса в реакторе, Математические модели реакторов идеального смешения, Математические модели химических реакторов идеального вытеснения, Каскад реакторов идеального смешения, Сравнение химических реакторов иде-</p>

	<p>ального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешивания</p> <p>Вероятностный подход к моделированию: Функция одной переменной, Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости, Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости, Функции многих переменных. Множественная регрессия, Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	<p>ОПК-4.1 Знает типовые технологические процессы и возможности их оптимизации</p> <p>ОПК-4.2 Умеет использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции</p> <p>ОПК-4.3 Владеет навыками изменения параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>Знать методы технического контроля и испытания продукции</p> <p>Уметь анализировать причины брака и выпуска продукции низкого качества и пониженных сортов, принимает участие в разработке мероприятий по их предупреждению, а также в рассмотрении поступающих рекламаций на выпускаемую предприятием продукцию</p> <p>Владеть методами осуществления контроля за соблюдением технологической дисциплины в цехах и правильной эксплуатацией технологического оборудования</p>

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Место дисциплины (этап формирования компетенции) отражено в схеме формирования компетенций, представленной в документе *Оценочные материалы*, размещенном на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет* / *Образование* / *18.03.01 / Оценочные материалы*).

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения практических занятий.

Практическая подготовка реализуется на основе: 27.046 «Специалист по гидроме-

таллургическому производству тяжелых цветных металлов». Обобщенная трудовая функция: В Организация выполнения основных операций процесса гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов.

4 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

4.1 Структура и содержание дисциплины для очной формы обучения

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» изучается на 4 курсе(ах) в 7 семестре(ах).

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 64 ч., промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой, самостоятельная работа обучающихся 80 ч.

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
<i>Раздел «Общие принципы моделирования»</i>						
Общая характеристика задач химической технологии, решаемых с применением ЭВМ	3					
Математическое моделирование химико-технологических процессов (ХТП). Понятие модели. Классификация моделей. Виды моделирования.	3*					
Классификация математических моделей. Принципы математического моделирования процессов химической технологии.						2
Блочный принцип построения математической модели ХТП.	3					
Классификация уравнений модели. Этапы построения математической модели ХТП						2
<i>Раздел «Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков»</i>						
Время пребывания элементов потока как случайная величина.	3					
Распределения времени пребы-						2

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
вания элементов потока.						
Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.			4*			
Типовые модели структуры потоков						2
<i>Раздел «Математическое моделирование теплообменных процессов»</i>						
Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников.	3					
Оптимальное проектирование теплообменного аппарата.			4*			
Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации						6
Моделирование противоточного теплообменника			4*			
<i>Раздел «Математическое моделирование кинетики химических реакций»</i>						
Основные понятия химической кинетики	1					
Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Простые и сложные реакции.						6
Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения. Стехиометрическая матрица						4
Методы упрощения математической модели кинетики ХТП	3					
Стехиометрические линейно зависимые и линейно независимые реакции. Линейные инварианты.						4
Этапы идентификации математической модели кинетики химических реакций						18
Примеры моделирования кинетики			6*			

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
тики реакций ХТП						
<i>Раздел «Математическое моделирование массообменных процессов»</i>						
Блочный принцип построения моделей массопередачи	1					
Общая характеристика математического описания массообменных процессов	1					
Уравнения баланса массы, равновесия и кинетики реакции на примере математической модели ХТП	4					
Массообменный процесс адсорбции						6
Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции			4*			
<i>Раздел «Математическое моделирование химических реакторов»</i>						
Классификация химических реакторов.	1					
Математические модели процесса в реакторе	2					7
Математические модели реакторов идеального смешения						7
Математические модели химических реакторов идеального вытеснения						7
Каскад реакторов идеального смешения						7
Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешивания			6*			
<i>Раздел «Вероятностный подход к моделированию»</i>						
Функция одной переменной	1					
Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости	1					

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости			4*			
Функции многих переменных. Множественная регрессия.	1					
Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.	1					
<i>Зачет с оценкой</i>	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по дисциплине	32	-	32*	-	-	80

* реализуется в форме практической подготовки

5 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры. Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) хранится на кафедре-разработчике в бумажном или электронном виде, также фонды оценочных средств доступны студентам в личном кабинете – раздел учебно-методическое обеспечение.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1 Основная и дополнительная литература

Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы представлен на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет / Образование / 18.03.01 Химическая технология / Рабочий учебный план / Реестр литературы.*

6.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Каждому обучающемуся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, с которыми у университета заключен договор.

Перечень рекомендуемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем представлен на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет / Образование / 18.03.01 / Рабочий учебный план / Реестр ЭБС.*

Актуальная информация по заключенным на текущий учебный год договорам приведена на странице Научно-технической библиотеки (НТБ) на сайте университета <https://knastu.ru/page/3244>

6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

На странице НТБ можно воспользоваться интернет-ресурсами открытого доступа по укрупненной группе направлений и специальностей (УГНС) 18.00.00 Химические технологии:

<https://knastu.ru/page/539>

7 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом иписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

7.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

7.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

7.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в

аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

7.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

7.5 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

8 Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для проведения лекционных занятий применяется аудитория с мультимедиа-проектором.

8.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства. Состав программного обеспечения, необходимого для освоения дисциплины, приведен на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет / Образование / 18.03.01 Химическая технология / Рабочий учебный план / Реестр ПО.*

Актуальные на текущий учебный год реквизиты / условия использования программного обеспечения приведены на странице ИТ-управления на сайте университета: <https://knastu.ru/page/1928>

8.2 Учебно-лабораторное оборудование

Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Лаборатория ЭВМ и вычислительных промышленных сетей	ПК (моделирование)

8.3 Технические и электронные средства обучения

Лекционные занятия.

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Лабораторные занятия.

Для лабораторных занятий используется аудитория, оснащенная оборудованием, указанным в табл. п. 8.2.

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КНАГУ:

- зал электронной информации НТБ КНАГУ;

- компьютерные классы факультета.

9 Другие сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.