

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 5 от «24» января 2022 г.
Зав. кафедрой Мустафин А.Г. /Мустафин А.Г.

Согласовано:
Председатель УМК химического факультета
Г.Г. Гарифуллина /Гарифуллина Г.Г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина **Б1.В.ДВ.02.01 Математическое моделирование технологических процессов**

Вариативная часть, дисциплины по выбору

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность).
18.03.01. Химическая технология

Направленность (профиль) подготовки
Технология и переработка полимеров

Квалификация
бакалавр

Разработчик (составитель) <u>профессор, д.х.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	<u>Хайруллина В.Р.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	---

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель / составители: Хайруллина В.Р., д.х.н., доцент, профессор кафедры физической химии и химической экологии

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физической химии и химической экологии, протокол № 5 от «24» января 2022 г.

Заведующий кафедрой



_____ / Мустафин А.Г.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	9
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	9
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	10
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	10
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	29
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	40
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	40
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	40
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	41
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	43

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование профессиональной компетенции (ПК)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции (ИПК)	Результаты обучения по дисциплине
Тип задач профессиональной деятельности: технологический	ПК-2 готовностью применять аналитические и численные методы решения	ПК-2.1 Знает аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	Знает: аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования
	поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств	ПК-2.2 Умеет применять стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	Умеет: применять стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов
	сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования	ПК-2.3 Владеет базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования	Владеет: базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов» относится к вариативной части, дисциплинам по выбору части.

Дисциплина изучается на 2_году обучения.

Целями изучения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» являются:

- формирование у студентов современных представлений об уровне технических и программных средств используемых в химико-технологическом производстве,
- освоение совокупности математических подходов и технических средств, программных продуктов, сетевых технологий, направленной на формирование специальных умений для решения современных научных проблем и задач на химико-технологическом производстве.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математика», «Прикладная математика», «Общая химическая технология», «Химические реакторы», «Электротехника и промышленная электроника», «Информатика»,

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции **ПК-2** готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ПК-2.1 Знает аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	Знает: аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	Не знает	В полной мере знает возможности, достоинства и недостатки, а также границы применимости аналитических и численных методов расчёта параметров технологического оборудования
ПК-2.2 Умеет применять стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	Умеет: применять стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	Не умеет	В полной мере умеет применять современное стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов
ПК-2.3 Владеет базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования	Владеет: базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования	Не владеет	В полной мере владеет навыками использования современного стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования

Рейтинговая система оценок в магистратуре не предусмотрена

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-2.1 Знает аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	Знает: аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	зачет, лабораторные работы; реферат; контрольная работа
ПК-2.2 Умеет применять стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	Умеет: применять стандартное программное обеспечение, сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	зачет, лабораторные работы; реферат; контрольная работа
ПК-2.3 Владеет базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования	Владеет: базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования	зачет, лабораторные работы; реферат; контрольная работа

Примерные вопросы для зачета:

1. Понятие математическая модель.
2. Классификация математических моделей.
3. Геометрическое представление математических моделей.
4. Построение математической модели сверления лазером.
5. Линейные математические модели.
6. Исследование простейшей математической модели работы газотурбинного двигателя.
7. Нелинейные детерминированные модели.
8. Математическая модель в виде обыкновенных дифференциальных уравнений
9. Модели, заданные в виде уравнений в частных производных.
10. Стохастические модели. Состояние. Идентификация эмпирических математических моделей.
11. Использование метода наименьших квадратов.
12. Статистические методы проверки адекватности математических моделей Идентификация параметров математической модели силы резания токарной операции.
13. Выбор оптимальной эмпирической модели.
14. Использование критерия Фишера для проверки значимости высших степеней математической модели.
15. Общие сведения о теории принятия решений.
16. Общая математическая модель формирования оптимальных решений.

17. Построение и решение оптимизационной задачи принятия решения (Задача о баке).
Многокритериальные задачи принятия решений.

18. Построение решений, оптимальных по Парето (Двухкритериальная задача о баке).

Каждый студент должен выполнить по три лабораторных работы, подготовить по ним отчет в электронном виде и письменно ответить на контрольные вопросы.

**Лабораторные работы по дисциплине
Темы лабораторных занятий**
по дисциплине Математическое моделирование технологических процессов

Номер занятия	Контролируемые разделы дисциплины	Наименование оценочного средства
Лабораторное занятие 1	Определение корней уравнений графическим и итерационными методами	Отчет по лабораторной работе № 1 в электронном виде
Лабораторное занятие 2	Аппроксимация линейных функций. Метод наименьших квадратов	Отчет по лабораторной работе № 2 в электронном виде

Критерии оценки лабораторных работ:

«Зачтено» выставляется студенту, если каждое из заданий выполнено как минимум на 80%;

«Не зачтено» выставляется студенту, если каждое из заданий выполнено меньше, чем на 80%.

Пример варианта контрольной работы

Таблица 4.2.1.

Вариант	Выражение	Значения переменных				
		a	b	c	d	e
1	$y = a^b c \ln d - e^3$	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
2	$y = a - bce^d$	2,50	1,32	3,50	3,00	5,00
3	$y = ab + c^2 d^e$	4,20	2,40	3,20	8,60	4,00
4	$y = a - b^d + e \lg c$	1,50	2,50	4,78	7,65	8,15
5	$y = (a - b)^2 + c^d - e$	2,20	3,50	8,50	9,00	5,00

Комплект заданий для контрольной работы

Вариант 1

1. Рассчитайте значения функции $y = a^b c \ln d - e^3$, используя стандартные функции приложения Calc (если установлен пакет Libre Office) или MS Excel (если установлена ОС Windows). Необходимые данные взять из таблицы 4.2.1.

2. Определите нули функции $y = \sin 5 + \exp(x) + x - 25$ на отрезке $[0; 4]$ с точностью $\varepsilon = 0.002$ по методу Ньютона. Построить график функции $y = f(x)$ на промежутке $[0; 4]$. Обозначить оси, дать название диаграммы.
3. Расход вещества M в реакторе подчиняется экспоненциальному закону

$M(t) = M_0 \cdot e^{-kt}$. Экспериментальные данные представлены в таблице:

T, мин	M, моль/л
15	1,500
20	1,12
25	0,975
30	0,828
35	0,626

- А) Линеаризуйте исходную экспоненциальную зависимость, прологарифмировав ее с использованием натурального логарифма.
- Б) С использованием метода наименьших квадратов определите начальное значение вещества M_0 и значение константы скорости расхода вещества k .

Вариант 2

1. Рассчитайте значения функции $y = a - bce^d$, используя стандартные функции приложения Calc (если установлен пакет Libre Office) или MS Excel (если установлена ОС Windows). Необходимые данные взять из таблицы 4.2.1.
2. Определите нули функции $y = \sin 10 + \exp(x) + x - 20$ на отрезке $[0; 4]$ с точностью $\varepsilon = 0.002$ по методу Ньютона. Построить график функции $y = f(x)$ на промежутке $[0; 4]$. Обозначить оси, дать название диаграммы.
3. Константа скорости реакции описывается уравнением $k = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$. Экспериментальные данные представлены в таблице:

T, C°	k, л/моль•мин
N	100
N+20	82
N+40	71
N+60	55
N+80	42

- А) Линеаризуйте исходную экспоненциальную зависимость, прологарифмировав ее с использованием натурального логарифма.
- Б) С использованием метода наименьших квадратов определите k_0 и E_a , ориентируясь на данные таблицы.

Вариант 3

1. Рассчитайте значения функции $y = ab + c^2 d^e$, используя стандартные функции приложения Calc (если установлен пакет Libre Office) или MS Excel (если установлена ОС Windows). Необходимые данные взять из таблицы 4.2.1.

- Определите нули функции $y = \sin 15 + \exp(x) + x - 15$ на отрезке $[0; 4]$ с точностью $\varepsilon = 0.002$ по методу Ньютона. Построить график функции $y = f(x)$ на промежутке $[0; 4]$. Обозначить оси, дать название диаграммы.
- Константа скорости реакции описывается уравнением $k = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$. Экспериментальные данные представлены в таблице:

T, C°	k, л/моль•мин
N	103
N+20	83
N+40	70
N+60	54
N+80	41

- Линеаризуйте исходную экспоненциальную зависимость, прологарифмировав ее с использованием натурального логарифма.
- С использованием метода наименьших квадратов определите k_0 и E_a , ориентируясь на данные таблицы.

Вариант 4

- Рассчитайте значения функции $y = a - b^d + e \lg c$, используя стандартные функции приложения Calc (если установлен пакет Libre Office) или MS Excel (если установлена ОС Windows). Необходимые данные взять из таблицы 4.2.1.
- Определите нули функции $y = \sin 25 + \exp(x) + x - 5$ на отрезке $[0; 4]$ с точностью $\varepsilon = 0.002$ по методу Ньютона. Построить график функции $y = f(x)$ на промежутке $[0; 4]$. Обозначить оси, дать название диаграммы.
- Расход вещества A в реакторе подчиняется экспоненциальному закону $A(t) = A_0 \cdot e^{-kt}$. Экспериментальные данные представлены в таблице:

T, мин	A, моль/л
N	1,495
N+5	1,113
N+10	0,975
N+15	0,823
N+20	0,620

- Линеаризуйте исходную экспоненциальную зависимость, прологарифмировав ее с использованием натурального логарифма.
- С использованием метода наименьших квадратов определите начальное значение вещества M_0 и значение константы скорости расхода вещества k.

Вариант 5

- Рассчитайте значения функции $y = (a - b)^2 + c^d - e$, используя стандартные функции приложения Calc (если установлен пакет Libre Office) или MS Excel (если установлена ОС Windows). Необходимые данные взять из таблицы 4.2.1.

2. Определите нули функции $y = \sin 7 + \exp(x) + x - 23$ на отрезке $[0; 4]$ с точностью $\varepsilon = 0.002$ по методу Ньютона. Построить график функции $y = f(x)$ на промежутке $[0; 4]$. Обозначить оси, дать название диаграммы.
3. Скорость реакции n -го порядка описывается уравнением $V = k \cdot C^n$. Расход вещества M в реакторе подчиняется экспоненциальному закону $M(t) = M_0 \cdot e^{-kt}$. Экспериментальные данные представлены в таблице:

$C \cdot 10^4$ моль/л	V
$N+1$	0,042
$(N+1) \cdot 2$	0,112
$(N+1) \cdot 3$	0,182
$(N+1) \cdot 4$	0,246
$(N+1) \cdot 5$	0,262

- А) Линеаризуйте исходную экспоненциальную зависимость, прологарифмировав ее с использованием десятичного или натурального логарифма.
- Б) С использованием метода наименьших квадратов определите начальное значение скорости V_0 и порядок реакции n .

Критерии оценки контрольной работы:

«Зачтено» выставляется студенту, если каждое из заданий контрольных работ выполнено как минимум на 80%;

«Не зачтено» выставляется студенту, если каждое из заданий контрольных работ выполнено меньше, чем на 80%

Примерные темы рефератов

1. Информационная революция и производство.
2. Алгоритмизация и программирование химико-технологических процессов.
3. Компьютеризация производственной деятельности.
4. Компьютерное моделирование химико-технологических систем.
- 5.
6. Компьютерные технологии в научном эксперименте, моделировании и обработке результатов.
7. Компьютерные технологии в решении производственных задач.
8. Компьютерные технологии в нефтяной промышленности.
9. Глобализация информационных процессов: исторические предпосылки, перспективы, принципы дисбалансов, человеческое измерение.
10. Цели и задачи математического моделирования процессов и систем.
11. Полиномиальные модели и их использование при моделировании технологических процессов.
12. Статистические методы проверки адекватности математических моделей.

Критерии и методика оценивания:

- зачтено – Реферат достаточно полно раскрывает заявленную тему. Раскрыта актуальность тематики. Разносторонне представлены последние исследования. Текст реферата написан грамотно и самостоятельно, используя различные источники литературы. Литература хорошо подобрана и тщательно проанализирована. Оформление полностью соответствует требованиям.

Допускаются небольшие недочеты: небольшое количество ссылок на современные исследования, не очень глубокий анализ современной литературы; грамматические ошибки (не более 5%), некоторые ошибки в форматировании текста реферата.

- не зачтено – Тема реферата не раскрыта. Нет обоснования актуальности. Текст реферата написан неграмотно. Очень мало данных о последних исследованиях. Литература плохо подобрана и проанализирована.

4.3. Рейтинг-план дисциплины

Модульно-рейтинговая система при обучении в магистратуре не применяется, поэтому рейтинг-план дисциплины не составлялся.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Ушева [и др.]. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2014. — 135 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/62934>. — Загл. с экрана.
2. Сутягин, В.М. Основы проектирования и оборудование производств полимеров [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Сутягин, А.А. Ляпков, В.Г. Бондалетов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99213>. — Загл. с экрана.
3. Гумеров, А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Гумеров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/41014>. — Загл. с экрана. Советов, Б.Я. Информационные технологии: теоретические основы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 444 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93007>. — Загл. с экрана.
4. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.А. Самойлов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/37356>. — Загл. с экрана.
5. Ехлаков, Ю.П. Управление программными проектами. Стандарты, модели [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.П. Ехлаков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 244 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111914>. — Загл. с экрана.
6. Тюрин, О.Г. Управление потенциально опасными технологиями [Электронный ресурс] : монография / О.Г. Тюрин, В.С. Кальницкий, Е.Ф. Жегров. — Электрон. дан. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2011. — 280 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65134>. — Загл. с экрана.
7. Вавилов, В.Д. Микросистемные датчики физических величин: в двух частях [Электронный ресурс] : монография / В.Д. Вавилов, С.П. Тимошенко, А.С. Тимошенко. — Электрон. дан. — Москва : Техносфера, 2018. — 550 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/110960>. — Загл. с экрана.

Дополнительная литература:

8. Дьяконов, В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры [Электронный ресурс] : энциклопедия / В.П. Дьяконов. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 1264

- с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1179>. — Загл. с экрана.
9. Никитин, В.С. Технологии будущего [Электронный ресурс] / В.С. Никитин. — Электрон. дан. — Москва : Техносфера, 2010. — 264 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73005>. — Загл. с экрана.
 10. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/109618>. — Загл. с экрана.
 11. Кудинов, Ю.И. Основы современной информатики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Кудинов, Ф.Ф. Пащенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107061>. — Загл. с экрана.
 12. Кудинов, Ю.И. Практикум по основам современной информатики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Кудинов, Ф.Ф. Пащенко, А.Ю. Келина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/68471>. — Загл. с экрана.
 13. Практикум по информатике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.М. Андреева [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 248 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111203>. — Загл. с экрана.
 14. Логунова, О.С. Информатика. Курс лекций [Электронный ресурс] : учебник / О.С. Логунова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 148 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/110933>. — Загл. с экрана.
 15. Практикум по информатике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.М. Андреева [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 248 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111203>. — Загл. с экрана. Методика обучения информатике [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.П. Лапчик [и др.] ; Под ред. М.П. Лапчика. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 392 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/109631>. — Загл. с экрана.
 16. Грошев, А.С. Информатика [Электронный ресурс] : учебник / А.С. Грошев, П.В. Закляков. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/108131>. — Загл. с экрана.
 17. Информационные технологии. Базовый курс [Электронный ресурс] : учебник / А.В. Костюк [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 604 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104884>. — Загл. с экрана.
 18. Основы информационных технологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Киреева [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1148>. — Загл. с экрана.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

На химическом факультете Башкирского государственного университета (при кафедре физической химии и химической экологии) имеется 2 компьютерных класса. Первый компьютерный класс оснащен 13-ю моноблоками на базе двухъядерных процессоров IntelPentiumDual-Core 3.2 ГГц и оперативной памяти 2Гб. Второй компьютерный класс оснащен 15-ю компьютерами на базе четырехъядерных процессоров IntelCorei5 3.2 ГГц и оперативной памяти 4Гб. Персональные компьютеры обоих классов объединены в одну локальную сеть для обеспечения доступа к научной и методической литературе университета; имеется доступ в сеть интернет. Компьютеры второго класса, помимо офисных нужд, выполняют функцию вычислительного центра. Они объединены в единый вычислительный кластер для обеспечения сотрудникам кафедры, аспирантам и студентам вычислительных

мощностей для проведения научных работ. При этом используется некоммерческое программное обеспечение: офисный пакет LibreOffice, программа для профессионального построения графиков Gnuplot, пакеты Orca и Firefly для проведения квантово-химических расчетов, NAMD – программа для проведения расчетов молекулярной динамики, программы для визуализации вычислительных экспериментов – ChemCraftlite, VMD, Molden.

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения дисциплин (модулей).

Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивают одновременный доступ более 25% обучающихся по данному направлению подготовки.

Студенты имеют возможность доступа к фондам учебно-методической документации, библиографическим и реферативным базам данных, электронным библиотечным системам («Электронный читальный зал», «Университетская библиотека онлайн», «Лань» по дисциплинам естественнонаучного направления), к электронному каталогу библиотеки и Интернет-ресурсам (базы данных российских библиотек, полнотекстовые базы данных: каталог авторефератов и диссертаций РГБ, научная электронная библиотека «eLibrary», онлайн база данных «Polpred», патентная база данных «Questel», мультидисциплинарный журнал «Science» и мультидисциплинарный ресурс «AnnualReviews» и др.). Вся необходимая учебно-методическая документация для студентов размещена на сайте вуза, доступ – по IP адресам локальной сети вуза.

Кроме перечисленного имеются следующие ресурсы:

- LibreOffice (Calc, Writer, Impress, Base и т.д.)
- Skype
- Вебинар
- Портал электронного обучения БГУ e.bsu.ru
- Система дифференцированного интернет-обучения Necadem
- Moodle.bsu.ru
- Личный кабинет преподавателя или студента БГУ <http://my.bsu.ru/>
- Федеральное интернет – тестирование: проекты «Интернет-тренажеры в сфере профессионального образования» и «Федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования».
- автоматизированная система управления - база данных «Университет»
- электронные библиотечные системы: Руконт, издательство «Лань», Консультант студента
- тестовый доступ: AmericanInstituteofPhysics, Znaniun.com, Casc, Редакция журналов BMJGroup, БиблиоРоссика, электронная коллекция книг и журналов InformaHealtcare, Polpred, ScienceTranslationalMedicine, коллекция журналов BMGGroup.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория №311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета).</p>	<p style="text-align: center;">Аудитория № 405 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 311 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 310 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 305 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p>	<p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>
<p>учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория №311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета).</p>	<p style="text-align: center;">Аудитория № 405 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 311 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 310 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 305</p>	<p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от</p>

<p>химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория № 002 (корпус химического факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета), аудитория № 008 (корпус химического факультета), аудитория № 004 (корпус химического факультета), аудитория № 005 (корпус химического факультета).</p>	<p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183 Аудитория № 001</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 002</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 006</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 007</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 008</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 004</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, коммутатор HP V1410-24G, персональный компьютер Lenovo ThinkCentre A70z Intel Pentium E 5800, 320 Gb, 19" - 15 шт, шкаф настенный TLK6U. Аудитория № 005</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, компьютер DEPO Neos 470 MD i5_3450/4GDDR/T500 G/DVD+R и монитор ViewSonic 21.5 - 13 шт, шкаф TLK TWP-065442-G-GY, шкаф монтажный NT PRACTIC 2MP47-610B/SSt450/ SKS1/SSt750,59560, 00 T.316-14, шкаф настенный TLK6U.</p>	<p>17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>
<p>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория №311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория №</p>	<p>Аудитория № 405</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic Аудитория № 311</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white Аудитория № 310</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183 Аудитория № 305</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183 Аудитория № 001</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 002</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска Аудитория № 006</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p>	<p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса -</p>

<p>002 (корпус химического факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета), аудитория № 008 (корпус химического факультета)</p>	<p style="text-align: center;">Аудитория № 007 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 008 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p>	<p>Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>
<p>помещение для самостоятельной работы: зал доступа к электронной информации Библиотеки, читальный зал №1 (главный корпус), читальный зал №2 (корпус физмата), читальный зал №4 (корпус биофака), читальный зал №5 (гуманитарный корпус), читальный зал №6 (корпус института права), читальный зал №7 (гуманитарный корпус), аудитория № 418 (корпус химического факультета)</p>	<p style="text-align: center;">Зал доступа к электронной информации Библиотеки ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет, неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС; количество посадочных мест – 8.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №1 Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №2 Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №4 Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 60.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №5 Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 27.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №6 Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 6 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 30.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №7 Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 5 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 18.</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 418 Учебная мебель, факсимильный аппарат Panasonic KX-FL423RUB – 2 шт., эН-метр рН-150МИ (с гос. поверкой), автотрансформатор TDGC2-0.5K(0,5кВТ; 2А,220/0-250В),3604, 99р Т.207/2-15, весы "Ohaus" PA64C (65г, 0,1мг) с поверкой, весы VIC-1500d1 (1500г. 100МГ, внешн.калибровка) ACCULAB, иономер И-160МИ с поверкой, комплекс вольтамперометрический СТА, компьютер в комплекте DEPO Neos 4601\Ю/монитор 20" Samsung BX2035/кпав./мышь, компьютер персональный №1 т.210-14/3, магнитная мешалка без нагрева Tolorino – 2шт, магнитная мешалка с нагревом и нанокерамич.поверх hG-MAG HS, метр-рН рН-150МИ (с гос.поверкой), монитор 19" LG L1919S BF Black (LCD<TFT,8ms, 1280*1024,250КД/М.1 400:1,4:3 D-Sub), персональный компьютер в составе с/блок/Core J7-4770 (3.4)/H87/SYGA/HDD 500Gb, монитор</p>	<p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>

	ЖК"20"Вепс1.клавиат ура+мышь, принтер Canon i-SENSYS MF3010, рН-метр рН-150МИ с гос.поверкой, системный блок ПК (775), шкаф сушильный LOIP LF-25/350-GS1, (310X 310x310 мм б/вентилятора.нерж.сталь цифровой контролер), количество посадочных мест – 10.	
помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: аудитория № 416 (корпус химического факультета)	<p style="text-align: center;">Аудитория № 416</p> <p>Атомно-абсорбционный спектрофотометр модель АА-7000, фирмы "Шимадзу", Япония, баллон с гелием марки А – 2 шт, вентилятор ВЕНТС 100 ВКМц/*1/, газовый хромато-масс-спектрометр модель GCMS-QP 2010PIUS, компьютер в составе: системный блок, монитор, клавиатура, мышь, кондиционер QUATTROCUMA QV/QN-F12WA, ноутбук Fujitsu LifebooK F530 Intel Core i3-330M/4Gb/500Gb/ DVD-RW/ВТ/15.6"/Wi n7НВ+office, персональный компьютер в комплекте HP AiO 20"CQ 100 eu (моноблок), электроплитка Irit IR-8200,1500Вт диаметр конфорки 185мм.</p>	<p>1. Права на программы для ЭВМ операционная система для персонального компьютера Win SL 8 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine.</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ обновление операционной системы для персонального компьютера Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование программного обеспечения Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов»

заочная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	4
практических/ семинарских	6
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	0,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену/зачету	165,3

Форма контроля:
зачет 3 курс

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение. Основные принципы моделирования химических и технологических процессов. . Иерархическая структура химических производств и их математических моделей. Основные приемы моделирования: эмпирический, структурный и комбинированный. Построение статических и динамических моделей. Решение прямых задач. Проектный и поверочный (оценочный) расчет процессов. Решение обратных задач. Параметрическая и структурная идентификация математических моделей. Установление адекватности математических моделей. Стратегия проведения расчетных исследований и компьютерного моделирования реальных процессов.	1		2	40	[1-10]	Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по лабораторным работам	зачет, лабораторные работы, реферат, контрольная работа

	Оптимизация химико-технологических процессов.							
2.	<p>Построение эмпирических моделей. Формулировка задачи аппроксимации для описания экспериментальных зависимостей и получения эмпирических моделей процессов. Виды критериев аппроксимации. Критерий метода наименьших квадратов. Решение задачи аппроксимации для нелинейной и линейной по параметрам моделей. Нормальный закон распределения для векторных случайных величин и определение их числовых характеристик. Дисперсионный анализ. Определение выборочных коэффициентов корреляции и коэффициента множественной корреляции.</p> <p>Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей на основе данных пассивного эксперимента. Понятия функции отклика и факторов. Основные допущения регрессионного</p>	1	-	2	40	[1-18]	<p>Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по лабораторным работам</p>	<p>зачет, лабораторные работы, реферат, контрольная работа</p>

	<p>анализа. Критерии проверки однородности дисперсий. Выбор вида уравнений регрессии, определение коэффициентов регрессии и их значимости с использованием критерия Стьюдента. Процедура исключения незначимых коэффициентов регрессии. Определение адекватности регрессионных моделей с помощью критерия Фишера. Критерий воспроизводимости и условия его применимости.</p>							
3	<p>Математическое моделирование химико-технологических процессов. Этапы математического моделирования: формулировка гипотез, построение математического описания, разработка моделирующего алгоритма, проверка адекватности моделей и идентификация их параметров, расчетные исследования (вычислительный эксперимент).</p> <p>Разработка математического описания процессов. Блочный принцип построения структурных математических моделей. Обобщенное описание</p>	2	-	2	85,3	[1-18]	<p>Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по лабораторным работам</p>	<p>зачет, лабораторные работы, реферат, контрольная работа</p>

<p>движения потоков фаз в аппаратах с помощью гидродинамических моделей, учитывающих сосредоточенные и распределенные источники вещества и энергии. Локальные интенсивности источников вещества и энергии в потоках, соответствующие различным физико-химическим процессам. Основные типы уравнений математического описания химико-технологических процессов - конечные, обыкновенные дифференциальные и дифференциальные уравнения в частных производных.</p> <p>Математическое моделирование трубчатого реактора в стационарном состоянии с прямоточным движением теплоносителя и сложной кинетической схемой реакции. Решение задачи Коши. Графическое представление алгоритма решения.</p> <p>Математическое моделирование трубчатого реактора в стационарном состоянии с противоточным движением</p>							
--	--	--	--	--	--	--	--

теплоносителя и сложной кинетической схемой реакции. Решение краевой задачи. Графическое представление алгоритма решения. Оптимизация химико-технологических процессов. Задачи оптимального проектирования и управления. Выбор критериев оптимальности (целевых функций) и оптимизирующих переменных (ресурсов оптимизации).							
Всего часов:	4	6		165,3			