

Приложение № 5

К ОПОП ВО по направлению подготовки

06.06.01 Биологические науки

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
и инновационной деятельности

Д.В. Иванов

« 28 » 05 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б.1.В.ДВ.1. Математическое моделирование**

**основной профессиональной образовательной программы высшего образования  
по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

|                                                          |                                                                        |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки                                   | 06.06.01 Биологические науки                                           |
| Квалификация выпускника                                  | Исследователь. Преподаватель-исследователь                             |
| Направленность образовательной программы (отрасль науки) | Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)<br>(биологические науки) |
| Выпускающая кафедра                                      | Кафедра лесных культур, селекции и биотехнологии                       |

Курс 2  
Семестр 3

**Распределение учебного времени**

|                                                                     |                   |                       |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Трудоемкость по учебному плану                                      | <u>108/3</u>      | часов/зачетных единиц |
| Лекции                                                              | <u>10</u>         | часов                 |
| Практические занятия                                                | <u>18</u>         | часов                 |
| <b>Всего аудиторных занятий</b>                                     | <u>28</u>         | часов                 |
| Самостоятельная (внеаудиторная) работа обучающихся (без учета экз.) | <u>80</u>         | часов                 |
| Экзамен (1 з. ед. - 36 часов)                                       | <u>          </u> | семестр               |
| Зачет                                                               | <u>3</u>          | семестр               |
| Зачет (зачет с оценкой)                                             | <u>          </u> | семестр               |

Йошкар-Ола  
20 15

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **06.06.01** Биологические науки, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 871; учебного плана подготовки обучающихся в ПГТУ по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по указанной образовательной программе.

Рабочая программа утверждена

научно-техническим советом университета,  
«28» 05 20 15 г. протокол № 4

Председатель НТС



д.ф.-м.н., доц. Д.В. Иванов

Рабочую программу составил:

Профессор кафедры ВМ



д.ф.-м.н., доц. Д.В. Иванов

Рабочая программа одобрена

на заседании кафедры ВМ  
«20» 05 20 15 г. протокол № 4

Зав. кафедрой ВМ



д.ф.-м.н., проф. В.А. Иванов

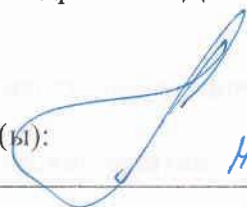
Рабочая программа согласована с сектором подготовки научных кадров УНИД

начальник сектора подготовки  
научных кадров УНИД



к.э.н. Ю.А. Филенко

Эксперт(ы):



Иванов А.А. д.ф.-м.н., проф. дир. ЦРТ КНИТУ-КАЧ  
(Ф.И.О., должность)

(Ф.И.О., должность)

## Раздел 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель и задачи дисциплины

**Целью освоения** дисциплины Б.1.В.ДВ.1. «Математическое моделирование» является достижение планируемых результатов обучения - знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения ОП.

Дисциплина направлена на формирование у обучающихся теоретических основ для понимания принципов построения математических моделей сложных систем, а также принципов реализации этих математических моделей на ЭВМ.

**Задачами** дисциплины является знакомство обучающихся с различными типами математических моделей, методами их построения, численными методами, используемыми в современных ЭВМ.

### 1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

Цели и задачи дисциплины направлены на формирование следующих компетенций и достижение следующих результатов освоения образовательной программы:

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                      | Планируемые результаты освоения образовательной программы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>УК-1</b> способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях                       | <b>ЗНАТЬ:</b><br>- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.<br><b>УМЕТЬ:</b><br>- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов<br>- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.<br><b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях<br>- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>ОПК-1</b> способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | <b>ЗНАТЬ:</b><br>современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.<br><b>УМЕТЬ:</b><br>выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;<br><b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;<br>- навыками планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов;<br>- навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Профессиональные компетенции</b>                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>ПК-1</b> способность использовать в своей научно-исследовательской и педагогической деятельности знание современных проблем, новейших достижений, современных мето-                                                              | <b>ЗНАТЬ:</b><br>- современные методологические принципы и методические приемы исследования и преподавания в области биотехнологии<br>- современное состояние науки в фундаментальных и прикладных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>дологических принципов и методических приемов исследования в области биотехнологии</p> | <p>областях биотехнологии;</p> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать фундаментальные и прикладные знания из области биотехнологии в своей научно-исследовательской и педагогической деятельности;</li> <li>- анализировать и выявлять различия в методологических принципах и методических приемах исследования и преподавания в области биотехнологии.</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения современных методических приемов исследования и преподавания в области биотехнологии;</li> <li>- навыками выявлять научно-технические проблемы в области биотехнологии.</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «*Математическое моделирование*» относится к вариативной части образовательной программы (циклу Б.1.В.ДВ.1.), является дисциплиной по выбору обучающихся. Изучение данной дисциплины рекомендуется обучающимся всех технических и естественно-научных направлений для формирования знаний и компетенций при работе над кандидатской диссертацией.

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин (практик):

УК-1: в дисциплинах (практиках) учебного плана: Б.1.Б.2. История и философия науки, Б.1.В.2. Методика выполнения диссертационного исследования; Б.3.1. Научно-исследовательская деятельность

ОПК-1: в дисциплинах (практиках) учебного плана: Б.1.Б.2. История и философия науки, Б.1.В.2. Методика выполнения диссертационного исследования; Б.3.1. Научно-исследовательская деятельность

ПК-1: в дисциплинах (практиках) учебного плана: Б.1.В.2. Методика выполнения диссертационного исследования; Б.3.1. Научно-исследовательская деятельность

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах (практиках):

УК-1: в дисциплинах (практиках) учебного плана: Б.3.1. Научно-исследовательская деятельность; Б.4.1. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Б.4.2. Подготовка и представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР (диссертации)

ОПК-1: в дисциплинах (практиках) учебного плана: Б.1.В.4. Современные методы в науках о живых системах; Б.2.2. Научно-исследовательская практика; Б.3.1. Научно-исследовательская деятельность; Б.4.1. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Б.4.2. Подготовка и представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР (диссертации)

ПК-1: в дисциплинах (практиках) учебного плана: Б.2.1. Педагогическая практика; Б.3.1. Научно-исследовательская деятельность; Б.4.1. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Б.4.2. Подготовка и представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР (диссертации)

Необходимыми условиями для формирования компетенций и достижения результатов освоения образовательной программы, указанных в разделе 1.2, является:

**Знание:** видов математических моделей и методов их построения, областей их применения; методов, использующихся в численных расчетах (численное дифференцирование, интегрирование, решение дифференциальных уравнений, систем линейных алгебраических уравнений и т.д.), а также методов обработки результатов численного эксперимента (интерполяция, экстраполяция, аппроксимация и т.д.).

**Умение:** применять данные методы на практике в виде построения соответствующих алгоритмов в системах MathCad, MatLab, LabView и их реализации на ЭВМ.

**Владение:** навыками применения ЭВМ в расчетах и моделировании.

### Раздел 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

(матрица распределения компетенций по разделам и темам дисциплины)

| № | Темы, разделы дисциплины                                                                    | Количество часов | Компетенции |       |      | Общее количество компетенций |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------|------|------------------------------|
|   |                                                                                             |                  | УК-1        | ОПК-1 | ПК-1 |                              |
| 1 | Вычислительный эксперимент. Принципы математического моделирования.                         | 20               | +           | +     | +    | 3                            |
| 2 | Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация, фильтрация экспериментальных данных             | 38               | +           | +     | +    | 3                            |
| 3 | Численные методы решения основных задач алгебры и математического и статистического анализа | 50               | +           | +     | +    | 3                            |
|   | <b>Итого</b>                                                                                | <b>108</b>       |             |       |      |                              |

### Раздел 4. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций в процессе обучения преподавателем создаются образовательные ситуации, в которых обучающиеся решают аналитические и практические задачи в индивидуальной и групповой форме работы, то есть реализуется методологическая технология проектного обучения.

Основными стратегическими образовательными технологиями являются лекционные, практические занятия и самообучение, проводимые в следующих формах: лекции классические (ЛК), лекции визуализации (ЛВ), практикум классический (ПМК), самообучение (Соб).

При организации указанных форм учебных занятий применяются информационные технологии в виде представления презентаций с применением ноутбука и проектора, иллюстративные материалы – презентации (слайды), фотографии, плакаты, подготовленные в ходе научно-исследовательской работы. В распоряжении на кафедре имеется доступ в интернет и стандартное программное обеспечение, установленное информационным центром ПГТУ.

### Раздел 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1. Аннотации содержания дисциплины

Аннотация дисциплины Б.1.В.ДВ.1. «Математическое моделирование»

Дисциплина Б.1.В.ДВ.1. «Математическое моделирование» является дисциплиной по выбору обучающихся. Изучение данной дисциплины рекомендуется обучающимся всех технических и естественно-научных направлений для формирования знаний и компетенций при работе над кандидатской диссертацией..

Дисциплина изучается в 3-м семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 108/3 часов/з.ед. Самостоятельная работа заключается в изучении лекционного и дополнительного материала, подготовке к текущему контролю, выполнении индивидуальной зачетной работы и подготовке отчетов по ней, подготовку к зачету.

В ходе изучения дисциплины осуществляется текущий контроль в форме устного опроса, проведения индивидуальных зачетных работ с последующей их защитой, а также промежуточный контроль в форме зачета.

Целью изучения дисциплины является формирование следующих компетенций:

УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

ПК-1 способность использовать в своей научно-исследовательской и педагогической деятельности знание современных проблем, новейших достижений, современных методологических принципов и методических приемов исследования в области биотехнологии

В ходе изучения дисциплины последовательно рассматриваются разделы:

1. Вычислительный эксперимент. Основные принципы математического моделирования. Численные методы решения основных задач алгебры и математического анализа.

2. Основные принципы статистической обработки данных с помощью пакетов прикладных компьютерных программ

3. Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация экспериментальных данных. Методы фильтрации экспериментальных данных

Помимо общих вопросов рассматриваются методы математического моделирования в области биотехнологии, построение математических моделей биотехнологических процессов, использование методов корреляционного и регрессионного анализа при анализе биологических данных.

Основными стратегическими образовательными технологиями являются лекционные, практические занятия и самообучение, проводимые в следующих формах: лекции классические (ЛК), лекции визуализации (ЛВ), практикум классический (ПМК), самообучение (Соб).

В рамках указанных технологий применяются тактические образовательные технологии: лекция-визуализация, информационные технологии, самообучение.

## 5.2. Учебно-тематический план изучения дисциплины

| №            | Наименование разделов дисциплины, тем                                                       | Виды учебной работы и их трудоемкость (кол-во часов)* |                |                |           |            | Формы контроля                               |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------|----------------|-----------|------------|----------------------------------------------|
|              |                                                                                             | лекции                                                | практ. занятия | лабор. занятия | СР        | Всего      |                                              |
| 1            | Вычислительный эксперимент. Принципы математического моделирования.                         | 2                                                     | 4              |                | 14        | 20         | устный опрос, защита инд. зач. работы, зачет |
| 2            | Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация, фильтрация экспериментальных данных             | 4                                                     | 6              |                | 28        | 38         | устный опрос, защита инд. зач. работы, зачет |
| 3            | Численные методы решения основных задач алгебры и математического и статистического анализа | 4                                                     | 8              |                | 38        | 50         | устный опрос, защита инд. зач. работы, зачет |
| <b>Итого</b> |                                                                                             | <b>10</b>                                             | <b>18</b>      | <b>-</b>       | <b>80</b> | <b>108</b> |                                              |

## 5.3. План лекционных занятий

| №№ п/п | Наименование раздела/темы дисциплины                                | Темы и краткое содержание лекций                                                                                                                                                                                                                                                                           | Кол. час. |
|--------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.     | Вычислительный эксперимент. Принципы математического моделирования. | 1. Вычислительный эксперимент. Характеристики вычислительных алгоритмов и требования, предъявляемые к ним.<br>2. Типы математических моделей. Основные принципы построения математических моделей. Примеры математических моделей в различных областях науки. Корректно и некорректно поставленные задачи. | 2         |

|    |                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2. | Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация, фильтрация экспериментальных данных             | 1. Интерполяция и экстраполяция. Интерполяция функций. Интерполяционный полином Лагранжа. Метод Ньютона - правые и левые разности. Интерполяция сплайнами. Кубические и бикубические сплайны.<br>2. Аппроксимация функций. Аппроксимация функций по методу наименьших квадратов.<br>3. Методы фильтрации и сглаживания экспериментальных данных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4         |
| 3. | Численные методы решения основных задач алгебры и математического и статистического анализа | 1. Численные методы алгебры. Численные методы решения алгебраических уравнений<br>2. Численное дифференцирование и интегрирование<br>Формулы численного дифференцирования. Вывод формул на основе разложений функций в ряды Тейлора. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса (прямоугольников, средней точки, трапеций, Симпсона и др.). Применение методов численного дифференцирования и интегрирования при обработке результатов эксперимента.<br>3. Численные методы решения дифференциальных уравнений<br>Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Начальные условия. Задача Коши. Общая характеристика методов численного решения задачи Коши. Одношаговые и многошаговые методы. Явные и неявные методы. Явный и неявный методы Эйлера. Устойчивость методов. Одношаговые методы Рунге-Кутты.<br>4. Корреляционный и регрессионный анализ экспериментальных данных | 4         |
|    |                                                                                             | <b>Всего</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>10</b> |

#### 5.4. План практических занятий

| №№ п/п | Наименование раздела/темы дисциплины                                                        | Темы и краткое содержание занятия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Кол. час. |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.     | Вычислительный эксперимент. Принципы математического моделирования.                         | 1. Вычислительный эксперимент. Методика проведения вычислительных экспериментов с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>2. Типы математических моделей. Основные принципы построения математических моделей с помощью ЭВМ<br>3. Математическое моделирование в области биотехнологии<br>4. Построение математических моделей биотехнологических процессов                                                                                                                  | 4         |
| 2.     | Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация, фильтрация экспериментальных данных             | 1. Интерполяция и экстраполяция с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>2. Аппроксимация функций с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>3. Методы фильтрации и сглаживания экспериментальных данных с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>4. Обработка экспериментальных данных, полученных в ходе выполнения научно-исследовательской работы по теме диссертации, методами интерполяции, экстраполяции, аппроксимации и фильтрации | 6         |
| 3.     | Численные методы решения основных задач алгебры и математического и статистического анализа | 1. Численные методы решения алгебраических уравнений с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>2. Численное дифференцирование и интегрирование с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>3. Численные методы решения дифференциальных уравнений с помощью пакетов прикладных компьютерных программ                                                                                                                                                           | 8         |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  |  | ЭВМ<br>4. Корреляционный и регрессионный анализ экспериментальных данных с помощью пакетов прикладных компьютерных программ ЭВМ<br>5. Обработка экспериментальных данных, полученных в ходе выполнения научно-исследовательской работы по теме диссертации, методами корреляционного и регрессионного анализа |           |
|  |  | <b>Всего</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>18</b> |

### 5.5. Самостоятельная работа обучающихся

| № | Раздел дисциплины                                                                           | № | Вид СР                                                                                  | Количество часов | Виды и формы контроля                        |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|
| 1 | Вычислительный эксперимент. Принципы математического моделирования.                         | 1 | Выполнение индивидуальной зачетной работы                                               | 10               | устный опрос, защита инд. зач. работы, зачет |
|   |                                                                                             | 2 | Изучение теоретического материала, подготовка к устному опросу и защите зачетной работы | 4                |                                              |
| 2 | Интерполяция, экстраполяция, аппроксимация, фильтрация экспериментальных данных             | 3 | Выполнение индивидуальной зачетной работы                                               | 20               | устный опрос, защита инд. зач. работы, зачет |
|   |                                                                                             | 4 | Изучение теоретического материала, подготовка к устному опросу и защите зачетной работы | 8                |                                              |
| 3 | Численные методы решения основных задач алгебры и математического и статистического анализа | 5 | Выполнение индивидуальной зачетной работы                                               | 30               | устный опрос, защита инд. зач. работы, зачет |
|   |                                                                                             | 6 | Изучение теоретического материала, подготовка к устному опросу и защите зачетной работы | 8                |                                              |
|   | Всего:                                                                                      |   |                                                                                         | 80               |                                              |

## Раздел 6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины *«Математическое моделирование»* обучающимися в 3-м семестре контроль предполагает текущую аттестацию и контроль сформированности компетенций.

**Текущая оценка** работы обучающихся в семестре включает следующие виды:

- 1) устный опрос;
- 2) защита индивидуальной зачетной работы.

**Промежуточная аттестация** сформированности компетенций – в 3-м семестре зачёт по окончании изучения дисциплины *«Математическое моделирование»* по результатам текущей аттестации аспиранта по этой дисциплине.

Перечень вопросов для подготовки к зачету, перечень индивидуальных зачетных работ, методические рекомендации по их выполнению и оформлению, а также критерии зачета приведены в Приложении 1.

## Раздел 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Основная и дополнительная литература



| №<br>п/п                  | Автор           | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Год из-<br>дания | Количество<br>экземпляров,<br>имеющихся в<br>библиотеке, или<br>ссылка на ЭБС                                                                                                          |
|---------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА       |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |                                                                                                                                                                                        |
| 1                         | Иванов Д.В.     | Математическое моделирование физических процессов и систем: учебное пособие / Д. В. Иванов, М. И. Рябова, А. А. Чернов; под общ. ред. Д. В. Иванова. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 124 с.                                                            | 2015             | 1<br><a href="https://portal.volgat ech.net/books/Ivanov_matematicheskoe_modelirovanie_2015.pdf">https://portal.volgat ech.net/books/Ivanov_matematicheskoe_modelirovanie_2015.pdf</a> |
| 2                         | Зарубин В.С.    | Математическое моделирование в технике [Текст] : [учеб. для студентов вузов] / В. С. Зарубин. - 3-е изд. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 495 с. : ил.                                                                                                                                  | 2010<br>2001     | 7<br>9                                                                                                                                                                                 |
| 3                         | Поршнева С.В.   | Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD [Текст] : [учеб. пособие для студентов пед. вузов по специальности "Информатика"] / С. В. Поршнева. - 2-е изд., доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. - 317                                                        | 2013             | 11                                                                                                                                                                                     |
| 4                         | Нехаев И.Н.     | Решение задач вычислительной математики с примерами решения в пакете "MathCad" [Текст] : [учеб. пособие для студентов по направлению 654600 "Информатика и вычисл. техника", специальности 351500 "Мат. обеспечение АИС"] / И. Н. Нехаев. - Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. - 194 с.                      | 2004             | 50                                                                                                                                                                                     |
| 5                         | Демидович, Б.П. | Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 672 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2025">https://e.lanbook.com/book/2025</a> . — Загл. с экрана.     | 2011             | <a href="https://e.lanbook.com/book/2025?category_pk=915#book_name">https://e.lanbook.com/book/2025?category_pk=915#book_name</a>                                                      |
| ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |                                                                                                                                                                                        |
| 1                         | Степанов В.И.   | Экономико-математическое моделирование [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по специальности "Мат. методы в экономике" и др. эконом. специальностям] / В. И. Степанов, А. Ф. Терпугов. - М. : Академия, 2009. - 111, [1] с. - (Высшее профессиональное образование) (Экономика и управление) | 2009             | 10                                                                                                                                                                                     |
| 2                         | Федосеев В.В.   | Математическое моделирование в экономике и социологии труда [Текст] : методы, модели, задачи : [учеб. пособие для студентов вузов по специальностям 080104 "Экономика труда", 080116 "Мат. методы в экономике"] / В. В. Федосеев. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 166 с.                                  | 2007             | 10                                                                                                                                                                                     |
| 3                         | Волков Е.А.     | Численные методы [Текст] : Учеб.пособие для вузов / Волков Е.А. - 2-е изд.,испр. - М. : Наука, 1987. - 248 с.                                                                                                                                                                                        | 1987             | 30                                                                                                                                                                                     |

|   |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |                                                                                                                                   |
|---|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Кириянов Д.В.  | Mathcad 12 [Текст] : [наиболее полное руководство] / Д. В. Кириянов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 557 с. : ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - (В подлиннике).                                                                                                                 | 2005 | 10                                                                                                                                |
| 5 | Измаилов, А.Ф. | Измаилов, А.Ф. Численные методы оптимизации [Электронный ресурс] : монография / А.Ф. Измаилов, М.В. Солодов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2008. — 320 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2184">https://e.lanbook.com/book/2184</a> . — Загл. с экрана. | 2008 | <a href="https://e.lanbook.com/book/2184?category_pk=916#book_name">https://e.lanbook.com/book/2184?category_pk=916#book_name</a> |

## 7.2. Учебно-методические разработки

| №№ п/п | Автор                      | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Год издания | Количество экземпляров, имеющих в библиотеке, или ссылка на ЭБС |
|--------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1      | В. Л. Черных и др.         | Математические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве [Текст] : лаб. практикум / [В. Л. Черных и др.] ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". - Йошкар-Ола : МарГТУ, 2011. - 79 с.                                                                                 | 2011        | 89                                                              |
| 2      | Иванов В.В., Кузьмина О.В. | Математическое моделирование [Текст] : учебно-методическое пособие : [по направлениям "Строительство" и "Строительство уникальных зданий и сооружений"] / В. В. Иванов, О. В. Кузьмина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Поволж. гос. технол. ун-т". - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 87 с. | 2016        | 61                                                              |

## 7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| №№ п/п | Библиографическое описание                          | Ссылка на информационный ресурс                                                                                                                 |
|--------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.     | Электронно-библиотечная система ПГТУ                | <a href="http://www.volgatech.net/electronic-library-system-of-volgatech/">http://www.volgatech.net/electronic-library-system-of-volgatech/</a> |
| 2.     | Научная электронная библиотека                      | <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>                                                                                           |
| 3.     | Международная реферативная база данных Scopus       | <a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>                                                                                     |
| 4.     | Образовательный математический сайт                 | <a href="http://old.exponenta.ru/">http://old.exponenta.ru/</a>                                                                                 |
| 5.     | Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» | <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>                                                                                       |

## Раздел 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

### 8.1. Информационные технологии

| № ауд., корп.      | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа                                                                                                                                                                 |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ауд. 119, корп. II | — AnyLogic 7 (Подтверждение лицензии: Order ID: 2771-2469-4934-8380);<br>— Embarcadero RAD Studio XE2 Professional 10 Named Users ESD (Подтверждение лицензии: Лицензия №193627);<br>— LABVIEW FULL DEV SYSTEM 10 USER TEACHING LICENSE, WIN 2000/XP |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | (Подтверждение лицензии: Лицензия №М64Х13721);<br>— Mathcad University Classroom Perpetual - 40 (Подтверждение лицензии: Лицензия №296133);<br>— MATLAB Suite Classroom (Подтверждение лицензии: Лицензия №595357, 730429);<br>— Microsoft Access (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Office Standard (Подтверждение лицензии: Лицензия №66059532 OPEN 96044930ZZE1711);<br>— Microsoft Project Professional (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Visio Professional (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Visual Studio Enterprise (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Windows Enterprise (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Агент Dr.Web (Подтверждение лицензии: Лицензия №LBW-BC-12М-1600-В1);<br>— Комплекс программ для разработчика систем ЦОС (Подтверждение лицензии: Установочный диск);<br>— Комплект ГАРАНТ-Мастер (Подтверждение лицензии: Лицензия №12-40272-000898);<br>— Комплект ПО для решения основных пользовательских задач (Подтверждение лицензии: Свободно распространяемое ПО);<br>— Справочная правовая система "Консультант Плюс" (Подтверждение лицензии: Договор № РДД_8001_п, № РДД_8002_п); |
| ауд. 120, корп. II | — LABVIEW (Подтверждение лицензии: Лицензия №М75Х89867);<br>— Mathcad University Classroom Perpetual - 40 (Подтверждение лицензии: Лицензия №296133);<br>— MATLAB Suite Classroom (Подтверждение лицензии: Лицензия №595357, 730429);<br>— Microsoft Access (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Office Standard (Подтверждение лицензии: Лицензия №66059532 OPEN 96044930ZZE1711);<br>— Microsoft Project Professional (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Visio Professional (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Visual Studio Enterprise (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Windows Enterprise (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Агент Dr.Web (Подтверждение лицензии: Лицензия №LBW-BC-12М-1600-В1);<br>— Комплект ГАРАНТ-Мастер (Подтверждение лицензии: Лицензия №12-40272-000898);<br>— Комплект ПО для решения основных пользовательских задач (Подтверждение лицензии: Свободно распространяемое ПО);<br>— Справочная правовая система "Консультант Плюс" (Подтверждение лицензии: Договор № РДД_8001_п, № РДД_8002_п);                                                                                       |
| ауд. 241, корп. I  | — Microsoft Visio Professional (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Visual Studio Enterprise (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Microsoft Windows Enterprise (Подтверждение лицензии: Лицензия №700524030);<br>— Агент Dr.Web (Подтверждение лицензии: Лицензия №LBW-BC-12М-1600-В1);<br>— Комплект ГАРАНТ-Мастер (Подтверждение лицензии: Лицензия №12-40272-000898);<br>— Комплект ПО для решения основных пользовательских задач (Подтверждение лицензии: Свободно распространяемое ПО);<br>— Справочная правовая система "Консультант Плюс" (Подтверждение лицензии: Договор № РДД_8001_п, № РДД_8002_п);                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## 8.2. Материально-техническая база

| №№ п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования                                                                                                                                                                                         |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.     | Компьютерная аудитория, Корпус: II, Номер: 119<br>— Комплект мебели для учебного процесса;<br>— ПК ICL RAY S902.1, клавиат., мышь, патч корд 3м, монитор ViewSonic 21,5" VA2248-LED, 15 шт.;<br>— Стойка компьютерная, 15 шт.;                                                                          |
| 2      | Компьютерная аудитория, Корпус: II, Номер: 120<br>— Доска классная 1.0*1.5;<br>— Комплект мебели для учебного процесса;<br>— ПК S404,2 400W/Intel Core i3 540/клавиш., мышь, монит. 21,5" VA2248-LED, 20 шт.;<br>— Стол с подвесной тумбой (преподавательский)                                          |
| 3.     | Любые лекционные и учебные аудитории с наличием проектора, экрана, ноутбука                                                                                                                                                                                                                             |
| 4.     | Зал для самостоятельной работы обучающихся, Корпус: I, Номер: 241<br>— Комплект мебели для учебного процесса;<br>— Компьютер RAMEC GALE Custom i3-3200/4ГБ/ монитор LCD 21.5", клавиат., мышь, 4 шт.;<br>— Монитор 19" ViewSonic TFT 19" VA916, 3 шт.;<br>— Монитор 19" Samsung 940N (LKSB) TFT, 2 шт.; |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— ПК H404,2 420W/Intel Core i3 540/клав.,мышь,монит. V173DObmd, 3 шт.;</li> <li>— Принтер HP LJ 1015;</li> <li>— Принтер HP LaserJet Pro P1102 RU;</li> <li>— Систем.блок P-Athlon64 X2 6000/1024*2Мб/320 Gb/клавиатура+мышь+коврик;</li> <li>— Сканер Metrologic MS9520;</li> <li>— Сканер штрих - кода HoneyWell MS 9540 Voyager USB, 3 шт.;</li> <li>— Сканер штрих - кодов Metrologic MS 9540 Vovager USB;</li> </ul> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 9. ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Программа переутверждена на  
заседании учебно-методич.

комиссии \_\_\_\_\_

(назв. факультета или специальности)

протокол № \_\_\_\_\_

от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. председателя)

Программа переутверждена  
на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
(название кафедры)

протокол № \_\_\_\_\_

от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. зав. кафедрой)

Программа переутверждена на  
заседании учебно-методич.

комиссии \_\_\_\_\_

(назв. факультета или специальности)

протокол № \_\_\_\_\_

от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. председателя)

Программа переутверждена  
на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
(название кафедры)

протокол № \_\_\_\_\_

от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. зав. кафедрой)

Программа переутверждена на  
заседании учебно-методич.

комиссии \_\_\_\_\_

(назв. факультета или специальности)

протокол № \_\_\_\_\_

от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. председателя)

Программа переутверждена  
на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
(название кафедры)

протокол № \_\_\_\_\_

от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. зав. кафедрой)

## **Оценочные средства по дисциплине и методические рекомендации**

### **Вопросы для подготовки к устному опросу, защите индивидуальных зачетных работ, зачету**

1. Вычислительный эксперимент.
2. Характеристики вычислительных алгоритмов и требования, предъявляемые к ним.
3. Типы математических моделей.
4. Корректно и некорректно поставленные задачи.
5. Основные современные компьютерные системы, позволяющие выполнять математические расчеты
6. Интерполяция и экстраполяция.
7. Аппроксимация.
8. Численное дифференцирование и интегрирование.
9. Нелинейные алгебраические и трансцендентные уравнения.
10. Системы нелинейных уравнений.
11. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса (прямоугольников, средней точки, трапеций, Симпсона и др.).
12. Применение методов численного дифференцирования и интегрирования при обработке результатов эксперимента.
13. Интерполяция функций.
14. Интерполяционный полином Лагранжа.
15. Интерполяция сплайнами.
16. Кубические и бикубические сплайны.
17. Аппроксимация функций.
18. Аппроксимация функций по методу наименьших квадратов.
19. Методы фильтрации и сглаживания экспериментальных данных
20. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
21. Начальные условия для обыкновенных дифференциальных уравнений.
22. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
23. Общая характеристика методов численного решения задачи Коши.
24. Одношаговые и многошаговые методы численного решения задачи Коши.
25. Явные и неявные методы численного решения задачи Коши.
26. Явный и неявный методы Эйлера.
27. Одношаговые методы Рунге-Кутты.
28. Метод четвертого порядка численного решения задачи Коши.
29. Способы и алгоритмы выполнения статистической обработки экспериментальных данных
30. Основные принципы корреляционного и регрессионного анализа
31. Примеры математических моделей в биотехнологии
32. Построение математических моделей биотехнологических процессов
33. Исследование биотехнологических процессов методами интерполяции, экстраполяции, аппроксимации и фильтрации
34. Исследование биотехнологических процессов методами корреляционного и регрессионного анализа

### **Структура индивидуального зачетного задания и методические рекомендации по его выполнению и оформлению**

Каждому аспиранту выдается индивидуальное задание, состоящее из следующих блоков:

- Численные методы решения уравнений
- Численное интегрирование

- Численные методы решения дифференциальных уравнений
- Элементы корреляционного анализа временных рядов
- Интерполирование и экстраполирование экспериментальных данных

Предложенные задания необходимо выполнять выполняются в виде построения соответствующих алгоритмов с помощью любой компьютерной системы, позволяющей выполнять математические расчеты. Например, в среде Microsoft Excel, MathCad, MatLab, LabView в зависимости от уровня владения навыками работы с подобными системами и методами компьютерного программирования. Наиболее простыми системами, доступными для пользователей с любым уровнем компьютерной подготовки, являются и Excel, MathCad.

Защита индивидуальной зачетной работы проходит на практических занятиях в виде анализа преподавателем алгоритма, построенного аспирантом, и обсуждения методов моделирования, используемых для решения задач. Файл с вычислительным алгоритмом аспирант передает преподавателю в электронном виде в формате pdf.

Задание каждого блока индивидуальной зачетной работы оформляется в отдельный файл. При составлении вычислительного алгоритма рекомендуется сопровождать его комментариями, пояснительными записками к элементам алгоритма.

### Критерии оценивания знаний обучающихся при проведении промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка «**зачтено**» выставляется обучающемуся, который:

- прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов;
- оформил индивидуальную зачетную работу в соответствии с рекомендациями.

Оценка «**не зачтено**» выставляется обучающемуся, который не справился с 50% вопросов и заданий индивидуальной зачетной работы, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Представленные отчетные материалы не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям.

### Пример индивидуальной зачетной работы

#### Блок 1. Численные методы решения уравнений

Решить уравнение  $x^3 + 5x + 1 = 0$  различными методами:

- а) графическим методом;
- б) с помощью встроенных функций MathCad: **root**, **polyroots**, **solve**, блок **Given/Find** (с заданием начального приближения и без задания начального приближения);
- в) методом касательных.

#### Блок 2. Численное интегрирование

Вычислить определенный интеграл  $\int_1^5 \left(1 + \frac{3}{x+1}\right) dx$  тремя методами: 1) методом прямоугольников; 2) методом трапеций; 3) методом парабол. Сравнить полученные решения с точным значением интеграла.

#### Блок 3. Численные методы решения дифференциальных уравнений

Решить задачу Коши  $y' = -x^2 - 4y$ ,  $y(0) = -1$  тремя способами:

- а) с помощью встроенной функции MathCad **rkfixed** и блока **Given/Odesolve**;
  - б) методом Эйлера;
  - в) методом Рунге-Кутты 4-го порядка.
- Сравнить полученные решения графически.

#### Блок 4. Элементы статистического анализа экспериментальных данных

Из генеральной совокупности извлечена выборка:

|    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 7  | 15 | 28 | 37 | 50 | 57 | 63 | 73 | 88  | 96 |
| 4  | 17 | 29 | 37 | 49 | 56 | 61 | 78 | 88  | 96 |
| 95 | 88 | 78 | 61 | 56 | 44 | 39 | 29 | 12  | 1  |
| 3  | 12 | 26 | 39 | 42 | 51 | 60 | 75 | 87  | 95 |
| 92 | 85 | 74 | 61 | 51 | 45 | 35 | 25 | 12  | 5  |
| 11 | 22 | 32 | 48 | 57 | 67 | 74 | 85 | 100 | 57 |
| 82 | 72 | 66 | 52 | 45 | 32 | 22 | 11 | 81  | 71 |
| 66 | 52 | 41 | 31 | 22 | 63 | 51 | 41 | 32  | 21 |
| 21 | 34 | 43 | 53 | 64 | 32 | 43 | 55 | 64  | 42 |
| 41 | 39 | 45 | 55 | 41 | 64 | 38 | 48 | 55  | 50 |

- построить статистический ряд, гистограмму распределения;
- вычислить выборочное среднее, выборочную дисперсию, исправленную дисперсию.

### Блок 5. Элементы корреляционного анализа временных рядов

Дана корреляционная таблица:

|     |   |    |    |   |   |   |   |   |
|-----|---|----|----|---|---|---|---|---|
| $X$ | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $Y$ | 9 | 10 | 10 | 8 | 7 | 9 | 6 | 5 |

где  $X$  – годы,  $Y$  – товарооборот в млрд. рублей. Найти выборочный коэффициент корреляции; составить выборочное уравнение регрессии  $Y$  на  $X$ ; спрогнозировать товарооборот на следующий год, на двенадцатый год. Построить график линии регрессии, нанести на график эмпирические значения товарооборота. Найти отклонения экспериментальных значений товарооборота от теоретических и их среднее значение и дисперсию.

### Блок 6. Интерполирование и экстраполирование экспериментальных данных

Провести интерполирование (глобальное, линейное и кубическое сплайн-интерполирование) и экстраполирование значений функции  $y = f(x)$  на отрезке  $[a; b]$  (Число точек разбиения отрезка  $[a; b]$  –  $N$ ; экстраполирование значений функции провести  $y = f(x)$  в последующих  $M$  точках по последним  $K$  значениям функции.)

$$y = \sin x^2, [0; 2], N = 10, M = 10, K = 7$$



## Лист согласования

[illegible]

## Лист регистрации изменений

[illegible]