

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт биотехнологии и химического инжиниринга
Кафедра фундаментальной и прикладной химии



Вобликова Т.В.
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины
Моделирование химико-технологических процессов

по направлению подготовки
18.03.01 Химическая технология

направленность (профиль)
Технология неорганических веществ

СОГЛАСОВАНО
Начальник отдела обеспечения
деятельности ИБХИ
Т.Н. Кондратьева
« 05 » 06 2023 г.

Разработали
директор ИБХИ
Вобликова Т.В.
« 29 » 05 2023 г.
И.о. зав. кафедрой ФПХ
Исаков В.А.
« 29 » 05 2023 г.
Принято на заседании кафедры
Протокол № 9 от « 31 » 05 2023 г.
и.о. зав. кафедрой ФПХ
Исаков В.А.
« 31 » 05 2023 г.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины: формирование компетентности студентов в области решения задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и вычислительных средств.

Задачи:

1. изучение основных понятий математического моделирования химико-технологических процессов;
2. рассмотрение методов построения моделей и их качественного исследования;
3. изучение методов оптимизации параметров технологических процессов на основе построенных математических моделей;
4. закрепление у студентов практических навыков по использованию численных методов оптимизации и компьютерного решения систем уравнений математического описания.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина относится к обязательной части учебного плана основной профессиональной образовательной программы бакалавриата 18.03.01 Химическая технология и направленности (профилю) Технология неорганических веществ (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик): математика, физика, вычислительные методы в химии, общая химическая технология, теоретические основы технологии неорганических веществ и материалов, процессы и аппараты химических производств, технология связанного азота. Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): преддипломная практика.

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

Профессиональные компетенции:

ПК-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, в том числе наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

Таблица 1 – Результаты освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
	ПК-1.1 Знать	ПК-1.2 Уметь	ПК-1.3 Владеть
ПК-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, в том числе наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами	принципы организации химического производства, свойства сырья и выпускаемой продукции; понятия теории управления технологическими процессами; аппаратное оснащение процессов	осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса	методами определения и моделирования технологических режимов работы оборудования, методами измерения основных параметров технологического процесса; управления химико-технологическими

	химической технологии и методов их моделирования; особенности технологического процесса, регламента и технических средств, которые необходимы для контроля и управления технологическим процессом		системами и методами регулирования химико-технологических процессов
--	---	--	---

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения:

Части учебной дисциплины (модуля)	Всего	Распределение по семестрам
		7 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	4
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	78	78
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) (при наличии)	-	-
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	66	66
5. Промежуточная аттестация	экзамен	экзамен

4.1.2 Трудоемкость учебной дисциплины для заочной формы обучения:

Части учебной дисциплины (модуля)	Всего	Распределение по семестрам
		9 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	4
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	52	52
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) (при наличии)	-	-
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	92	92
5. Промежуточная аттестация	экзамен	экзамен

4.2 Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Математические модели химико-технологических процессов

1.1 Общие принципы моделирования

Введение. Классификация моделей и методы моделирования. Принципы построения математических моделей химико-технологических процессов. Достоинства и недостатки математического моделирования.

1.2 Моделирование химических систем

Химический процесс как элемент химической системы. Иерархия химических систем. Формы представления математических моделей химических систем. Методы исследования математических моделей химических систем. Классификация параметров типовых процессов с позиции математического моделирования. Общая схема разработки математической модели химической системы.

1.3 Математические модели химико-технологических процессов

1.3.1 Математическое описание гидродинамической структуры потоков

Математическое описание гидродинамической структуры потоков. Модель идеального смешения. Модель идеального вытеснения. Диффузионные гидродинамические модели. Ячеечные гидродинамические модели.

1.3.2 Математическое моделирование кинетики химических реакций

Основные понятия химической кинетики. Моделирование кинетики гомогенных химических реакций. Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций. Методы построения кинетических моделей гетерогенных химических реакций. Метод стационарных концентраций. Метод построения кинетических моделей с использованием элементов теории графов.

1.3.3 Моделирование гомогенных химических реакторов

Общие сведения. Классификация реакторов. Математическая модель реактора идеального смешения. Математическая модель реактора идеального вытеснения. Исследование химического процесса, протекающего в гомогенном реакторе идеального смешения. Исследование химического процесса, протекающего в реакторе идеального вытеснения в стационарном режиме.

1.3.4 Моделирование тепловых процессов химической технологии

Основные закономерности теплообмена. Математические модели теплообменных аппаратов.

1.3.5 Математическое моделирование массообменных процессов

Математическое описание равновесия в системе «жидкость-пар» и «жидкость-жидкость». Моделирование процесса массопередачи. Моделирование процесса сепарации. Моделирование процесса ректификации. Моделирование процесса абсорбции. Моделирование процесса адсорбции. Моделирование других массообменных процессов.

1.4 Экспериментально-статистические модели

Основные понятия и определения. Статистические модели объектов на основе пассивного эксперимента. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Статистические модели на основе активного эксперимента. Полный факторный эксперимент. Кодирование переменных. Расчет коэффициентов регрессии. Дробный факторный эксперимент.

Раздел 2. Оптимизация химико-технологических процессов

2.1 Методы оптимизации в химической технологии

Основные понятия и определения. Систематизация методов оптимизации. Статистические методы оптимизации. Аналитические методы. Численные методы решения оптимизационных задач без ограничений.

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)				Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная			В т.ч. СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР			
1.	Раздел 1. Математические модели химико-технологических процессов	10	18	0	6	40	РГР1-8 Т1-6
2.	Раздел 2. Оптимизация химико-технологических процессов	4	10	0	2	26	РГР9 Т7
	Промежуточная аттестация	экзамен					
	ИТОГО	14	28	0	8	66	

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены учебным планом

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоем- кость в АЧ
	Раздел 1. Математические модели химико-технологических процессов	
1.	1.1 Общие принципы моделирования (лекция-презентация)	2
2.	1.2 Моделирование химических систем (лекция-презентация)	2
3.	1.3 Математические модели химико-технологических процессов (лекция-презентация)	2
4.	1.4 Экспериментально-статистические модели (лекция-презентация)	4
	Раздел 2. Оптимизация химико-технологических процессов	
5.	2.1 Методы оптимизации в химической технологии (лекция-презентация)	4
	ИТОГО	14

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоем- кость в АЧ
1.	Решение алгебраических уравнений и их систем (выполнение расчетно-графических работ)	3
2.	Определение параметров гидродинамических моделей (выполнение расчетно-графических работ)	3
3.	Моделирование химических реакторов с учетом структуры гидродинамического потока (выполнение расчетно-графических работ)	3
4.	Моделирование теплообменных аппаратов с учетом гидродинамической структуры потоков (выполнение расчетно-графических работ)	3
5.	Моделирование теплообменного аппарата с учетом физико-химических параметров и скорости потока (выполнение расчетно-графических работ)	3
6.	Математическое моделирование процессов массопередачи (выполнение расчетно-графических работ)	3
7.	Экспериментально-статистические модели (выполнение расчетно-графических работ)	3
8.	Расчет кинетических констант по выходным кривым динамики адсорбции (выполнение расчетно-графических работ)	3
9.	Оптимизация работы реакционного устройства (выполнение расчетно-графических работ)	4
	ИТОГО	28

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины представлено в Приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

№	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения	
1.	Наличие специальной аудитории	компьютерный класс с выходом в Интернет, в том числе для проведения практических занятий	
2.	Мультимедийное оборудование	Проектор, компьютер, экран	
3.	Программное обеспечение		
Наименование программного продукта		Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
Антиплагиат. Вуз. *		Договор №3341/12/ЕП(У)21-ВБ	29.01.2021
MS Office 365		Безвозмездно передаваемое ВУЗам	-
Adobe Acrobat		свободно распространяемое	-
Teams		свободно распространяемое	-
Skype		свободно распространяемое	-
Zoom		свободно распространяемое	-
«Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Education Renewal. 250-499 Node I year License» /1 год *		Договор №158/ЕП(У)22-ВБ	21.09.2022
Mathcad Express Prime		свободно распространяемое	-
* отечественное производство			

Приложение А
Фонд оценочных средств учебной дисциплины
Моделирование химико-технологических процессов

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1.	Расчетно-графическая работа 1	Раздел № 1.1 Общие принципы моделирования Раздел № 1.2 Моделирование химических систем Раздел № 1.3 Математические модели химико-технологических процессов Раздел № 1.4 Экспериментально-статистические модели	15	ПК-1
2.	Расчетно-графическая работа 2		15	
3.	Расчетно-графическая работа 3		15	
4.	Расчетно-графическая работа 4		15	
5.	Расчетно-графическая работа 5		15	
6.	Расчетно-графическая работа 6		15	
7.	Расчетно-графическая работа 7		15	
8.	Расчетно-графическая работа 8		15	
9.	Тест 1		10	
10.	Тест 2		10	
11.	Тест 3		10	
12.	Тест 4		10	
13.	Тест 5		10	
14.	Тест 6		10	
15.	Расчетно-графическая работа 9	Раздел № 2.1 Методы оптимизации в химической технологии	10	ПК-1
16.	Тест 7		10	
Промежуточная аттестация				
	Дифференцированный зачет			
	ИТОГО		200	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.2 – Тест

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Количество правильных ответов на вопросы	Случайным образом из банка вопросов	5-10

Тестирование проводится с применением дистанционных образовательных технологий в дистанционном курсе «Моделирование химико-технологических процессов» для студентов специальности 04.05.01 фундаментальная и прикладная химия.

Пример теста 1 (фрагмент):

1. Процесс, в котором изменение определяющих величин происходит беспорядочно и часто - дискретно называется:

- а. гидродинамическим
- б. детерминированным
- с. стохастическим
- д. диффузионным

2. Сопоставьте термин с его определением

- А. Динамическая характеристика объекта
- Б. Модель с распределенными параметрами
- В. Модель с сосредоточенными параметрами
- Г. Статическая характеристика объекта

Варианты ответов:

- 1. переменные процесса изменяются во времени
- 2. уравнение, определяющее зависимость выходных параметров объекта от входных параметров в установившемся режиме
- 3. параметры процесса изменяются только во времени
- 4. уравнение, устанавливающее зависимость изменения во времени выходной величины от вариации входных возмущающих параметров

Таблица А.3 – Расчетно-графическая работа

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>
Полнота и правильность выполнения задания	6

Пример расчетно-графической работы 1:

- 1. Вычислите значение выражения при заданных значениях переменных.
- 2. Вычислите определитель, транспонированную матрицу и обратную матрицу матрицы А. Проверьте правильность вычисления обратной матрицы умножением AA^{-1} .
- 3. Для данной Вам функции:
 - постройте график в указанном диапазоне переменной;
 - найдите по графику значение функции, в указанной точке;
 - выполните дифференцирование функции в символьном виде.
- 4. Найдите корни алгебраического уравнения графическим методом. Проверьте правильность вычисления непосредственной подстановкой. Выполните задание с помощью функций root и find.
- 5. Решите систему двух алгебраических уравнений двумя способами: графически и с помощью функции find.

Приложение Б
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения
учебной дисциплины Моделирование химико-технологических процессов

Таблица 1 – Основная литература*

<i>Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)</i>	<i>Кол. экз. в библ. НовГУ</i>	<i>Наличие в ЭБС</i>
Печатные источники		
1 Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов : учеб. для вузов / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 447, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов, Специальная литература). - Библиогр. в конце гл. - Указ.: с. 440-446. - Доступ к электрон. версии этой кн. на www.e.lanbook.com . - ISBN 978-5-8114-1478-9 : (в пер.)	10	
2 Советов Б. Я. Моделирование систем : учеб. для вузов. - 6-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2009. - 342,[2]с. : ил. - Библиогр.:с.340-341. - ISBN 978-5-06-006173-4 : (в пер.)	15	
3 Советов Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2009. - 294,[2]с. : ил. - Библиогр.: с. 292. - Прил.: с. 278-291. - ISBN 978-5-06-006133-8 : (в пер.)	15	
Электронные ресурсы		
1 Перевалов, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / В. П. Перевалов, Г. И. Колдобский. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 53 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15858-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/509891		Юрайт

Таблица 2 – Дополнительная литература

<i>Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)</i>	<i>Кол. экз. в библ. НовГУ</i>	<i>Наличие в ЭБС</i>
Печатные источники		
1 Моделирование случайных величин : метод. указания / сост. Н. Ю. Кропачева, А. С. Тихомиров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2004. - 47с.	10	
2 Бочкарев В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры : для вузов / В. В. Бочкарев ; Нац. исслед. Томск. политехн. ун-т. – Москва : Юрайт, 2016. - 263, [1] с. : ил. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 263, в конце гл. - Кн. доступна в ЭБС biblio-online.ru . - ISBN 978-5-9916-6546-9 : (в пер.)	1	
Электронные ресурсы		
1 Химико-технологические процессы : учебник и практикум для вузов / Ю. А. Комиссаров, М. Б. Глебов, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 340 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09169-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/515192		Юрайт
2 Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 403 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07524-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/516052		Юрайт

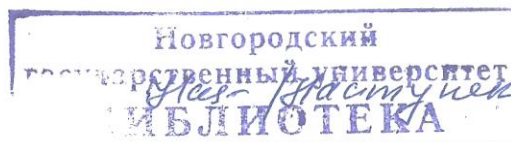
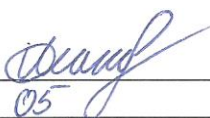


Таблица 3 – Информационное обеспечение

Наименование ресурса	Договор	Срок договора
Профессиональные базы данных		
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/	Договор от 17.12.2014 № БТ-46/11	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/	База собственной генерации	бессрочный
ЭБС «Электронная библиотечная система Новгородского государственного университета» (ЭБС НовГУ). Универсальный ресурс. Внутривузовские издания НовГУ.	Договор № 230 от 30.12.2022 с ООО «КДУ»	бессрочный
ЭБС «Лань» Единая профессиональная база данных для классических вузов – Издательство Лань «ЭБС» ЭБС ЛАНЬ	Договор от 23.12.2022 № 28/ЕП(У)22 с ООО «Издательство ЛАНЬ»	01.01.2023-31.12.2023
ЭБС «ЛАНЬ» Универсальный ресурс	Договор от 09.11.2020 № СЭБ НВ–283 с ООО «ЭБС ЛАНЬ»	09.11.2020 - 31.12.2023
«ЭБС ЮРАЙТ www.biblio-online.ru Универсальный ресурс.	Договор от 23.12.2022 № 25/ЕП(У)22 с ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	01.01.2023 - 31.12.2023
«Национальная электронная библиотека» Универсальный ресурс.	Договор от 14.03.2022 № 101/НЭБ/2338-п с ФБГУ «Российская Государственная библиотека»	14.03.2022 - 14.03.2027
Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина https://www.prilib.ru/	в открытом доступе	-
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/	в открытом доступе	-
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» https://нэб.рф	в открытом доступе	-
Информационные справочные системы		
Университетская информационная система «РОССИЯ» https://uisrussia.msu.ru	в открытом доступе	-
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» https://openedu.ru	в открытом доступе	-
Справочно-правовая система КонсультантПлюс (КонсультантПлюс студенту и преподавателю) www.consultant.ru/edu/	в открытом доступе	-

И.о. зав. кафедрой

« 31 »



В.А. Исаков

2023 г.

[illegible]