

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ В.И. Ряжских

«29» июня 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины (модуля)**

**«Математическое моделирование в машиностроении»**

**Направление подготовки** 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

**Профиль** Металлообрабатывающие станки и комплексы

**Квалификация выпускника** Бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 4 г. и 11 м.

**Форма обучения** Очная / Заочная

**Год начала подготовки** 2018 г.

Автор программы  / Перова А. В. /

Заведующий кафедрой  
Технологии машиностроения  / Грицюк В.Г. /

Руководитель ОПОП  / Петренко В.Р. /

**Воронеж 2018**

## **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1 Цели дисциплины**

Цель изучения дисциплины: освоение методов математического моделирования в машиностроении и формирование практических навыков выполнения расчетов и исследований.

### **1.2 Задачи освоения дисциплины**

- изучение методов математического моделирования, применяемых при проектировании, изготовлении и эксплуатации продукции машиностроительных производств, а также при исследованиях и испытаниях оборудования;
- освоение практических приемов использования методов математического моделирования;
- построение и исследование математических моделей с выполнением компьютерных расчетов и программирования в автоматизированных математических системах.

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Математическое моделирование в машиностроении» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана.

## **3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

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

ПК-1 – способностью применять способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.

ПК-3 – способностью участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | <b>Знать:</b> классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении; аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий                                  |
|             | <b>Уметь:</b> применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования                                                                     |
|             | <b>Владеть:</b> способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств |
| ПК-3        | <b>Знать:</b> аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств                                                                                                                                      |
|             | <b>Уметь:</b> участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности                                               |
|             | <b>Владеть</b> навыками обработки экспериментальных данных                                                                                                                                                                                                                                                                           |

#### 4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» составляет 7 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

| Вид учебной работы                | Всего часов | Семестры  |  |  |  |
|-----------------------------------|-------------|-----------|--|--|--|
|                                   |             | 5         |  |  |  |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b> | <b>72</b>   | <b>72</b> |  |  |  |
| В том числе:                      |             |           |  |  |  |
| Лекции                            | 18          | 18        |  |  |  |
| Практические занятия (ПЗ)         | 18          | 18        |  |  |  |
| Лабораторные работы (ЛР)          | 36          | 36        |  |  |  |

|                               |     |     |  |  |  |
|-------------------------------|-----|-----|--|--|--|
| <b>Самостоятельная работа</b> | 144 | 144 |  |  |  |
| Курсовой проект               | -   | -   |  |  |  |
| Контрольная работа            | -   | -   |  |  |  |
| Вид промежуточной аттестации  | 36  | 36  |  |  |  |
| Общая трудоемкость, часов     | 252 | 252 |  |  |  |
| Зачетных единиц               | 7   | 7   |  |  |  |

### Заочная форма обучения

| Вид учебной работы                | Всего часов | Курс |  |  |  |
|-----------------------------------|-------------|------|--|--|--|
|                                   |             | 3    |  |  |  |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b> | 24          | 24   |  |  |  |
| В том числе:                      |             |      |  |  |  |
| Лекции                            | 8           | 8    |  |  |  |
| Практические занятия (ПЗ)         | 8           | 8    |  |  |  |
| Лабораторные работы (ЛР)          | 8           | 8    |  |  |  |
| <b>Самостоятельная работа</b>     | 219         | 219  |  |  |  |
| Курсовой проект                   | -           | -    |  |  |  |
| Контрольная работа                | +           | +    |  |  |  |
| Вид промежуточной аттестации      | 9           | 9    |  |  |  |
| Общая трудоемкость, часов         | 252         | 252  |  |  |  |
| Зачетных единиц                   | 7           | 7    |  |  |  |

## 5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

#### Очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                                                        | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                        | Лекции | Пра к зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|-----------|-----|------------|
| 1     | Основные понятия математического моделирования в машиностроении.         | Классификация математических моделей процессов в машиностроении                                                                                                                                                                                                           | 2      |            |           | 18  | 20         |
| 2     | Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении. | Методы решения многокритериальных задач оптимизации. Метод поиска Парето – эффективных решений.<br>Метод решения многокритериальных задач оптимизации с использованием обобщенного (интегрального) критерия. Аддитивный критерий. Мультипликативный критерий. Максиминный | 6      | 4          | 20        | 36  | 66         |

|   |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |    |    |    |    |
|---|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|----|
|   |                                                               | <p>(минимаксный) критерий. Основные принципы выбора критериев оптимальности.</p> <p>Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении с использованием теории массового обслуживания и расписаний Основы теории массового обслуживания. Понятие случайного процесса. Марковский случайный процесс. Потоки событий</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u></p> <p>Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Задачи теории массового обслуживания.</p> <p><u>Самостоятельное изучение</u> Классификация систем массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.</p>                                                                                                                                                                          |   |    |    |    |    |
| 3 | Математическая статистика в моделировании технических систем. | <p>Основные понятия статистического моделирования. <u>Самостоятельное изучение.</u> Стохастические и детерминированные технологические процессы.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Примеры статистических моделей; их достоинства и недостатки. Особенности моделей принятия решения в статистическом моделировании.</p> <p>Статистические оценки и их вычисление. Исключение аномальных явлений с помощью критерия Грабса. Предварительная обработка данных.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Статистический подход и концепция "черного ящика". Этапы статистического моделирования. Дисперсионный анализ.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации</p> | 6 | 14 | 12 | 36 | 68 |

|   |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |  |   |    |    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|----|----|
|   |                                                                                                                                      | результатов измерений (получения математических моделей).<br>Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов.<br>Планирование эксперимента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |  |   |    |    |
| 4 | Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.                                                           | Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Системный характер технических систем.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 |  | 4 | 24 | 30 |
| 5 | Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках. | Математическое моделирование точности обработки деталей на станках. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Расчетно – аналитический метод определения точности обработки. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках. Моделирование связей производительности и точности операций металлообработки с изменением входных параметров. Идея адаптивного управления процессом обработки. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.<br>Адаптивные системы предельного регулирования. Адаптивные системы оптимального управления.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование оптимального использования и обеспечения надежности станочных систем. Основы теории производительности и надежности автоматических и автоматизированных станочных систем.<br>Производительность и надеж- | 2 |  |   | 30 | 32 |

|                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |           |           |            |            |
|----------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|                |  | ность сблокированных автоматических линий. Производительность и надежность гибких производственных систем.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Основные понятия о производительности и надежности автоматических линий. Расчет производительности гибких производственных систем.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем. |           |           |           |            |            |
| <i>Итого</i>   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 18        | 18        | 36        | 144        | 216        |
| <i>Экзамен</i> |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |           |           |            | 36         |
| <b>Всего</b>   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>36</b> | <b>144</b> | <b>252</b> |

### Заочная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                                                        | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Лекции | Пра к зан | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Основные понятия математического моделирования в машиностроении.         | Классификация математических моделей процессов в машиностроении                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2      |           | 2         | 40  | 44         |
| 2     | Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении. | Методы решения многокритериальных задач оптимизации. Метод поиска Парето – эффективных решений.<br>Метод решения многокритериальных задач оптимизации с использованием обобщенного (интегрального) критерия. Аддитивный критерий. Мультипликативный критерий. Максиминный (минимаксный) критерий. Основные принципы выбора критериев оптимальности.<br>Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении с использованием теории массового обслуживания и расписаний Основы теории массового обслуживания. Понятие случайного процесса. Марковский случайный процесс. Потоки событий<br><u>Самостоятельное изучение.</u><br>Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Задачи теории | 4      | 4         |           | 40  | 46         |

|   |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |    |    |
|---|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----|----|
|   |                                                                            | массового обслуживания.<br><u>Самостоятельное изучение</u> Классификация систем массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |    |    |
| 3 | Математическая статистика в моделировании технических систем.              | Основные понятия статистического моделирования. <u>Самостоятельное изучение.</u> Стохастические и детерминированные технологические процессы.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Примеры статистических моделей; их достоинства и недостатки. Особенности моделей принятия решения в статистическом моделировании. Статистические оценки и их вычисление. Исключение аномальных явлений с помощью критерия Грабса. Предварительная обработка данных.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Статистический подход и концепция "черного ящика". Этапы статистического моделирования. Дисперсионный анализ.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моделей).<br>Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов.<br>Планирование эксперимента | 2 | 4 | 2 | 44 | 50 |
| 4 | Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе. | Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.<br><u>Самостоятельное изучение.</u> Системный характер технических систем.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   | 2 | 50 | 54 |
| 5 | Математическое моделирование управления производительностью,               | Математическое моделирование точности обработки деталей на станках. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   | 2 | 45 | 49 |

|  |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |          |          |            |            |
|--|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|------------|------------|
|  | себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках. | <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Расчетно – аналитический метод определения точности обработки. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках. Моделирование связей производительности и точности операций металлообработки с изменением входных параметров. Идея адаптивного управления процессом обработки. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.</p> <p>Адаптивные системы предельного регулирования. Адаптивные системы оптимального управления.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование оптимального использования и обеспечения надежности станочных систем. Основы теории производительности и надежности автоматических и автоматизированных станочных систем.</p> <p>Производительность и надежность заблокированных автоматических линий. Производительность и надежность гибких производственных систем.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Основные понятия о производительности и надежности автоматических линий. Расчет производительности гибких производственных систем.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем.</p> |          |          |          |            |            |
|  |                                                                         | <i>Итого</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 8        | 8        | 8        | 219        | 243        |
|  |                                                                         | <i>Экзамен</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |          |          |            | 9          |
|  |                                                                         | <b>Всего</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>219</b> | <b>252</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

### Очная форма обучения

| № п/п              | Наименование лабораторной работы                                                                           | Объем часов | Виды контроля |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| <b>5 семестр</b>   |                                                                                                            | <b>36</b>   |               |
| 1                  | Определить минимальные мощностные затраты при резании материалов                                           | 4           |               |
| 2                  | Оптимальный выбор ГПС                                                                                      | 4           | отчет         |
| 3                  | Математическое моделирование поверхностного пластического деформирования поверхностей тороидальным роликом | 4           |               |
| 4                  | Проектирование операций обработки отверстий                                                                | 4           | отчет         |
| 5                  | Моделирование простейшего потока                                                                           | 4           |               |
| 6                  | Суммирование случайных потоков                                                                             | 4           | отчет         |
| 7                  | Определение значимости и влияния технологических факторов                                                  | 4           |               |
| 8                  | Планирование эксперимента                                                                                  | 4           | отчет         |
| 9                  | Отчетное занятие                                                                                           | 4           |               |
| <b>Итого часов</b> |                                                                                                            | <b>36</b>   |               |

### Заочная форма обучения

| № п/п              | Наименование лабораторной работы                                                                           | Объем часов | Виды контроля |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| <b>5 семестр</b>   |                                                                                                            | <b>8</b>    |               |
| 1                  | Определить минимальные мощностные затраты при резании материалов                                           | 2           |               |
| 2                  | Оптимальный выбор ГПС                                                                                      | 2           | отчет         |
| 3                  | Математическое моделирование поверхностного пластического деформирования поверхностей тороидальным роликом | 2           |               |
| 4                  | Проектирование операций обработки отверстий                                                                | 2           | отчет         |
| <b>Итого часов</b> |                                                                                                            | <b>8</b>    |               |

## 5.3 Перечень практических работ

### Очная форма обучения

| № п/п            | Тема и содержание практического занятия                                                                                                                                                                              | Объем часов | Виды контроля |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| <b>5 семестр</b> |                                                                                                                                                                                                                      | <b>18</b>   |               |
| 1                | Статистическая оценка распределений показателей свойств материалов. Результаты наблюдений в виде вариационного ряда. Определение основных числовых характеристик. Результаты наблюдений в виде статистического ряда. | 2           |               |
| 2                | Оценка соответствия наблюдаемых данных нормальному закону распределения (проверка гипотез). Оценка соответствия по асимметрии и эксцессу.                                                                            | 2           |               |
| 3                | Оценка соответствия по критерию Смирнова Оценка соответствия по критерию Пирсона                                                                                                                                     | 2           |               |
| 4                | Вероятностные оценки показателей свойств материалов. Отбрасывание резко выделяющихся наблюдений                                                                                                                      | 2           |               |

|                    |                                                                                                                                            |           |             |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| 5                  | Определение доверительного интервала для среднего значения<br>Оценка гарантируемого уровня                                                 | 2         |             |
| 6                  | Оценка вероятности попадания в установленные пределы<br>Определение объема испытаний (наблюдений)                                          | 2         |             |
| 7                  | Определение функций эксплуатационных свойств материалов<br>по наблюдаемым данным. Сглаживание опытных данных методом наименьших квадратов. | 2         |             |
| 8                  | Аппроксимация опытных данных. Линейная зависимость<br>Полулогарифмическая зависимость.                                                     | 2         | Контр. раб. |
| 9                  | Логарифмическая зависимость. Степенная зависимость.                                                                                        | 2         |             |
| <b>Итого часов</b> |                                                                                                                                            | <b>18</b> |             |

### Заочная форма обучения

| № п/п              | Тема и содержание практического занятия                                                                                                                                                                              | Объем часов | Виды контроля |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| <b>5 семестр</b>   |                                                                                                                                                                                                                      |             |               |
| 1                  | Статистическая оценка распределений показателей свойств материалов. Результаты наблюдений в виде вариационного ряда. Определение основных числовых характеристик. Результаты наблюдений в виде статистического ряда. | 4           |               |
| 2                  | Оценка соответствия наблюдаемых данных нормальному закону распределения (проверка гипотез). Оценка соответствия по асимметрии и эксцессу.                                                                            | 2           |               |
| 3                  | Оценка соответствия по критерию Смирнова<br>Оценка соответствия по критерию Пирсона                                                                                                                                  | 2           | отчет         |
| <b>Итого часов</b> |                                                                                                                                                                                                                      | <b>8</b>    |               |

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

### 6.1 Курсовая работа

Выполнение не предусмотрено

### 6.2 Контрольные работы для обучающихся заочной формы обучения

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение контрольных работ студентами заочной формы обучения на 3 курсе.

Варианты заданий представлены в методических рекомендациях: Методические указания и варианты заданий к выполнению контрольной работы № 1 по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.В. Перова. Воронеж, 2015. 24 с. Методические указания и варианты заданий к выполнению контрольной работы № 2 по дисциплине "Математи-

ческое моделирование в машиностроении" для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» профиля «Технология машиностроения» заочной формы обучения / ФГБОУВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.В. Перова. Воронеж, 2011. 34 с.

## **7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **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».

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>                                                                                                                                                                                                                    | <b>Критерии оценивания</b>                                                                                | <b>Аттестован</b>                                             | <b>Не аттестован</b>                                            |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-1               | Знать классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении; аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий | Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|                    | Уметь применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования                                    | Решение стандартных практических задач                                                                    | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|                    | Владеть способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации,                      | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана лабораторных работ             | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                           |                                                               |                                                                 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|      | изготовлении продукции машиностроительных производств                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                           |                                                               |                                                                 |
| ПК-3 | Знать аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств                                                                                        | Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | Уметь участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности | Решение стандартных практических задач                                                                    | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | Владеть навыками обработки экспериментальных данных                                                                                                                                                                                                                            | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана лабораторных работ             | 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 для очной формы обучения оцениваются в 5 семестре и для заочной формы обучения в 5 семестре по системе:

«отлично»;  
«хорошо»;  
«удовлетворительно»;  
«неудовлетворительно»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                        | Критерии оценивания | Отлично                     | Хорошо                     | Удовл                      | Неудовл                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| ПК-1        | Знать классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении;<br>аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, | Тест                | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |                             |                            |                            |                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
|      | энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий                                                                                                                                                                                                                                                        |      |                             |                            |                            |                                      |
|      | Уметь применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования                                                                     | Тест | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |
|      | Владеть способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств | Тест | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |
| ПК-3 | Знать аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств                                                                                                                                      | Тест | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |
|      | Уметь участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом право-                                                                                                      | Тест | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |

|  |                                                          |      |                             |                            |                            |                                      |
|--|----------------------------------------------------------|------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
|  | вых, нравственных аспектов профессиональной деятельности |      |                             |                            |                            |                                      |
|  | Владеть навыками обработки экспериментальных данных      | Тест | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые 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

Устный опрос по теме

«Основные понятия математического моделирования в машиностроении»

Проверяемый результат: ПК1.Р1

**Вопросы:**

1. Основные этапы моделирования
2. Классификацию математических моделей в машиностроении
3. Требования, предъявляемые к математическим моделям
4. Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений.
5. Понятие математической модели
6. Возможности и примеры применения математических моделей в машиностроении
7. Объекты моделирования в машиностроении
8. Основные методы принятия решений
9. Понятие стохастической модели
10. Понятие детерминированной модели

**Критерии оценки ответов:**

- 1 – ответ верный, в полном объеме;  
0,5 – ответ верный, но не полный;  
0 – ответ неверный.

**Шкала оценивания:**

|               |       |   |       |       |
|---------------|-------|---|-------|-------|
| Итоговый балл | 0÷0,5 | 1 | 1,5÷2 | 2,5÷3 |
| Оценка        | 2     | 3 | 4     | 5     |

**Методика проведения:** проводится в аудитории для практических занятий в начале занятия, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, задается по три вопроса, время проведения опроса до 10 минут, ответы даются без использования справочной литературы (конспектов) и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Определить оптимальный вариант ГПС с использованием обобщенного (интегрального) аддитивного, мультипликативного критерия. Частными критериями, с помощью которых оценены варианты машины, являются ее производительность и надежность (наработка на отказ). Оба критерия стремятся к максимуму, т.е. наилучшими вариантами ГПС являются

те из них, которые обеспечивают наибольшую ее производительность и надежность. Полученные расчеты сравнить с данными нахождения по методу Парето-эффективных решений. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице.

### Исходные данные для определения оптимального варианта ГПС

|                                               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вариант 1                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 1000 | 2000 | 4000 | 1500 | 1200 | 2100 | 1400 | 1300 | 3500 | 3800 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 1500 | 500  | 800  | 1000 | 900  | 700  | 1400 | 1800 | 800  | 900  |
| Вариант 2                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.3$ | 3000 | 1000 | 3300 | 2200 | 1100 | 2300 | 1300 | 1400 | 3200 | 3500 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.7$            | 1400 | 600  | 900  | 1100 | 1000 | 800  | 1400 | 1700 | 900  | 1200 |
| Вариант 3                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.4$ | 1100 | 2100 | 3000 | 1600 | 1300 | 2000 | 1500 | 1200 | 3400 | 3700 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.6$            | 1400 | 800  | 700  | 1100 | 800  | 900  | 1300 | 1100 | 900  | 800  |
| Вариант 4                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.5$ | 1000 | 2000 | 4000 | 1500 | 1200 | 2100 | 1400 | 1300 | 3500 | 3800 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.5$            | 1400 | 600  | 900  | 1100 | 1000 | 800  | 1400 | 1700 | 900  | 1200 |
| Вариант 5                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.3$ | 1100 | 2100 | 3000 | 1600 | 1300 | 2000 | 1500 | 1200 | 3400 | 3700 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.7$            | 1500 | 500  | 800  | 1000 | 900  | 700  | 1400 | 1800 | 800  | 900  |
| Вариант 6                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 1000 | 2000 | 4000 | 1500 | 1200 | 2100 | 1400 | 1300 | 3500 | 3800 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 1100 | 900  | 750  | 800  | 1200 | 1000 | 800  | 700  | 800  | 900  |
| Вариант 7                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.5$ | 3000 | 1000 | 3300 | 2200 | 1100 | 2300 | 1300 | 1400 | 3200 | 3500 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.5$            | 1400 | 800  | 700  | 1100 | 800  | 900  | 1300 | 1100 | 900  | 800  |
| Вариант 8                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 2000 | 3000 | 1800 | 1500 | 3100 | 1900 | 1200 | 1500 | 1600 | 2100 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 1100 | 900  | 750  | 800  | 1200 | 1000 | 800  | 700  | 800  | 900  |
| Вариант 9                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.8$ | 1200 | 1300 | 2000 | 1900 | 1800 | 3000 | 1500 | 1450 | 1300 | 2100 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.2$            | 700  | 800  | 1000 | 900  | 900  | 800  | 1100 | 1200 | 900  | 800  |
| Вариант 10                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.7$ | 3000 | 1000 | 3300 | 2200 | 1100 | 2300 | 1300 | 1400 | 3200 | 3500 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.3$            | 1100 | 900  | 750  | 800  | 1200 | 1000 | 800  | 700  | 800  | 900  |
| Вариант 11                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 1100 | 2100 | 3000 | 1600 | 1300 | 2000 | 1500 | 1200 | 3400 | 3700 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 1500 | 500  | 800  | 1000 | 900  | 700  | 1400 | 1800 | 800  | 900  |
| Вариант 12                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 1000 | 2000 | 4000 | 1500 | 1200 | 2100 | 1400 | 1300 | 3500 | 3800 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 700  | 800  | 1000 | 900  | 900  | 800  | 1100 | 1200 | 900  | 800  |
| Вариант 13                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.8$ | 1200 | 2000 | 2500 | 3000 | 2800 | 1900 | 1700 | 1500 | 2400 | 2700 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.2$            | 800  | 900  | 1000 | 900  | 700  | 1100 | 1200 | 700  | 900  | 800  |

|                                               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вариант 14                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.5$ | 1500 | 1800 | 2100 | 2900 | 3500 | 3800 | 1900 | 2200 | 2100 | 2300 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.5$            | 700  | 900  | 780  | 800  | 900  | 700  | 1000 | 900  | 800  | 700  |
| Вариант 15                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.7$ | 1000 | 2000 | 4000 | 1500 | 1200 | 2100 | 1400 | 1300 | 3500 | 3800 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.3$            | 800  | 900  | 1000 | 900  | 700  | 1100 | 1200 | 700  | 900  | 800  |
| Вариант 16                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 1100 | 2100 | 3000 | 1600 | 1300 | 2000 | 1500 | 1200 | 3400 | 3700 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 1100 | 900  | 750  | 800  | 1200 | 1000 | 800  | 700  | 800  | 900  |
| Вариант 17                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 1500 | 1800 | 2100 | 2900 | 3500 | 3800 | 1900 | 2200 | 2100 | 2300 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 700  | 800  | 1000 | 900  | 900  | 800  | 1100 | 1200 | 900  | 800  |
| Вариант 18                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.8$ | 3000 | 1000 | 3300 | 2200 | 1100 | 2300 | 1300 | 1400 | 3200 | 3500 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.2$            | 800  | 900  | 1000 | 900  | 700  | 1100 | 1200 | 700  | 900  | 800  |
| Вариант 19                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.5$ | 1600 | 1200 | 3000 | 2500 | 2400 | 2900 | 1900 | 2100 | 2700 | 2000 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.5$            | 1500 | 500  | 800  | 1000 | 900  | 700  | 1400 | 1800 | 800  | 900  |
| Вариант 20                                    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Производительность ( $F_1$ ), шт/ч, $G = 0.6$ | 2000 | 1900 | 2100 | 2000 | 2200 | 2400 | 2500 | 3000 | 3100 | 3200 |
| Надежность ( $F_2$ ), ч. $G = 0.4$            | 1400 | 1100 | 1000 | 900  | 800  | 700  | 1100 | 1000 | 900  | 900  |

### Критерии оценки выполнения контрольной работы.

Критерии оценки заданий:

5 – ответ верный, задача полностью решена, сделан параметрический анализ и выводы;

4 – ответ верный, но не полный;

3- построена только математическая модель, но не решена

2 – ответ неверный.

**Методика проведения:** проводится в аудитории для практических занятий, используется компьютер, применяется фронтальная форма, время выполнения задания – в течение 30 минут, задания выполняются без использования справочной литературы, используется Microsoft Exel, результат сообщается на следующий день.

### Оценочные средства по промежуточной работе

#### Проверяемый результат: ПК1.Р3

Задание

Необходимо построить линейную, неполную квадратичную, полную квадратичную математические модели в кодированных значениях технологической операции формирования некоторого размера детали.

Адекватность проверить с доверительной вероятностью  $\beta$ .

Известно, что на ход операции оказывают влияние два фактора  $X_1$  – температура ( $^{\circ}\text{C}$ );  $X_2$  – давление (атм). Результаты трех параллельных наблюдений над  $y$  представлены в таблицах вариантов заданий, в соответствии с шифром студенческого билета.

$\beta = 0.95$

Вариант 1

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 1.20 | 2.03 | 4.16 | 4.58 |
| $y_2$ | 2.19 | 3.44 | 2.34 | 5.88 |
| $y_3$ | 0.99 | 0.2  | 1.41 | 4.74 |

$\beta = 0.9$ 

Вариант 2

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 1.09 | 2.31 | 3.14 | 4.40 |
| $y_2$ | 0.08 | 0.89 | 2.71 | 4.64 |
| $y_3$ | 1.09 | 2.28 | 4.28 | 3.86 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 3

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 2.95 | 3.47 | 5.18 | 5.87 |
| $y_2$ | 0.23 | 4.47 | 4.00 | 4.45 |
| $y_3$ | 4.38 | 4.68 | 3.42 | 5.81 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 4

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 1.73 | 3.99 | 4.10 | 4.45 |
| $y_2$ | 3.08 | 2.90 | 2.65 | 4.49 |
| $y_3$ | 3.16 | 3.54 | 3.56 | 3.81 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 5

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.7  | 5.79 | 4.04 | 6.41 |
| $y_2$ | 2.36 | 4.61 | 4.92 | 5.12 |
| $y_3$ | 2.91 | 2.64 | 5.83 | 6.42 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 6

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 2.74 | 5.38 | 4.40 | 4.54 |
| $y_2$ | 1.75 | 4.97 | 5.01 | 6.41 |
| $y_3$ | 1.79 | 3.24 | 5.21 | 6.12 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 7

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.94 | 0.76 | 4.49 | 3.87 |
| $y_2$ | 0.40 | 2.25 | 2.66 | 3.39 |
| $y_3$ | 0.35 | 2.15 | 2.80 | 2.38 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 8

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.15 | 1.30 | 3.89 | 4.86 |
| $y_2$ | 2.11 | 4.19 | 3.51 | 2.84 |
| $y_3$ | 2.22 | 2.84 | 2.29 | 5.88 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 9

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.44 | 2.22 | 1.88 | 4.72 |
| $y_2$ | 0.22 | 0.47 | 3.51 | 2.58 |
| $y_3$ | 0.25 | 1.67 | 1.89 | 2.57 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 10

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 2.65 | 3.07 | 4.83 | 4.15 |
| $y_2$ | 0.87 | 0.86 | 4.08 | 5.61 |
| $y_3$ | 4.92 | 2.49 | 4.56 | 4.77 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 11

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.83 | 0.18 | 2.69 | 4.71 |
| $y_2$ | 0.08 | 1.81 | 1.05 | 3.12 |
| $y_3$ | 0.56 | 0.77 | 1.55 | 2.70 |

$\beta = 0.9$ 

Вариант 12

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.11 | 3.99 | 4.36 | 3.33 |
| $y_2$ | 2.44 | 3.39 | 3.63 | 2.23 |
| $y_3$ | 0.83 | 3.14 | 3.77 | 3.67 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 13

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 1.36 | 1.53 | 3.39 | 5.17 |
| $y_2$ | 0.63 | 0.13 | 3.32 | 3.22 |
| $y_3$ | 0.78 | 1.67 | 4.31 | 5.14 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 14

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 2.4  | 2.09 | 2.14 | 4.21 |
| $y_2$ | 0.46 | 0.71 | 2.73 | 2.24 |
| $y_3$ | 0.65 | 1.79 | 3.61 | 4.89 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 15

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.14 | 2.21 | 3.14 | 4.39 |
| $y_2$ | 0.73 | 0.24 | 4.11 | 3.48 |
| $y_3$ | 1.61 | 2.88 | 4.06 | 4.12 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 16

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.55 | 3.40 | 1.77 | 3.12 |
| $y_2$ | 1.54 | 3.57 | 1.45 | 3.55 |
| $y_3$ | 0.21 | 2.06 | 3.71 | 2.36 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 17

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.76 | 2.13 | 5.50 | 3.90 |
| $y_2$ | 0.45 | 2.55 | 4.16 | 3.61 |
| $y_3$ | 2.71 | 1.31 | 4.42 | 5.27 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 18

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 1.23 | 2.22 | 1.83 | 4.19 |
| $y_2$ | 1.22 | 2.41 | 1.49 | 3.92 |
| $y_3$ | 1.40 | 0.86 | 5.35 | 4.77 |

 $\beta = 0.95$ 

Вариант 19

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 2.7  | 2.89 | 3.58 | 3.09 |
| $y_2$ | 0.95 | 1.18 | 3.20 | 4.03 |
| $y_3$ | 1.75 | 2.38 | 4.19 | 5.04 |

 $\beta = 0.9$ 

Вариант 20

|       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| $y_1$ | 0.19 | 1.42 | 4.74 | 5.09 |
| $y_2$ | 3.16 | 3.58 | 4.59 | 6.52 |
| $y_3$ | 1.34 | 4.86 | 3.08 | 4.59 |

### Критерии оценки работы:

5 баллов выставляется студенту, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студент работает полностью самостоятельно: подбирает необходимые источники информации, показывает необходимые теоретические знания, практические умения и знания.

4 балла выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой структуры, не влияющие на конечный результат. Студенты используют указанные преподавателем источники информации. Задание показывает знание основного теоретического материала и овладение умениями необходимыми для самостоятельного выполнения работы.

3 балла выставляется студенту, если творческое задание выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя и хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение в интерпретации материала в практической области «отлично» данную работу студентов.

2 балла выставляется студенту, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.

0 – в остальных случаях.

### Шкала оценивания:

|               |     |   |   |   |
|---------------|-----|---|---|---|
| Итоговый балл | 0÷2 | 3 | 4 | 5 |
| Оценка        | 2   | 3 | 4 | 5 |

**Методика проведения:** защита работ проводится в аудитории для практических занятий, работа выполняется во время самостоятельной работы, на подготовку отводится 2 месяца, задания выполняются с использованием справочной и учебно-методической литературы и/или средств коммуникации, результат сообщается на следующий день.

### Оценочные средства по лабораторным работам

Лабораторная работа «Математическое моделирование поверхностного пластического деформирования поверхностей тороидальным роликом»

Проверяемый результат: ПК1.Р4

### Критерии оценки

1 – работа выполнена самостоятельно, в полном объеме, отчет соответствует требованиям методических указаний;

0,75 – работа выполнена самостоятельно, в полном объеме, но отчет содержит незначительные логические погрешности, описки, отступления от структуры отчета.

0,5 – работа выполнена самостоятельно, но не в полном объеме, отчет соответствует требованиям методических указаний;

0,5 - работа выполнена при помощи преподавателя и хорошо подготовленных и уже выполнивших данную работу студентов, отчет соответствует требованиям методических указаний;

0 – работа не выполнена или отчет не представлен.

### Шкала оценивания:

|               |   |     |      |   |
|---------------|---|-----|------|---|
| Итоговый балл | 0 | 0,5 | 0,75 | 1 |
| Оценка        | 2 | 3   | 4    | 5 |

## Оценочные средства промежуточной аттестации

### Критерии оценивания ответа студента на промежуточной аттестации по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении»

Базовый уровень освоения дисциплины (оценка «удовлетворительно»):

- знает основные задачи математического моделирования в машиностроении;
- знает классификацию математических моделей процессов и систем;
- знает основные методы многокритериальной оптимизации;
- знает виды регрессионных моделей;
- знает основные этапы моделирования;
- умеет пользоваться средствами Microsoft Excel для расчетов;
- владеет основами алгоритмизации.
- владеет навыками работы в Mathcad.

Уровень освоения дисциплины на оценку «хорошо»:

- знает методы линейного программирования;
- знает основные требования, предъявляемые к математическим моделям;
- знает методы проверки адекватности моделей;
- знает метод анализа иерархий;
- умеет строить регрессионные модели;
- умеет определять значимость влияния факторов на процесс;
- владеет параметрическим анализом.

Высокий уровень освоения дисциплины (оценка «отлично»):

- знает методы нелинейного программирования;
- знает методы принятия решений;
- знает математические модели для расчета режимов резания;
- умеет оптимизировать процесс выпуска разнородной продукции на одном оборудовании;
- умеет планировать выпуск изделий пропорциональными частями;
- владеет навыками анализа в среде Mathcad.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае отсутствия твердых знаний, или несоответствие критериям оценки «удовлетворительно».

В промежуточной аттестации в итоговый балл включается балл текущего контроля: итоговый балл = баллу выполнения экзаменационного задания + средний балл текущего контроля.

| Результаты, оцениваемые по текущему контролю | ПК1.P1 | ПК1.P2 | ПК1.P3 | ПК1.P4 | ПК1.P5 |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Максимальный балл                            | 5      | 5      | 5      | 5      | 1      |
| Оценка                                       | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      |

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моделей).
2. Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов.
3. Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.
4. Математическое моделирование точности обработки деталей на станках.
5. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей.

6. Расчетно – аналитический метод определения точности обработки.
7. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков.
8. Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.
9. Моделирование связей производительности и точности операций металлообработки с изменением входных параметров.
10. Адаптивное управление процессом обработки.
11. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.
12. Основы теории производительности и надежности автоматических и автоматизированных станочных систем.
13. Основные понятия о производительности и надежности автоматических линий.
14. Расчет производительности гибких производственных систем.
15. Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем.
16. Основы теории оптимизации технологических процессов изготовления деталей и сборки машин.
17. Математическое моделирование оптимизации технологических процессов изготовления деталей и сборки машин.
18. Объемное планирование работы механического участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.
19. Задача о минимальной загрузке оборудования.
20. Задача об оптимальном распределении деталей по станкам.
21. Задача о производстве продукции при ограниченных запасах сырья.
22. Определение значимости и влияния технологических факторов.
23. Определение адекватности моделей.
24. Понятие детерминированных и стохастических процессов.
25. Планирование экспериментов в технических системах.

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

«Отлично» выставляется за ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно с соответствующими выводами. При ответе студент показывает глубокие знания вопросов темы, вносит обоснованные предложения по решению производственных задач, свободно ориентируется и знает действующие технологии, свободно оперирует понятиями и терминами, а во время ответа использует наглядный материал (рисунки, чертежи, схемы), легко отвечает на поставленные вопросы.

«Хорошо» выставляется за ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно с соответствующими выводами и обоснованными положениями. Студент показывает знания вопросов темы, вносит обоснованные предложения по решению производственных задач, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы. В ответе присутствуют ошибки, не являющиеся принципиальными, при этом студент способен ответить на замечания и предложить решения по их исправлению.

«Удовлетворительно» выставляется за ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно. При ответе студент проявляет неуверенность, показывает слабое

знание вопросов темы, не дает полного аргументированного ответа на заданные вопросы. В ответе имеются ошибки, являющиеся существенными, при этом студент способен ответить на большинство замечаний и предложить решения по их исправлению.

«Неудовлетворительно» выставляется за ответ, при котором студент либо затрудняется отвечать на поставленные вопросы, либо допускает существенные ошибки, при этом, учащийся не способен предложить какие-либо решения по их исправлению.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| Раздел дисциплины                                                         | Объект контроля                                                                                                                                                                                                   | Форма контроля                     | Метод контроля       | Срок выполнения (неделя семестра) |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Основные понятия математического моделирования процессов в машиностроении | <b>Знание</b> классификации методов математического моделирования, используемых в машиностроении                                                                                                                  | Фронтальный устный опрос           | Устный               | 2-4 недели                        |
| Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении   | <b>Знание</b> аналитических и численных методов математического моделирования, используемых при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств                  | ЛР № 1;<br>ЛР № 2<br>ЛР № 3        | Отчет и устный опрос | 2-6 недели                        |
| Математическая статистика в моделировании технических систем              | <b>Знание</b> аналитических и численных методов при разработке математических моделей, а также современных методов разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий | ЛР № 4<br>Фронтальный устный опрос | Устный               | 7-8 недели                        |
| Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе | <b>Умение</b> применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств                | Фронтальный устный опрос           | Устный               | 9-12 недели                       |
| Математическая статистика в моделировании технических систем              | <b>Умение</b> оценивать точность и достоверность результатов моделирования                                                                                                                                        | Фронтальный устный опрос           | Устный               | 13-14 недели                      |

|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |                          |                      |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках | <b>Владение</b> способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах                                                                                                             | ЛР № 5<br>ЛР № 6         | Отчет и устный опрос | 14-15 недели |
| Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении                                                             | <b>Владение</b> навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств | Фронтальный устный опрос | Устный               |              |
| Математическая статистика в моделировании технических систем                                                                        | <b>Владение</b> навыками обработки экспериментальных данных.                                                                                                                                                                    | ЛР № 7<br>ЛР № 8         | Отчет и устный опрос | 16-18 недели |

### **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 тестовых заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем экзаменатором осуществляется проверка теста, и выставляется оценка согласно методике 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 экзаменатором осуществляется проверка решения задач, и выставляется оценка согласно методике 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 экзаменатором осуществляется проверка решения задач, и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

#### **Основная литература**

1. Перова, А.В. Математическое моделирование в машиностроении. Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие по дисциплине "Мате-

математическое моделирование в машиностроении" для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / А.В. Перова. – Воронеж: ФГОУ ВО «ВГТУ», 2015. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

2. Перова, А.В. Математическое моделирование в машиностроении: курс лекций: [Электронный ресурс]: учеб. пособие по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» всех форм обучения / А.В. Перова. – Воронеж: ФГОУ ВО «ВГТУ», 2010. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

3. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства») [Электронный ресурс] / А.В. Перова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2016. – 37 с. – Регистр. № 176-2016. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Основы математического моделирования" для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (направленности «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения [Текст] / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.В. Перова. – Воронеж, 2017. – 37 с. – Регистр. № 105-2017.

5. Методические указания к выполнению лабораторных работ №№ 5-7 по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения [Электронный ресурс] / А.В. Перова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2017. – 37 с. – Регистр. № 112-2018. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

6. Методические указания к выполнению лабораторных работ №№ 1-4 по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (направленности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения [Электронный ресурс] / А.В.

Перова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2017. – 34 с. – Регистр. № 106-2017.  
– Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

**8.2 Перечень информационных технологий, 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**

**Ресурс машиностроения**

Адрес ресурса: <http://www.i-mash.ru/>

**Портал машиностроения**

Адрес ресурса: <http://www.mashportal.ru/main.aspx>

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

|     |                                                                                                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.1 | Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой       |
| 9.2 | Учебные лаборатории оборудованы проекторами и компьютерными программами                                                        |
| 9.3 | Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума и практических работ            |
| 9.4 | Кабинеты, оборудованные проекторами и интерактивными досками                                                                   |
| 9.5 | Натурные лекционные демонстрации:<br>Компьютерные программы для реализации математических моделей Microsoft Excel;<br>MathCad. |

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

По дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» читаются лекции, проводятся практические занятия, лабораторные работы.

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 расчета инженерных задач математического моделирования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы направлены на освоение решений задач математического моделирования на ПЭВМ. При проведении лабораторных занятий основными методами являются: метод упражнений; метод решения служебных задач с помощью ПЭВМ; работа с документами. Выполнение лабораторных работ в соответствии с расписанием, каждая работа студентом защищается.

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

Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

| 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. |
| Практические занятия | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Лабораторные работы  | Лабораторные занятия являются одной из наиболее эффективных форм учебных занятий. Они дают наглядное представление об изучаемых явлениях и процессах. На них студенты осваивают постановку и ведение эксперимента, учатся умению наблюдать, оценивать полученные результаты, делать выводы и обобщения. Ведущей целью лабораторных                                                                                                                                                                                                                                               |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | <p>работ является овладение техникой эксперимента на компьютере, умение решать практические задачи путем составления математических моделей. Выполнение лабораторных работ заканчивается составлением отчета с выводами, характеризующими полученный результат, и защита работы перед преподавателем. Лабораторная работа считается полностью выполненной после ее защиты.</p> |
| Подготовка к экзамену | <p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.</p>                                                                                                                                                                                                                            |

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений                                                                                                                                                | Дата<br>внесения<br>изменений | Подпись<br>заведующего<br>кафедрой,<br>ответственной за<br>реализацию ОПОП            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины                                                                          | 31.08.2019                    |    |
| 2        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2019                    |    |
| 3        | Актуализирован раздел 9 в части состава материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса                                              | 31.08.2019                    |  |
| 4        | Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины                                                                          | 31.08.2020                    |  |
| 5        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2020                    |  |
| 6        | Актуализирован раздел 9 в части состава материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса                                              | 31.08.2020                    |  |

|   |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины                                                                          | 31.08.2021 |  |
| 8 | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2021 |  |
| 9 | Актуализирован раздел 9 в части состава материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса                                              | 31.08.2021 |  |