

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 4 от «25» января 2021 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)  
профессор, д.х.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

Хайруллина В.Р. / Хайруллина В.Р.  
(подпись, Фамилия И.О.)

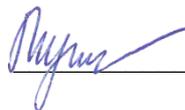
Для приема: 2021 г.

Уфа 2021 г.

Составитель / составители: д.х.н., профессор Хайруллина В.Р.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физической химии и химической экологии, протокол № 4 от «25» января 2021 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	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	9
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	22
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	22
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	22
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	24
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	25

**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 поставленных задач,	ПК-2.1 Знает аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования	Знает: аналитические и численные методы расчёта параметров технологического оборудования
	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 расчета технологических параметров оборудования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ПК-2.1</b> 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
<b>ПК-2.2</b> 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
<b>ПК-2.3</b> 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 программного обеспечения, сетевых компьютерных технологий, баз данных и пакетов прикладных программ для расчёта технологических параметров оборудования

##### 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	лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы
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	лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы
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	лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы

### Лабораторные работы по дисциплине Темы лабораторных занятий

по дисциплине Математическое моделирование технологических процессов

Номер занятия	Контролируемые разделы дисциплины	Наименование оценочного средства
Лабораторное занятие 1	Приобретение практических навыков аппроксимации экспериментальных данных в рамках полиномиального анализа, расчета	Отчет по лабораторной работе № 1 в электронном виде
Лабораторное занятие 2	Вычисление коэффициентов уравнения линейной регрессии по пространственной выборке	Отчет по лабораторной работе № 2 в электронном виде

Лабораторное занятие 3	Вычисление выборочного коэффициента корреляции по пространственной выборке	Отчет по лабораторной работе № 3 в электронном виде
Лабораторное занятие 4	Проверка значимости уравнения линейной регрессии по критерию Фишера	Отчет по лабораторной работе № 4 в электронном виде
Лабораторное занятие 5	Вычисление коэффициентов уравнения линейной регрессии. в вычислительной среде табличного процессора MS Excel и Calc	Отчет по лабораторной работе № 5 в электронном виде
Лабораторное занятие 6	Знакомство со статистикой Дарбина–Уотсона	Отчет по лабораторной работе № 6 в электронном виде
Лабораторное занятие 7	Построение уравнений нелинейной парной регрессии	Отчет по лабораторной работе № 7 в электронном виде
Лабораторное занятие 8	Построение нелинейной регрессии	Отчет по лабораторной работе № 8 в электронном виде
Лабораторное занятие 9	Построение уравнения нелинейной регрессии с использованием команды «Добавить линию тренда».	Отчет по лабораторной работе № 9 в электронном виде

### Критерии оценки лабораторных работ (в баллах)

2,5 балла: Задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.

2 балла: Задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям.

1,5 балла: Студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.

1 балл: Студент неправильно выполнил от 70% до 50% заданий работы и не может объяснить полученные результаты.

0,5 баллов: Студент неправильно выполнил свыше 70% заданий работы и не может объяснить полученные результаты.

0 баллов: Студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты

### 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.

#### **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 оценки (в баллах) рефератов:**

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.

**5 баллов ставится**, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

**4 балла** – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая

последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

**3 балла** – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

**2 балла** – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

**1 балл** - тема реферата не раскрыта, студент не понимает проблему **0 баллов** – реферат выпускником не представлен.

### Критерии оценки (в баллах) выступления с докладом

Критерий	Количество баллов			
	2	3	4	5
Качество доклада	Доклад зачитывает	Доклад рассказывает, но не объяснена суть работы	Чётко выстроен доклад, владеет иллюстративным материалом	Доклад производит выдающееся впечатление
Качество ответов на вопросы	Не может ответить ни на один вопрос	Не может чётко ответить на вопросы	Не может ответить на большинство вопросов	Отвечает на большинство вопросов
Использование демонстрационного материала	Демонстрационный материал отсутствует	Представленный демонстрационный материал не использовался докладчиком	Демонстрационный материал использовался в докладе	Автор предоставил демонстрационный материал и прекрасно в нём ориентировался
Оформление демонстрационного материала	Демонстрационный материал отсутствует	Представлен плохо оформленный демонстрационный материал	Демонстрационный материал хорошо оформлен, но есть неточности	К демонстрационному материалу нет претензий
Владение автором научным и специальным аппаратом	Автор слабо владеет базовым аппаратом	Автор владеет базовым аппаратом	Использованы общенаучные и специальные термины	Показано владение специальным аппаратом
Чёткость выводов, обобщающих доклад	Автор не сделал выводов	Выводы имеются, но они не доказаны	Выводы нечёткие	Выводы полностью характеризуют работу

### Комплект типовых задач

Даны наборы экспериментальных данных

Номер варианта Номерация данных	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
1	0.741	0.709	0.917	0.849	0.629
2	-0.132	-0.055	-0.169	-0.148	-0.062
3	0.157	0.185	0.248	0.251	0.069
4	-0.656	-0.644	-0.670	-0.676	-0.611
5	-0.132	-0.089	0.031	0.039	-0.205
6	0.016	0.007	0.086	0.125	-0.055
7	0.474	0.473	0.530	0.489	0.412
8	0.254	0.245	0.260	0.251	0.355
9	0.129	0.147	0.071	0.095	0.173
10	-0.418	-0.406	-0.465	-0.486	-0.387
11	-0.508	-0.515	-0.477	-0.463	-0.527
12	-0.329	-0.331	-0.340	-0.281	-0.311
13	0.295	0.314	0.171	0.187	0.401
14	0.403	0.340	0.465	0.518	0.313
15	0.253	0.251	0.268	0.198	0.250
16	-0.075	-0.143	0.048	-0.039	-0.306
17	-0.310	-0.384	-0.187	-0.192	-0.632
18	-0.195	-0.191	-0.191	-0.156	-0.183
19	-0.117	-0.117	-0.153	-0.196	-0.108
20	0.001	-0.025	0.079	0.023	-0.091
21	-0.912	-0.916	-0.886	-0.950	-0.889
22	0.562	0.560	0.588	0.549	0.597
23	0.249	0.294	0.145	0.161	0.417
24	0.098	0.139	0.001	0.003	0.329
25	0.518	0.513	0.694	0.719	0.455
26	0.827	0.858	0.781	0.859	0.916
27	0.267	0.273	0.390	0.437	0.286
28	0.102	0.083	0.061	0.105	0.109
29	0.164	0.179	0.220	0.205	0.085
30	-0.730	-0.736	-0.746	-0.624	-0.727
31	0.260	0.232	0.227	0.267	0.232
32	0.199	0.164	0.305	0.346	0.132
33	-0.984	-0.945	-0.696	-0.818	-0.986
34	1.545	1.565	1.447	1.445	1.691
35	0.890	0.891	0.490	0.460	1.049
36	0.690	0.692	0.713	0.719	0.520
37	-0.533	-0.539	-0.630	-0.590	-0.708
38	-0.262	-0.255	-0.352	-0.382	-0.209

39	-0.214	-0.192	-0.347	-0.469	-0.119
40	-0.076	-0.061	-0.180	-0.211	-0.018
41	-0.065	-0.086	-0.054	-0.115	-0.035
42	-0.703	-0.689	-0.976	-0.948	-0.521
43	0.230	0.233	0.250	0.254	0.250
44	0.392	0.405	0.512	0.509	0.329
45	-0.485	-0.446	-0.506	-0.539	-0.389
46	-1.019	-1.026	-0.997	-1.091	-0.949
47	-0.748	-0.721	-0.608	-0.710	-0.790
48	-1.550	-1.521	-1.579	-1.595	-1.667
49	0.352	0.366	0.341	0.366	0.319
50	0.394	0.339	0.603	0.598	0.192

**Задания:**

1. Оцените размер выборки.
2. Вычислите выборочное среднее (то есть центроид набора).
3. Проведите центрирование данных. Для этого найдите разность между исходными числами и их центроидом.
4. Рассчитайте среднее квадратическое отклонение S.D. с учетом всего набора данных (стандартное отклонение на основании несмещённой оценки дисперсии).
5. На основании результатов, полученных в пунктах 2, 3 и 4 проведите нормировку данных.
6. Выявите промахи методом  $3\sigma$  с доверительной вероятностью 95%.
7. В случае обнаружения промахов, удалите их и повторите пункты 1-5 для новой выборки данных.

**Примечание:**

Для нахождения промахов воспользуйтесь методом  $3\sigma$ . При этом предположите, что  $\sigma=S.D.$

$$10. \Delta V_1 = V_{cp} - V_{min} < 3 \cdot \sigma;$$

$$11. \Delta V_2 = V_{max} - V_{cp} < 3 \cdot \sigma;$$

**Критерии оценки (в баллах):**

5 баллов: Задание выполнено в полном объеме. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.

4 балла: Задание по работе выполнено в полном объеме. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям. Есть мелкие ошибки в представлении результатов.

3 балла: Студент на 70% правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе, но есть некоторые существенные ошибки в оформлении результатов.

2 балла: Студент неправильно выполнил от 50% до 69% заданий работы.

1 балл: Студент неправильно выполнил свыше 70% заданий работы и не может объяснить полученные результат.

0 баллов: Студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результат

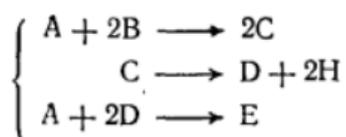
### Набор кейс-задач

1. Возьмите результаты проделанных Вами экспериментов (ряд параллельных измерений, в которых получались одни и те же данные) и случайным образом поделите их на две выборки. Проверьте для этих выборок гипотезы об однородности дисперсий и средних.
2. Исследована зависимость  $y$  от двух переменных  $x_1$  и  $x_2$ . Получены следующие данные.

$x_1$	$x_2$	$y$
0	-7	0,3
1	-2	0,3
2	2	0,2
2	5	0,5

Методом наименьших квадратов получите а) уравнение, связывающее параметр  $y$  с двумя переменными ( $x_1$  и  $x_2$ ); б) уравнение, связывающее параметр  $y$  только с переменной  $x_1$ ; в) вычислите коэффициент корреляции между переменными  $x_1$  и  $x_2$ .

3. Для реакции



заданы концентрации в начальный момент:  $CA_0=2$  моль/л,  $CB_0=3$  моль/л. Изначально продуктов в реакционной смеси не было. В момент времени  $t$   $CA=0,2$  моль/л,  $CE=0,5$  моль/л,  $CH=2,8$  моль/л. Найдите концентрацию исходного вещества  $B$  в момент времени  $t$  и концентрации всех не указанных в условии промежуточных и конечных продуктов.

### Критерии оценки (в баллах):

«5» (отлично): Задание выполнено в полном объеме. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.

«4» (хорошо): Задание по работе выполнено в полном объеме. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям. Есть мелкие ошибки в представлении результатов.

«3» (удовлетворительно): Студент на 80% правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе, но есть некоторые существенные ошибки в оформлении результатов.

«2» (не зачтено): Студент неправильно выполнил от 70% до 50% заданий работы.

«1» (не зачтено): Студент неправильно выполнил свыше 70% заданий работы и не может объяснить полученные результаты.

«0» (не зачтено) Студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты

### Примерная тематика рефератов и докладов

1. Обнаружение промахов в экспериментальных данных с использованием табличного процессора Excel.
2. Вычисление коэффициентов уравнения линейной регрессии. в вычислительной среде табличного процессора MS Excel
3. Вычисление коэффициентов уравнения линейной регрессии. в вычислительной среде табличного процессора Calc.
4. Создание баз данных в ОС Windows.
5. Статистические функции в Calc.
6. Статистические функции в Excel.

7. Математические функции в Calc.
8. Математические функции в Excel.
9. Логические функции в Calc.
10. Логические функции в Excel.
11. Построение разных типов диаграмм в Calc.
12. Построение разных типов диаграмм в Excel.

### Критерии оценки (в баллах):

«5» (отлично): Задание выполнено в полном объеме. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.

«4» (хорошо): Задание по работе выполнено в полном объеме. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям. Есть мелкие ошибки в представлении результатов.

«3» (удовлетворительно): Студент на 80% правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе, но есть некоторые существенные ошибки в оформлении результатов.

«2» (не зачтено): Студент неправильно выполнил от 70% до 50% заданий работы.

«1» (не зачтено): Студент неправильно выполнил свыше 70% заданий работы и не может объяснить полученные результаты.

«0» (не зачтено) Студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.

### Комплект заданий для контрольной работы Пример варианта контрольной работы

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	$y = a - b c e^d$	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

#### 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.
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  $\Delta x$  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  $\Delta x$  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  $\Delta x$  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. 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  $\Delta x$  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  $ou$  с двумя знаками после запятой.

3. 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

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  $\Delta x$  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. 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:**

10 баллов выставляется студенту, если работа выполнена в полном объеме и изложена грамотным языком в определенной логической последовательности с точным использованием специализированной терминологии; показано уверенное владение нормативной базой;

8-9 баллов выставляется студенту, если работа выполнена в полном объеме, но имеет один из недостатков:

в работе допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа; нет определенной логической последовательности, неточно используется специализированная терминология;

6-7 баллов выставляется студенту, если работа выполнена неполно, не показано общее понимание вопроса, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, при знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков.

4-5 баллов выставляется студенту, если студент выполнил контрольную работу менее чем на 50 %.

1-3 балла выставляется студенту, если студент выполнил контрольную работу менее чем на 70 %.

- 0 баллов выставляется студенту, если студент вообще не приступал к выполнению контрольной работы.

### **Коллоквиум № 1. Базовые понятия моделирования химико-технологических процессов.**

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-технологических процессов.

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.

Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей на основе данных пассивного эксперимента. Понятия функции отклика и факторов. Основные допущения регрессионного анализа. Критерии проверки однородности дисперсий. Выбор вида уравнений регрессии, определение коэффициентов регрессии и их значимости с использованием критерия Стьюдента. Процедура исключения незначимых коэффициентов

Математическое моделирование трубчатого реактора в стационарном состоянии с прямоточным движением теплоносителя и сложной кинетической схемой реакции. Решение задачи Коши. Графическое представление алгоритма решения.

Математическое моделирование трубчатого реактора в стационарном состоянии с противоточным движением теплоносителя и сложной кинетической схемой реакции. Решение краевой задачи. Графическое представление алгоритма решения.

регрессии. Определение адекватности регрессионных моделей с помощью критерия Фишера. Критерий воспроизводимости и условия его применимости.

## **Коллоквиум № 2. Моделирование химико-технологических процессов**

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).

Разработка математического описания процессов. Блочный принцип построения структурных математических моделей. Обобщенное описание 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.

Оптимизация химико-технологических процессов. Задачи оптимального проектирования и управления. Выбор критериев оптимальности (целевых функций) и оптимизирующих переменных (ресурсов оптимизации).

Некоторые особенности промышленных объектов и их отражение в математических моделях. Математические модели нестационарных процессов. Параметрическая чувствительность и устойчивость процессов. Примеры математических моделей промышленных процессов.

### **Критерии оценки (в баллах) за каждый из коллоквиумов:**

0 баллов выставляется студенту, если студент не имеет представления об обсуждаемом вопросе;

- 1-7 баллов выставляется студенту, если студент имеет фрагментарные представления об обсуждаемом вопросе (студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, почти не владеет монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии);;

- 8-11 баллов выставляется студенту, если студент имеет неполные представления об обсуждаемом вопросе (студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии);

- 12-15 баллов выставляется студенту, если студент имеет не в достаточной мере сформированные и содержащие существенные пробелы представления об обсуждаемом вопросе (студент демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение монологической речью, терминологией, логичностью и последовательностью

изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем);

- 16-19 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об обсуждаемом вопросе (студент демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем);

- 20 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные систематические представления об обсуждаемом вопросе (студент демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы).

### **4.3. Рейтинг-план дисциплины**

Рейтинг–план дисциплины представлен в Приложении 2.

Перевод оценки из 100-балльной в систему зачет/незачет производится следующим образом:

- зачтено – от 59 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);

- не зачтено– от 0 до 59 баллов.

## **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 InformaHealthcare, 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><b>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> 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;"><b>Аудитория № 405</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 311</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 310</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 305</b> 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><b>учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа:</b> 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;"><b>Аудитория № 405</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 311</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 310</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 305</b></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 <b>Аудитория № 001</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 002</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 006</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 007</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 008</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 004</b></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. <b>Аудитория № 005</b></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><b>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> 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><b>Аудитория № 405</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic <b>Аудитория № 311</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white <b>Аудитория № 310</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183 <b>Аудитория № 305</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183 <b>Аудитория № 001</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 002</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска <b>Аудитория № 006</b></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;"><b>Аудитория № 007</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 008</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p>	<p>Стандартный, продление подписки на 1 год. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г.</p>
<p><b>помещение для самостоятельной работы:</b> 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;"><b>Зал доступа к электронной информации Библиотеки</b> 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;"><b>Читальный зал №1</b> 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;"><b>Читальный зал №2</b> 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;"><b>Читальный зал №4</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 60.</p> <p style="text-align: center;"><b>Читальный зал №5</b> 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;"><b>Читальный зал №6</b> 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;"><b>Читальный зал №7</b> 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;"><b>Аудитория № 418</b> 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&lt;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.	
<p><b>помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> аудитория № 416 (корпус химического факультета)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 416</b></p> <p>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 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»

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	36
практических/ семинарских	
лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену/зачету	71,8

Форма контроля:  
зачет в 8 семестре

№ 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.	2		-	4	[1-10]	Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по лабораторным работам	лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы
2.	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	5		6	8			лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы

	моделей. Установление адекватности математических моделей. Стратегия проведения расчетных исследований и компьютерного моделирования реальных процессов. Оптимизация химико-технологических процессов.							
3.	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.	5	-	6	8	[1-18]	Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по лабораторным работам	лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы
4	Нормальный закон распределения для векторных случайных величин и определение их числовых характеристик. Дисперсионный анализ. Определение выборочных коэффициентов корреляции и коэффициента множественной корреляции.	4		4	8			лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы

5	<p>Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей на основе данных пассивного эксперимента. Понятия функции отклика и факторов. Основные допущения регрессионного 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>	4		4	8			<p>лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы</p>
6	<p>Математическое моделирование химико-технологических процессов. Этапы математического моделирования: формулировка гипотез, построение математического описания, разработка моделирующего алгоритма, проверка адекватности моделей и идентификация их параметров,</p>	4	-	4	8	[1-18]	<p>Проработать лекцию и рекомендованную литературу, подготовка к зачету, контрольной работе, написание реферата, оформление отчетов по</p>	<p>лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы</p>

	расчетные исследования (вычислительный эксперимент).						лабораторным работам	
7.	Разработка математического описания процессов. Блочный принцип построения структурных математических моделей. Обобщенное описание 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.	4		4	8			лабораторные работы; реферат; доклад, комплект типовых задач, контрольная работа, коллоквиумы
8.	Математическое моделирование трубчатого реактора в стационарном состоянии с прямоточным движением теплоносителя и сложной	4		4	8			лабораторные работы; реферат; доклад,

	<p>кинетической схемой реакции. Решение задачи Коши. Графическое представление алгоритма решения. Математическое моделирование трубчатого реактора в стационарном состоянии с противоточным движением 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).</p>							<p>КОМПЛЕКТ ТИПОВЫХ задач, контрольная работа, коллоквиумы</p>
9	<p>Некоторые особенности промышленных объектов и их отражение в математических моделях. Математические модели нестационарных процессов. Параметрическая чувствительность и устойчивость процессов. Примеры математических моделей промышленных процессов.</p>	4		4	11,8			<p>лабораторные работы; реферат; доклад, КОМПЛЕКТ ТИПОВЫХ задач, контрольная работа, коллоквиумы</p>
	<b>Всего часов:</b>	36	6		71,8			

## Рейтинг – план дисциплины

Б1.В.ДВ.02.01 Математическое моделирование технологических процессов  
направление/специальность 18.03.01. Химическая технология  
курс 4, семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Кейс-задачи	5,00	1	0	5,00
2. Выполнение лабораторных работ	2,50	8	0	20,00
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа (по практике) № 1	10,00	1	0	10,00
2. Коллоквиум № 1	10,00	1	0	10,00
Модуль 2				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Выполнение лабораторных работ	2,50	4	0	10,00
2. Выступление с докладом	5,00	1	0	5,00
3. Рефераты	5,00	1	0	5,00
4. Комплект типовых задач	5,00	1	0	5,00
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа (по практике) № 2	10,00	1	0	10,00
3. Коллоквиум № 2	10,00	1	0	10,00
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6,00
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных) занятий			0	-10,00

			<b>Итого</b>	<b>100</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
Участие в олимпиадах	1,00		0	1,00
Участие в конференциях	2,00		0	2,00
Публикация тезисов	3,00		0	3,00
Публикация статей	4,00		0	4,00
			<b>Итого</b>	<b>10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
Зачет			60,00	100,00