

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
химический факультет

Кафедра Физической химии и химической экологии

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол № 11 от «01» июня 2018 г.
Зав. кафедрой _____ Мустафин А.Г.

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

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Дисциплина **Математическое моделирование технологических процессов**

Вариативная часть

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Профиль(и) подготовки
«Технология и переработка полимеров»

Программа подготовки
Академический бакалавриат

Квалификация
бакалавр

Разработчик (составитель) УМК
Д.х.н., доцент Хайруллина В.Р.


Для приема: 2018 г.

Уфа 2018г.

Составитель: д.х.н., доцент Хайруллина В.Р.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «01» июня 2018 г.
№ 11

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	6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	7
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	7
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	8
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	15
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	15
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	15
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	17
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18

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:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	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 (ПК-2)	
Умения	применять стандартное программное обеспечение при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	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 (ПК-2)	
Владения (навыки / опыт деятельности)	навыками работы с научными и образовательными порталами	готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии,	

	<p>базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения для расчёта технологических параметров оборудования</p>	<p>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 (ПК-2)</p>	
--	---	---	--

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:», «»,,

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Б1.Б.02 Иностранный язык;
- Б1.Б.06 Математика;
- Б1.Б.07 Информатика;
- Б1.Б.16 Электротехника и промышленная электроника
- Б1.Б.18 Общая химическая технология
- Б1.Б. 20 Химические реакторы
- Б1.В.03 Прикладная математика

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

КОМПЕТЕНЦИЯ: 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

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Не зачтено	Зачтено
Первый этап - приобретение базовых знаний и навыков применения стандартного программного обеспечения и информационных технологий при решении задач профессиональной сферы деятельности	Знать: аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	Испытывает затруднения в применении аналитических и численных методов расчёта параметров технологического оборудования	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о аналитических и численных методах расчёта параметров технологического оборудования
Второй этап - приобретение базовых знаний и навыков применения стандартного программного обеспечения и информационных технологий при решении задач профессиональной сферы деятельности	Уметь: применять стандартное программное обеспечение при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	Умеет использовать отдельные функции наиболее распространенных программных продуктов при обработке экспериментальных данных и подготовке научных публикаций и докладов	Умеет использовать стандартное программное обеспечение при обработке экспериментальных данных и подготовке научных публикаций и докладов
Третий этап - приобретение	Владеть: навыками работы с	Затрудняется в работе с научными и	Владеет навыками составления запросов

базовых знаний и навыков применения стандартного программного обеспечения и информационных технологий при решении задач профессиональной сферы деятельности	научными и образовательными порталами	образовательными порталами	для поиска необходимой информации на научных и образовательных порталах в сети Интернет
	Владеть: базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения для расчёта технологических параметров оборудования	Способен использовать стандартное программное обеспечение для расчёта технологических параметров оборудования при непосредственной помощи сотрудника более высокой квалификации	Владеет базовыми навыками применения стандартных программ для расчёта технологических параметров оборудования, форматирования текстов, построения графиков и рисунков

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

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Оценочные средства
Знания	аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	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 (ПК-2)	лабораторные работы; реферат; контрольная работа

Умения	применять стандартное программное обеспечение при решении химических и материаловедческих задач, при подготовке научных публикаций и докладов	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 (ПК-2)	лабораторные работы; реферат; контрольная работа
Владения (навыки / опыт деятельности)	навыками работы с научными и образовательными порталами	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 (ПК-2)	лабораторные работы; реферат; контрольная работа
	базовыми навыками применения стандартного программного обеспечения для расчёта технологических параметров оборудования		

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 **Вычислительные методы в химии**

Номер занятия	Контролируемые разделы дисциплины	Наименование оценочного средства
Лабораторное занятие 1	Математические модели химических реакций	Отчет по лабораторной работе № 1 в электронном виде
Лабораторное занятие 2	Получение линейной одномерной регрессионной модели по экспериментальным данным	Отчет по лабораторной работе № 2 в электронном виде
Лабораторное занятие 3	Оптимизация технологических процессов с использованием математических моделей методами планирования эксперимента. Построение уравнения регрессии	Отчет по лабораторной работе № 3 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. Дана функция:

$$y = \begin{cases} \sin(x) + \cos\left(x \cdot \frac{3\pi}{4}\right), & x < 0 \\ \ln^2(2x + 1), & x \geq 0 \end{cases}, \text{ где } a = \frac{-3\pi}{4}, b = \frac{3\pi}{4}$$

А) Определите значения функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$, принимая за шаг аргумента Δx значение, равное $y = \frac{b-a}{10}$;

Б) Постройте диаграмму, показывающую график функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$. Тип диаграммы – линии с символами. Установить форматы:

А) в качестве символа выбрать «▲» размером 0,2 см;

Б) для числовых меток оси ou с двумя знаками после запятой.

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
N	1,490
N+5	1,115
N+10	0,980
N+15	0,824
N+20	0,621

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. Дана функция:

$$y = \begin{cases} \ln(N^2 + e^{-x}), & x < N \\ 2^{\frac{N}{2}} + 2,3^{-3x}, & x \geq N \end{cases}, \text{ где } a = N - 5, b = N + 5$$

А) Определите значения функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$, принимая за шаг аргумента Δx значение, равное $y = \frac{b-a}{10}$;

Б) Постройте диаграмму, показывающую график функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$. Тип диаграммы – линии с символами. Установить форматы:

А) в качестве символа выбрать «▲» размером 0,2 см;

Б) для числовых меток оси ou с двумя знаками после запятой.

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.

2. Дана функция:

$$y = \begin{cases} \sin(N \cdot x), & x < 0 \\ \cos^2(N^{-2} + x), & x \geq 0 \end{cases}, \text{ где } a = \frac{-N\pi}{6}, b = \frac{N\pi}{6}$$

А) Определите значения функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$, принимая за шаг аргумента Δx значение, равное $y = \frac{b-a}{10}$;

Б) Постройте диаграмму, показывающую график функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$. Тип диаграммы – линии с символами. Установить форматы:

А) в качестве символа выбрать «▲» размером 0,2 см;

Б) для числовых меток оси ou с двумя знаками после запятой.

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	103
N+20	83
N+40	70
N+60	54
N+80	41

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 4

1. 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.

2. Дана функция:

$$y = \begin{cases} 3^{2x} - x^3 + N, & x < N \\ e^{\frac{-Nx}{2}} + \lg(3x^2), & x \geq N \end{cases}, \text{ где } a = N - 5, b = N + 5$$

А) Определите значения функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$, принимая за шаг аргумента Δx значение, равное $y = \frac{b-a}{10}$;

Б) Постройте диаграмму, показывающую график функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$. Тип диаграммы – линии с символами. Установить форматы:

А) в качестве символа выбрать «▲» размером 0,2 см; для числовых меток оси оу с двумя знаками после запятой.

3. Расход вещества А в реакторе подчиняется экспоненциальному закону $A(t) = A_0 \cdot e^{-kt}$. Экспериментальные данные представлены в таблице:

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

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 5

1. 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. Дана функция:

$$y = \begin{cases} \sin(2x + N), & x < 0 \\ \cos^2\left(x \cdot \frac{\pi N}{3}\right) + \sin^2(x), & x \geq 0 \end{cases}, \text{ где } a = \frac{-N\pi}{3}, b = \frac{N\pi}{3}$$

А) Определите значения функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$, принимая за шаг аргумента Δx значение, равное $y = \frac{b - a}{10}$;

Б) Постройте диаграмму, показывающую график функции $y=f(x)$ на промежутке $[a,b]$. Тип диаграммы – линии с символами. Установить форматы:

А) в качестве символа выбрать «▲» размером 0,2 см;

Б) для числовых меток оси оу с двумя знаками после запятой.

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)•2	0,112
(N+1)•3	0,182
(N+1)•4	0,246
(N+1)•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.
13. Понятие математическая модель.
14. Классификация математических моделей.
15. Геометрическое представление математических моделей.
16. Построение математической модели сверления лазером.
17. Линейные математические модели.
18. Исследование простейшей математической модели работы газотурбинного двигателя.
19. Нелинейные детерминированные модели.
20. Математическая модель в виде обыкновенных дифференциальных уравнений
21. Модели, заданные в виде уравнений в частных производных.
22. Стохастические модели. Состояние. Идентификация эмпирических математических моделей.
23. Использование метода наименьших квадратов.
24. Статистические методы проверки адекватности математических моделей Идентификация параметров математической модели силы резания токарной операции.
25. Выбор оптимальной эмпирической модели.
26. Использование критерия Фишера для проверки значимости высших степеней математической модели.
27. Общие сведения о теории принятия решений.
28. Общая математическая модель формирования оптимальных решений.
29. Построение и решение оптимизационной задачи принятия решения (Задача о баке). Многокритериальные задачи принятия решений.
30. Построение решений, оптимальных по Парето (Двухкритериальная задача о баке).

Требования к реферату:

Написание реферата следует начать с изложения плана темы, который как минимум включает 3 пункта. План должен быть логично изложен и должен включать в себя введение и заключение.

Реферат завершается списком использованной литературы.

Задачи студента при написании реферата заключаются в следующем:

1. логично и по существу изложить вопросы плана;
2. четко сформировать мысли, последовательно и ясно изложить материал, правильно использовать термины и понятия;
3. показать умение применять теоретические знания на практике;
4. показать знание материала, рекомендованного по теме;
5. использовать для экономического обоснования необходимый статистический материал.

Реферат оценивается преподавателем кафедры по следующим критериям.

Объем реферата должен быть не менее 12-18 стр. машинописного текста (аналог – компьютерный текст Time New Roman, размер шрифта 14 через полтора интервала), включая титульный лист.

Критерии оценивания рефератов

- «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. Пашенко. — 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. Пашенко, 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. Замяков. — 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

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
5. Универсальная Базы данных EastView (доступ к электронным научным журналам) - <https://dlib.eastview.com/browse>
6. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp
7. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные
8. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные
9. Linux OpenSUSE 12.3 (x84_64) GNU General Public License .

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

<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 405 (химфак корпус), аудитория №311 (химфак корпус), аудитория № 310 (химфак корпус), аудитория № 305 (химфак корпус), аудитория № 001 (химфак корпус), аудитория № 002 (химфак корпус), аудитория № 006 (химфак корпус), аудитория № 007 (химфак корпус), аудитория № 008 (химфак корпус).</p> <p>2. учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа: аудитория аудитория № 004 (химфак корпус), аудитория № 005 (химфак корпус).</p> <p>3. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 405 (химфак корпус), аудитория №311 (химфак корпус), аудитория № 310 (химфак корпус), аудитория № 305 (химфак корпус), аудитория № 001 (химфак корпус), аудитория № 002 (химфак корпус), аудитория № 006 (химфак корпус), аудитория № 007 (химфак корпус), аудитория № 008 (химфак корпус), аудитория № 004 (химфак корпус), аудитория № 005 (химфак корпус).</p> <p>4. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций аудитория № 405 (химфак</p>	<p style="text-align: center;">Аудитория № 405</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 001</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 002</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 006</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 007</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 008</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;">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.</p> <p style="text-align: center;">Аудитория № 005</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, компьютер DEPO Neos 470 MDi5_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 style="text-align: center;">Читальный зал № 1</p> <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p style="text-align: center;">Читальный зал №2</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p> <p>3. Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г. Срок действия лицензии до 25.09.2019</p> <p>4. LinuxOpenSUSE 12.3 (x84_64) GNUGeneralPublicLicense</p>
---	--	--

<p>корпус), аудитория №311 (химфак корпус), аудитория № 310 (химфак корпус), аудитория № 305 (химфак корпус), аудитория № 001 (химфак корпус), аудитория № 002 (химфак корпус), аудитория № 006 (химфак корпус), аудитория № 007 (химфак корпус), аудитория № 008 (химфак корпус), аудитория № 004 (химфак корпус), аудитория № 005 (химфак корпус).</p> <p>5. помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 1 (главный корпус), читальный зал №2 (физмат корпус-учебное), читальный зал № 5 (гуманитарный корпус), читальный зал № 6 (учебный корпус), читальный зал № 7 (гуманитарный корпус), лаборатория № 418 (химфак корпус)</p> <p>6. помещение для хранения и обслуживания учебного оборудования: лаборатория № 416 (химфак корпус).</p>	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок), подключенных к сети Интернет, – 8 шт., неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p> <p>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>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>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>Лаборатория № 418 Учебная мебель, факсимильным аппарат Panasonic KX-FL423RUB – 2 шт., эН-метр рН-150МИ (с гос. поверкой), автотрансформатор TDGC2-0.5K(0,5kBT; 2A,220/0-250B),3604, 99p T.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 VX2035/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/Case J7-4770 (3.4)/H87/SYGA/HDD 500Gb, монитор ЖК"20"Веpl.клавиат ура+мышь, принтер Canon-SENSYSMF3010, рН-метр рН-150МИ с гос.поверкой, системный блок ПК (775), шкаф сушильный LOIPLF-25/350-GS1, (310X 310x310 мм б/вентилятора.нерж.сталь цифровой контролер), количество посадочных мест – 10.</p> <p>Лаборатория № 416 Атомно-абсорбционный спектрофотометр модель AA-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 FujitsuLifebookKF530 IntelCorei3-330M/4Gb/500Gb/ DVD-RW/BT/15.6"/Win7HB+Office, персональный компьютер в комплекте HP AiO 20"CQ 100 eu (моноблок), электроплитка Irit IR-8200,1500Вт диаметр конфорки 185мм.</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. Оптимизация химико-	1		2	40	[1-10]	Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по лабораторным работам	лабораторные работы, реферат, контрольная работа

	технологических процессов.							
2.	<p>Построение эмпирических моделей.</p> <p>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.</p> <p>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 анализа. Критерии проверки</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>лабораторные работы, реферат, контрольная работа</p>

	<p>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 движения потоков фаз в</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>лабораторные работы, реферат, контрольная работа</p>

<p>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 теплоносителя и сложной</p>							
---	--	--	--	--	--	--	--

	кинети́ческой 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			