

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета Инженерный Яременко С.А.  
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Математическое моделирование»

**Направление подготовки** 08.04.01 Строительство

**Профиль** Оборудование промышленных предприятий и  
топливно-энергетического комплекса

**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года и 4 м.

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2021

Автор программы  /Некрасова Н.Н./

Заведующий кафедрой  
Прикладной математики и  
механики  /Ряжских В. И./

Руководитель ОПОП  /Григорьев С.В./

Воронеж 2021

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

Расширение представления магистров о математике, привитие навыков использования ее специальных разделов, которые могут быть использованы в оборудовании промышленных предприятий и топливно-энергетического комплекса и их применение при написании магистерской диссертации и в практической деятельности.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучить специальные разделы математики, используемые в математическом моделировании в сфере оборудования промышленных предприятий и топливно-энергетического комплекса;
- получить навыки использования этих разделов математики при решении задач математического моделирования по программе подготовки.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции  |
|-------------|--|
| ОПК-1       | Знать основы математического аппарата, необходимые для решения задач математического моделирования по программе обучения |
|             | Уметь использовать теоретические факты для построения математических моделей   |
|             | Владеть методами проверки адекватности построенных моделей реальным процессам  |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

| Виды учебной работы                       | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|----------|
|   |             | 1        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | 54          | 54       |
| В том числе:                              |             |          |
| Лекции                                    | 18          | 18       |
| Практические занятия (ПЗ)                 | 36          | 36       |
| <b>Самостоятельная работа</b>             | 90          | 90       |
| Часы на контроль                          | 36          | 36       |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен   | +           | +        |
| Общая трудоемкость:<br>академические часы | 180         | 180      |
| зач.ед.                                   | 5           | 5        |

**заочная форма обучения**

| Виды учебной работы                       | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|----------|
|   |             | 1        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | 16          | 16       |
| В том числе:                              |             |          |
| Лекции                                    | 8           | 8        |
| Практические занятия (ПЗ)                 | 8           | 8        |
| <b>Самостоятельная работа</b>             | 155         | 155      |
| Часы на контроль                          | 9           | 9        |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен   | +           | +        |
| Общая трудоемкость:<br>академические часы | 180         | 180      |
| зач.ед.                                   | 5           | 5        |

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

| № п/п | Наименование темы                     | Содержание раздела  | Лекц | Прак зан. | СРС | Всего, час |
|-------|---------------------------------------|---|------|-----------|-----|------------|
| 1     | Основы математического моделирования. | Математическое моделирование: история развития и основные задачи. Основные виды математических моделей и области их применения. Примеры использования некоторых математических моделей. Основные этапы математического моделирования. Классификация уравнений | 6    | 14        | 30  | 50         |

|              |  |   |           |           |           |            |
|--------------|--|---|-----------|-----------|-----------|------------|
|              |  | математической физики. Уравнение волновых движений. Уравнение теплопроводности.   |           |           |           |            |
| 2            | Основные понятия теории статистических решений. Оценка точности и адекватности математических моделей. | Основные понятия. Принципы планирования эксперимента. Выборки и их характеристики. Элементы теории оценок. Проверка статистических гипотез. Проверка адекватности моделей. Критерии оценки адекватности математической модели. Оценка точности результатов моделирования. | 6         | 14        | 30        | 50         |
| 3            | Элементы корреляционно-регрессионного анализа.   | Определение парной регрессии и основные задачи построения парной регрессии. Линейная парная регрессия. Вычисление оценок для коэффициентов линейной парной регрессии на основе метода наименьших квадратов.   | 6         | 8         | 30        | 44         |
| <b>Итого</b> |  |   | <b>18</b> | <b>36</b> | <b>90</b> | <b>144</b> |

### заочная форма обучения

| № п/п        | Наименование темы  | Содержание раздела  | Лекц     | Прак зан. | СРС        | Всего, час |
|--------------|--|---|----------|-----------|------------|------------|
| 1            | Основы математического моделирования.  | Математическое моделирование: история развития и основные задачи. Основные виды математических моделей и области их применения. Примеры использования некоторых математических моделей. Основные этапы математического моделирования. Классификация уравнений математической физики. Уравнение волновых движений. Уравнение теплопроводности. | 2        | 2         | 60         | 64         |
| 2            | Основные понятия теории статистических решений. Оценка точности и адекватности математических моделей. | Основные понятия. Принципы планирования эксперимента. Выборки и их характеристики. Элементы теории оценок. Проверка статистических гипотез. Проверка адекватности моделей. Критерии оценки адекватности математической модели. Оценка точности результатов моделирования.   | 4        | 4         | 60         | 68         |
| 3            | Элементы корреляционно-регрессионного анализа.   | Определение парной регрессии и основные задачи построения парной регрессии. Линейная парная регрессия. Вычисление оценок для коэффициентов линейной парной регрессии на основе метода наименьших квадратов.   | 2        | 2         | 35         | 39         |
| <b>Итого</b> |  |   | <b>8</b> | <b>8</b>  | <b>155</b> | <b>171</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции  | Критерии оценивания   | Аттестован  | Не аттестован   |
|-------------|--|---|---|---|
| ОПК-1       | Знать основы математического аппарата, необходимые для решения задач математического моделирования по программе обучения | Знание основных теоретических фактов (на основе тестирования или опроса)                                  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Уметь использовать теоретические факты для построения математических моделей   | Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе тестирования или контрольной работы) | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Владеть методами проверки адекватности построенных моделей реальным процессам  | Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе контрольной работы)             | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения, 1 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции  | Критерии оценивания                                      | Отлично  | Хорошо  | Удовл.   | Неудовл.                             |
|-------------|--|--|--|---|--|--------------------------------------|
| ОПК-1       | Знать основы математического аппарата, необходимые для решения задач математического моделирования по программе обучения | Тест   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%  | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|             | Уметь использовать теоретические факты для построения математических моделей   | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|             | Владеть методами проверки адекватности построенных моделей реальным процессам  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |

### 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

#### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Первые математические модели были созданы:

- 1) Ф. Кенэ\*
- 2) К. Марксом
- 3) Г. Фельдманом
- 4) Д. Нейманом

2. Модель объекта это...

- 1) предмет похожий на объект моделирования

- 2) объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели
- 3) копия объекта
- 4) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта

3. Основная функция модели это:

- 1) получить информацию о моделируемом объекте
- 2) отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- 3) получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- 4) воспроизвести физическую форму объекта

4. Математической моделью объекта называют...

- 1) описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур
- 2) любую символическую модель, содержащую математические символы
- 3) представление свойств объекта только в числовом виде
- 4) любую формализованную модель

5. Методами математического моделирования являются ...

- 1) аналитический
- 2) числовой
- 3) аксиоматический и конструктивный!!
- 4) имитационный

6. Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:

- 1) аналитическая
- 2) графическая
- 3) цифровая
- 4) алгоритмическая

7. Эффективность математической модели определяется ...

- 1) оценкой точности модели
- 2) функцией эффективности модели!!
- 3) соотношением цены и качества
- 4) простотой модели

8. Адекватность математической модели и объекта это...

- 1) правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования!!
- 2) полнота отображения объекта моделирования
- 3) количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования
- 4) объективность результата моделирования

9. Состояние объекта определяется ...

- 1) количеством информации, полученной в фиксированный момент времени
- 2) множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели!!
- 3) только физическими данными об объекте
- 4) параметрами окружающей среды

10. Изменение состояния объекта отображается в виде ...

- 1) Статической модели
- 2) Детерминированной модели
- 3) Динамической модели!!
- 4) Стохастической модели

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

**Задание 1.** (Выберите один вариант ответа)

Статистическое распределение выборки имеет вид ...

|       |   |   |   |    |
|-------|---|---|---|----|
| $x_i$ | 2 | 3 | 7 | 10 |
| $n_i$ | 4 | 7 | 5 | 4  |

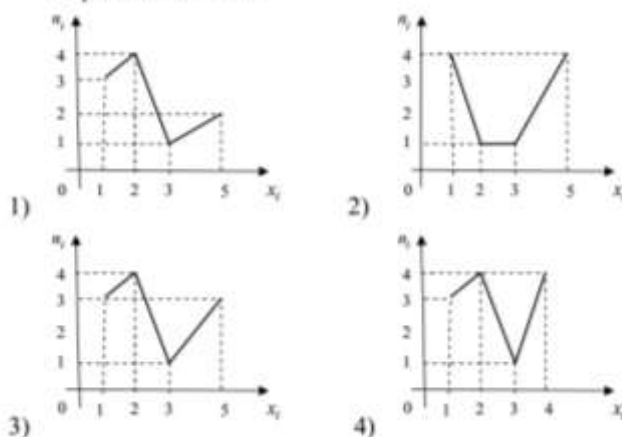
Тогда относительная частота варианты  $x_1 = 2$  равна ...

Варианты ответа: 1) 4; 2) 0,4; 3) 0,2; 4) 0,1.

**Задание 2.** (Выберите несколько вариантов ответа)

Выборками, заданными полигонами частот, объем которых равен 10, являются...

Варианты ответа:



**Задание 3.** (Выберите ответы согласно тексту задания)

Установите соответствие между оценкой и её свойством:

- a) Точечная оценка, математическое ожидание которой не равно



оцениваемому параметру.

b) Статистическая оценка, которая при увеличении объема выборки ( $n \rightarrow \infty$ ) стремится по вероятности к оцениваемому параметру.

c) Точечная оценка, математическое ожидание которой равно оцениваемому параметру при любом объеме выборки.

d) Статистическая оценка, которая имеет наименьшую возможную дисперсию.

*Варианты ответа:* 1) несмещенная; 2) смещенная; 3) эффективная; 4) состоятельная.

**Задание 4.** (Выберите один вариант ответа)

Для выборки объемом  $n = 9$  вычислена выборочная дисперсия  $D_B = 72$ . Тогда несмещенная и состоятельная оценка дисперсии для этой выборки равна ...

*Варианты ответа:* 1) 64; 2) 81; 3) 80; 4) 88.

**Задание 5.** (Выберите один вариант ответа)

При статистической проверке гипотез критические точки – это...

*Варианты ответа:*

1) множество точек, образующих область принятия  $H_0$ ; 2) множество точек, образующих область принятия  $H_1$ ; 3) точки, разделяющие область принятия гипотезы  $H_0$  и область отвержения  $H_0$ ; 4) область существования  $H_0$ .

**Задание 6.** (Выберите один вариант ответа)

Ошибка первого рода состоит в том, что ...

*Варианты ответа:*

1) гипотеза  $H_0$  верна и ее принимают согласно критерию; 2) гипотеза  $H_0$  верна и ее отвергают согласно критерию; 3) гипотеза  $H_0$  не верна и ее отвергают согласно критерию; 4) гипотеза  $H_0$  не верна и ее принимают согласно критерию.

Ошибка второго рода состоит в том, что ...

*Варианты ответа:*

1) гипотеза  $H_0$  не верна, но она принимается; 2) гипотеза  $H_0$  верна и она принимается; 3) гипотеза  $H_0$  не верна и она отвергается; 4) гипотеза  $H_0$  верна, но она отвергается.

**Задание 7.** (Выберите один вариант ответа)

Критической областью называется...

*Варианты ответа:*

1) множество значений критерия, где  $H_0$  принимается или отвергается; 2) область, в которой  $K_{набл}=K_{кр}$ ; 3) область, в которой  $K_{набл}=0$ .

**Задание 8.** (Выберите один вариант ответа)

Если конкурирующая гипотеза имеет вид  $H_1: x_1 > x_2$ , то критическая область...

*Варианты ответа:* 1) правосторонняя; 2) левосторонняя; 3) двусторонняя; 4) любая.

**Задание 9.** (Выберите один вариант ответа)

Если в результате проверки статистической гипотезы о законе распределения генеральной совокупности установлено  $\chi^2_{набл} > \chi^2_{кр}$ , то наблюдаемое значение статистики  $\chi^2_{набл}$

*Варианты ответа:*

1) попадает в критическую область и основная гипотеза отвергается; 2) не попадает в критическую область и основная гипотеза принимается; 3) попадает в область допустимых значений и основная гипотеза принимается; 4) не попадает в область допустимых значений и основная гипотеза принимается.

**Задание 10.** (Выберите один вариант ответа)

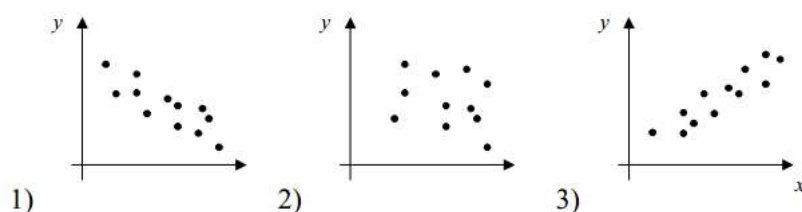
Задачей регрессионного анализа является...

*Варианты ответа:*

1) определение формы и изучение зависимости между переменными; 2) установление тесноты связи между факторным и результативным признаками; 3) вычисление ошибки показателя тесноты связи; 4) определение доверительного интервала для показателя тесноты связи.

**Задание 11.** (Выберите ответы согласно тексту задания)

Установите по виду корреляционного поля тип зависимости между переменными.



*Варианты ответа:*

а) зависимость между переменными отсутствует; б) обратная зависимость между переменными; с) прямая зависимость между переменными.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

**Задание 1** Решить [уравнение теплопроводности](#) методом [Фурье](#):

$$T'_t = a^2 T''_{xx}$$

$$T(0; x) = \varphi(x)$$

$$T(t; 0) = T_0$$

$$T(t; L) = T_L$$

$$\varphi(x) = T_0 + \left(\frac{x}{L}\right)^2 (T_L - T_0)$$

- |             |   |             |  |
|-------------|---|-------------|--|
| <b>2.1</b>  | $a = 1; L = 3.5; T_0 = 0; T_L = 20.5$   | <b>2.2</b>  | $a = 2; L = 5; T_0 = 0.7; T_L = 2.5$     |
| <b>2.3</b>  | $a = 15; L = 2.5; T_0 = 10; T_L = 22.5$ | <b>2.4</b>  | $a = 21; L = 3; T_0 = 1; T_L = 5$        |
| <b>2.5</b>  | $a = 2; L = 4.5; T_0 = 12.4; T_L = 25$  | <b>2.6</b>  | $a = 11; L = 0.3; T_0 = 40; T_L = 40.5$  |
| <b>2.7</b>  | $a = 3; L = 5.5; T_0 = 8.2; T_L = 20$   | <b>2.8</b>  | $a = 31; L = 14; T_0 = 50; T_L = 51.5$   |
| <b>2.9</b>  | $a = 4; L = 6.5; T_0 = 10; T_L = 20$    | <b>2.10</b> | $a = 1.4; L = 0.7; T_0 = 60; T_L = 60.5$ |
| <b>2.11</b> | $a = 5; L = 7.5; T_0 = 0; T_L = 40.1$   | <b>2.12</b> | $a = 1.3; L = 2.7; T_0 = 28; T_L = 29.4$ |
| <b>2.13</b> | $a = 6; L = 8.5; T_0 = 20; T_L = 20.5$  | <b>2.14</b> | $a = 1.1; L = 6.1; T_0 = 14; T_L = 15.2$ |
| <b>2.15</b> | $a = 7; L = 9.5; T_0 = 30; T_L = 40$    | <b>2.16</b> | $a = 1.7; L = 9.7; T_0 = 15; T_L = 19.4$ |
| <b>2.17</b> | $a = 10; L = 5.4; T_0 = 40; T_L = 50$   | <b>2.18</b> | $a = 2.1; L = 1.2; T_0 = 21; T_L = 27$   |
| <b>2.19</b> | $a = 8; L = 3.8; T_0 = 50; T_L = 51.2$  | <b>2.20</b> | $a = 8.1; L = 1.3; T_0 = 27; T_L = 29$   |

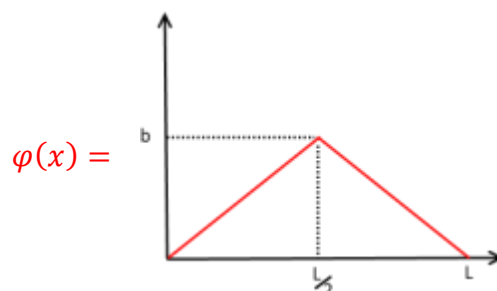
**Задание 2** Решить [волновое уравнение](#) методом [Фурье](#):

$$U''_{tt} = a^2 U''_{xx}$$

$$U(0; x) = \varphi(x)$$

$$U'_t(0; x) = 0$$

$$U(t; 0) = U(t; L) = 0$$



|             |                             |             |                              |
|-------------|-----------------------------|-------------|------------------------------|
| <b>3.1</b>  | $a = 1; L = 3.5; b = 20.5$  | <b>3.2</b>  | $a = 2; L = 5; b = 0.7$      |
| <b>3.3</b>  | $a = 15; L = 2.5; b = 22.5$ | <b>3.4</b>  | $a = 21; L = 3; b = 1$       |
| <b>3.5</b>  | $a = 2; L = 4.5; b = 12.4$  | <b>3.6</b>  | $a = 11; L = 0.3; b = 4$     |
| <b>3.7</b>  | $a = 3; L = 5.5; b = 8.2$   | <b>3.8</b>  | $a = 31; L = 14; b = 1.5$    |
| <b>3.9</b>  | $a = 4; L = 6.5; b = 10;$   | <b>3.10</b> | $a = 1.4; L = 0.7; b = 0.5$  |
| <b>3.11</b> | $a = 5; L = 7.5; b = 40.1$  | <b>3.12</b> | $a = 1.3; L = 2.7; b = 2.4$  |
| <b>3.13</b> | $a = 6; L = 8.5; b = 20$    | <b>3.14</b> | $a = 1.1; L = 6.1; b = 5.2$  |
| <b>3.15</b> | $a = 7; L = 9.5; b = 30$    | <b>3.16</b> | $a = 1.7; L = 9.7; b = 19.4$ |
| <b>3.17</b> | $a = 10; L = 5.4; b = 40$   | <b>3.18</b> | $a = 2.1; L = 1.2; b = 27$   |
| <b>3.19</b> | $a = 8; L = 3.8; b = 1.2$   | <b>3.20</b> | $a = 8.1; L = 1.3; b = 9$    |

### Задание 3. «Первичная обработка статистических данных».

Изучается случайная величина  $X$  – число выпавших очков при бросании игральной кости. Кость подбросили 60 раз. Требуется провести первичную обработку статистических данных:

- 1) записать вариационный ряд;
- 2) составить статистический ряд;
- 3) построить полигон частот;
- 4) найти и построить график эмпирической функции распределения;
- 5) найти характеристики выборки: выборочную среднюю, выборочную дисперсию и исправленную выборочную дисперсию, стандарт, размах выборки, моду, медиану, асимметрию и эксцесс.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 5 | 6 | 6 | 1 | 2 | 6 | 6 | 6 | 3 | 6 | 4 | 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 6 | 4 |
| 5 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 6 | 1 | 1 | 5 | 6 | 1 | 6 | 6 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 6 |
| 4 | 1 | 5 | 6 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 2 | 5 | 6 | 2 | 3 | 5 | 4 | 1 | 2 | 5 | 3 |

### Задание 4 «Выравнивание статистических рядов».

Извлечена выборка из генеральной совокупности случайной величины  $X$ . Требуется:

- 1) построить интервальный статистический ряд, гистограмму частот;
- 2) найти точечные и интервальные оценки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения;
- 3) провести выравнивание статистического ряда.

1,4; 0,5; 0,9; 1,1; 0,7; 1,4; 1,0; 1,4; 0,8; 0,5; 1,3; 0,9; 1,1; 0,7; 1,4; 1,3; 0,8; 1,2; 1,2;

1,2; 1,0; 0,6; 1,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,74 0,8;0,7; 0,9; 0,8; 1,1; 0,6; 0,7; 1,0; 0,7; 1,1; 1,1; 0,7; 0,8; 1,3; 0,7; 1,1; 0,7; 0,9; 0,7; 1,2; 1,0; 0,7; 0,5; 0,6; 1,2; 1,4; 0,8; 1,0; 0,7; 1,4; 1,3; 0,6.

**Задание 5** «Проверка гипотезы о законе распределения генеральной совокупности по критерию Пирсона».

Для разумного планирования и организации работы ремонтных мастерских специальной техники оказалось необходимым изучить длительность ремонтных операций, производимых мастерскими. Получены результаты (сгруппированные по интервалам) соответствующего статистического обследования (фиксированы длительности операций в 100 случаях):

|       |       |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $n_i$ | $n_1$ | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Требуется:

- 1) построить гистограмму частот;
- 2) найти числовые характеристики выборки  $(\bar{x}_B, \bar{S}, \bar{A}, \bar{E})$ ;
- 3) по виду гистограммы и значениям числовых характеристик выдвинуть гипотезу о законе распределения случайной величины  $X$  – длительности ремонтных операций, оценить параметры теоретического закона и записать его вид;
- 4) проверить основную гипотезу о законе распределения  $X$  по критерию Пирсона (уровень значимости выбрать самостоятельно);
- 5) проверить две альтернативных гипотезы о законе.

|                  |       |       |       |        |         |         |         |         |
|------------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| $[x_i, x_{i+1})$ | [0,3) | [3,6) | [6,9) | [9,12) | [12,15) | [15,18) | [18,21) | [21,24) |
| $n_i$            | 3     | 17    | 20    | 22     | 13      | 12      | 10      | 3       |

**Задание 6** «Подбор уравнения регрессии для бесповторной выборки».

Получены результаты наблюдений над случайными величинами  $X$  и  $Y$ :

Требуется:

- 1) построить точечный график зависимости  $X$  от  $Y$ ;
- 2) по расположению точек на плоскости выбрать вид гипотетической функциональной связи между  $X$  и  $Y$ ;
- 3) определить параметры уравнения регрессии, используя метод наименьших квадратов (МНК);



7. Уравнение теплопроводности.
8. Основные понятия. Принципы планирования эксперимента.
9. Выборки и их характеристики.
10. Элементы теории оценок.
11. Проверка статистических гипотез.
12. Проверка адекватности моделей.
13. Критерии оценки адекватности математической модели.
14. Оценка точности результатов моделирования.
15. Определение парной регрессии и основные задачи построения парной регрессии.
16. Линейная парная регрессия.
17. Вычисление оценок для коэффициентов линейной парной регрессии на основе метода наименьших квадратов.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и две задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в билете оценивается в 2 балла, задача оценивается в 0,5. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал не более 2 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 2,5 до 3 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 3,5 до 4,5 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины   | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства                             |
|-------|--|--------------------------------|--|
| 1     | Основы математического моделирования.  | ОПК-1                          | Стандартные и прикладные задачи, тест, устный опрос, экзамен |
| 2     | Основные понятия теории статистических решений. Оценка точности и адекватности математических моделей. | ОПК-1                          | Стандартные и прикладные задачи, тест, устный опрос, экзамен |
| 3     | Элементы корреляционно-регрессионного анализа.   | ОПК-1                          | Стандартные и прикладные задачи, тест, устный опрос, экзамен |

#### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры**

## оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| Тип носителя (печ/эл) | Наименование | Автор, название, место издания издательство, год издания учебной и, учебно-методической литературы, URL (для фонда ЭБС)   | Кол-во <sup>1</sup> экз/точек доступа | Книгообеспеченность <sup>2</sup> |
|-----------------------|--------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|
| Печ./эл.              | Уч. пособие  | Семёнов М.Е. Математическое моделирование физических процессов: учеб. пособие / М.Е. Семёнов, Н.Н. Некрасова; Воронеж: Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2016. - ISBN 978-5-89040-628-6 – 94 с.  | 100/1                                 | 1                                |
| ЭлР                   | Уч. пособие  | Семенов, М. Е. Математическое моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : Учебное пособие / М. Е. Семенов, Н. Н. Некрасова. - Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 94 с. - ISBN 978-5-89040-628-6.<br>URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/72919.html">http://www.iprbookshop.ru/72919.html</a> |                                       | 1                                |



|          |             |   |       |   |
|----------|-------------|---|-------|---|
| Печ./эл. | Уч. пособие | Семёнов М.Е. Математическое моделирование и дифференциальные уравнения: учеб. пособие / М.Е. Семёнов, Н.Н. Некрасова, О.И. Канищева, А.И. Барсуков, М.С. Попов; Воронеж: Воронежский гос. тех. ун-т. – Воронеж, 2017. – ISBN 978-5-7731-0536-7 - 148 с. | 100/1 | 1 |
| ч./эл.   | Уч. пособие | Стенюхин Л.В. Практикум по уравнениям математической физики: учеб. пособие / Л.В. Стенюхин, Н.Н. Некрасова; Воронеж: Воронежский гос. тех. ун-т. – Воронеж, 2018. – ISBN 978-5-7731-0618-0 - 80 с.  | 100/1 | 1 |
| Печ./эл. | Уч. пособие | <b>Некрасова, Н. Н.</b> Математическое моделирование [Текст] : практикум / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т". - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2018. - ISBN 978-5-7731-0679-1 - 87 с.                                  | 100/1 | 1 |
| Печ.     | Учебник     | Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 2003. - 543 с. - ISBN 5-238-00141-X  | 100   | 1 |

## **8.2 Перечень информационных технологий и ресурсов, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

### **Лицензионное ПО**

LibreOffice

### **Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

### **Информационная справочная система**

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

### **Современные профессиональные базы данных**

Старая техническая литература Адрес ресурса:  
[http://retrolib.narod.ru/book\\_e1.html](http://retrolib.narod.ru/book_e1.html) Stroitel.club.

Сообщество строителей РФ Адрес ресурса: <http://www.stroitel.club/>

1. <http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к информационным ресурсам;
2. <http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/main/proba.htm> – электронный учебник по дисциплине «Математические модели системного анализа».

Для работы с электронными учебниками требуется наличие таких программных средств, как Adobe Reader и WinDjView.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения ряда лекционных занятий по дисциплине необходимы аудитории, оснащенные презентационным оборудованием (компьютер с ОС Windows и программой PowerPoint, мультимедийный проектор и экран).

Для обеспечения практических занятий требуется компьютерный класс с комплектом лицензионного программного обеспечения (при использовании электронных изданий – компьютерный класс с выходом в Интернет).

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков математической обработки результатов измерений, умение аппроксимировать и интерполировать опытные данные, владение навыками и опытом разработки математических моделей. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Экзамен проводится в устно-письменной форме, который включает ответы экзаменуемого на теоретические вопросы и решение им задач. Студент получает положительную оценку в зависимости от полноты ответа на вопросы экзамена и правильности решения предложенных примеров.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента   |
|---------------------|---|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
|                                       | ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.  |
| Практическое занятие                  | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.   |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:<br>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;<br>- выполнение домашних заданий и расчетов;<br>- работа над темами для самостоятельного изучения;<br>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;<br>- подготовка к промежуточной аттестации. |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.  |

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений | Дата<br>внесения<br>изменений | Подпись заведующего<br>кафедрой,<br>ответственной за<br>реализацию ОПОП |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| 1        | 2                           | 3                             | 4   |