

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
А. В. Белоусов  
« 20 » мая 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

Вычислительная математика

Направление подготовки (специальность):

27.03.04 Управление в технических системах

Направленность программы (профиль, специализация):

Управление и информатика в технических системах

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения

очная


Институт Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра Технической кибернетики

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 27.03.04 Управление в технических системах (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 871 от 31 июля 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 20 21 году.

Составитель (составители):

\_\_\_\_\_ (ученая степень и звание)       (подпись)      А. В. Крюков (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 20 21 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)

Технической кибернетики

(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой:


д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

« 14 » 05 20 21 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель:

канд. техн. наук, доц. (ученая степень и звание)       (подпись)      А. Н. Семернин (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Категория (группа) компетенций                          | Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине  |
|---|--|--|---|
| Профессиональные компетенции (проектно-конструкторский) | ПК-2. Способен организовывать и осуществлять расчет и реализацию систем автоматического управления несложными техническими объектами на базе серийных комплектующих элементов и микроконтроллерной техники | ПК-2.8. Осуществляет вывод основных расчетных формул вычислительных методов  | <p><b>Знать:</b> основные этапы проведения математического моделирования; основные расчетные формулы численных методов, их вывод; основные оценки погрешности используемых численных методов.</p> <p><b>Уметь:</b> сравнивать результаты решений задачи, полученные различными методами; обосновывать использование применение численных методов при решении практических задач; использовать прикладные программы ЭВМ для реализации численных методов; оценивать погрешность используемого численного метода.</p> <p><b>Владеть:</b> терминологией предмета; методиками проверки правильности и точности получаемых численных решений, а также методиками проверки сходимости и скорости получения решения.</p> |
|   |  | ПК-2.9. Применяет языки программирования высокого уровня для реализации вычислительных алгоритмов решения прикладных задач | <p><b>Знать:</b> достоинства современных алгоритмов решения прикладных задач; условия использования при решении практических задач; языки программирования высокого уровня, реализующих численные алгоритмы решения различных прикладных задач; эффективные методы решения практических задач.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать алгоритмы для реализации поставленных задач на ЭВМ, обосновывать использование выбранных методов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования компьютерной техники и среды программирования в своей профессиональной и учебной деятельности.</p>  |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-2.** Способен организовывать и осуществлять расчет и реализацию систем автоматического управления несложными техническими объектами на базе серийных комплектующих элементов и микроконтроллерной техники.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| Стадия | Наименования дисциплины  |
|--------|--|
| 1      | Инженерное программное обеспечение   |
| 2      | Моделирование систем управления  |
| 3      | Технология производства элементов и систем управления                                |
| 4      | Численные методы и оптимизация   |
| 5      | Вычислительная математика  |
| 6      | Идентификация технических объектов управления  |
| 7      | Вариационное исчисление  |
| 8      | Производственная преддипломная практика  |
| 9      | Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.  
Форма промежуточной аттестации: курсовая работа; экзамен.

| Вид учебной работы  | Всего часов | Семестр № 4 |
|---|-------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час  | 216         | 216         |
| <b>Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:</b>   | <b>72</b>   | <b>72</b>   |
| лекции  | 17          | 17          |
| лабораторные  | 34          | 34          |
| практические  | 17          | 17          |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации                              | 4           | 4           |
| <b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>          | <b>144</b>  | <b>144</b>  |
| курсовой проект   | 0           | 0           |
| курсовая работа   | 36          | 36          |
| расчетно-графическое задание  | 0           | 0           |
| индивидуальное домашнее задание   | 0           | 0           |
| самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 72          | 72          |
| экзамен   | 36          | 36          |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2. Семестр 2.

| № п/п | Наименование раздела<br>(краткое содержание)  | Объем на тематический раздел<br>по видам учебной нагрузки, час |                      |                      |  |
|-------|---|--|----------------------|----------------------|--|
|       |   | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
| 1     | 2   | 3  | 4                    | 5                    | 6  |
| 1.    | Предмет, проблемы и задачи курса. Исторический экскурс. Основные понятия и определения. Виды погрешностей. Источники погрешностей. Погрешности арифметических действий.   | 1  | —                    | —                    | 2  |
| 2.    | Приближенное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Аналитический способ отделения корней. Уточнение корней (метод дихотомии, метод хорд, метод касательных, комбинированный метод, метод итераций). Оценка погрешности приближения.   | 2  | 2                    | 6                    | 10   |
| 3.    | Решение систем линейных алгебраических уравнений (метод Крамера, метод Гаусса, метод Гаусса с выбором главного элемента, метод Гаусса - Жордана, метод простых итерации, метод Зейделя). Применение метода Гаусса для вычисления определителей. Применение метода Гаусса для обращения матриц. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений (метод Ньютона-Канторовича).  | 2  | 3                    | 8                    | 12   |
| 4.    | Задача интерполяции. Теорема существования и единственности интерполяционного полинома. Интерполяционный полином Ньютона для интерполяции вперед. Интерполяционный полином Ньютона для интерполяции назад. Интерполяционный полином Лагранжа. Экстраполяция. Обратная интерполяция. Оценка погрешности приближения функций интерполяционным полиномом. Выбор оптимальных узлов интерполяции. Сплайн – интерполяция функций. | 2  | 2                    | 6                    | 10   |
| 5.    | Выбор общего вида эмпирической формулы. Определение параметров эмпирической формулы методом наименьших квадратов  | 2  | 2                    | 6                    | 10   |
| 6.    | Численное дифференцирование функций. Оценка погрешности производной.  | 2  | 2                    | —                    | 4  |
| 7.    | Численное интегрирование функций. Квадратурные формулы прямоугольников. Квадратные формулы Ньютона – Котеса (формула трапеций, формула Симпсона). Квадратурная формула Чебышева. Квадратурная формула Гаусса. Оценка погрешности квадратурных формул  | 2  | 2                    | 4                    | 10   |
| 8.    | Численное решение обыкновенных дифференциаль-   | 2  | 2                    | 4                    | 10   |

|    |   |           |           |           |           |
|----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    | ных уравнений. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных.  |           |           |           |           |
| 9. | Решение задач оптимизации. Многомерная безусловная оптимизация (метод покоординатного спуска, градиентный метод). Условная оптимизация (симплекс-метод, модифицированный симплекс-метод, метод северо-западного угла, метод минимального элемента, метод аппроксимации Фогеля, метод дифференциальных рент) | 2         | 2         | —         | 4         |
|    | <b>ВСЕГО</b>  | <b>17</b> | <b>17</b> | <b>34</b> | <b>72</b> |

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

| № п/п              | № раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1) | Тема практического (семинарского) занятия                           | Колич. часов | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|--------------------|---|---|--------------|--|
| <i>семестр № 4</i> |   |   |              |  |
| 1.                 | 2   | Приближенное решение алгебраических и трансцендентных уравнений.    | 2            | 2  |
| 2.                 | 3   | Решение систем линейных и нелинейных уравнений.                     | 3            | 3  |
| 3.                 | 4   | Интерполяция функций.   | 2            | 2  |
| 4.                 | 5   | Построение эмпирических формул.                                     | 2            | 2  |
| 5.                 | 6   | Численное дифференцирование функций.                                | 2            | 2  |
| 6.                 | 7   | Численное интегрирование функций.                                   | 2            | 2  |
| 7.                 | 8   | Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.          | 2            | 2  |
| 8.                 | 8   | Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных. | 2            | 2  |
|                    |   | <b>ВСЕГО:</b>   | <b>17</b>    | <b>17</b>  |

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

| № п/п              | № раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1) | Тема лабораторного занятия                                       | Колич. часов | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|--------------------|---|--|--------------|--|
| <i>семестр № 4</i> |   |  |              |  |
| 1.                 | 2   | Приближенное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. | 6            | 6  |
| 2.                 | 3   | Решение систем линейных уравнений.                               | 4            | 4  |
| 3.                 | 3   | Решение систем нелинейных уравнений.                             | 4            | 4  |
| 4.                 | 4   | Интерполяция функций   | 6            | 6  |
| 5.                 | 5   | Построение эмпирических формул                                   | 6            | 6  |
| 6.                 | 7   | Численное интегрирование функций                                 | 4            | 4  |
| 7.                 | 8   | Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений        | 4            | 4  |
|                    |   | <b>ВСЕГО:</b>  | <b>34</b>    | <b>34</b>  |

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Целью курсовой работы является выработка у студентов практических навыков по проектированию программ, их отладке и документированию.

Выполнение курсовой работы начинается с разработки технического задания и завершается составлением отчета, в котором должно содержаться описание всей проделанной работы.

Данные цели проявляются через следующие конкретные задачи курсовой работы:

- систематизация, закрепление, углубление и расширение теоретических знаний, полученных при изучении данной дисциплины, а также приобретение практических навыков решения комплексных задач;
- привитие навыков самостоятельной работы по подбору литературы, работы с научной литературой и иными информационными источниками;
- умение самостоятельно систематизировать и излагать знания, полученные в процессе самостоятельного изучения литературы;
- привитие навыков научно-исследовательской работы, использование анализа и самостоятельных выводов.

В результате выполнения курсовой работы студент должен научиться:

- создавать программу в соответствии с основными этапами ее разработки;
- строить схему алгоритма работы программы в соответствии с требованиями ГОСТ 19.701-90;
- грамотно тестировать программу;
- анализировать результаты работы программы и делать соответствующие выводы.

Процесс выполнения работы состоит из следующих этапов:

- выбор темы и беседа с руководителем;
- сбор материала, поиск литературы по теме, подготовка библиографии, составление личного рабочего плана;
- подготовка первого варианта;
- сдача первого варианта курсовой работы руководителю;
- доработка текста по замечаниям, окончательное оформление;
- представление работы на кафедре.

Тематика курсовых работ разрабатывается преподавателем, ежегодно дополняется и уточняется. Темы курсовых работ рассматриваются и утверждаются на заседании комиссии. Студенты выбирают тему курсовой работы самостоятельно, из предложенного списка. Незначительное изменение темы разрешается только по согласованию с преподавателем.

На выполнение курсовой работы предусмотрено 36 часов самостоятельной работы студента.

Перечень тем курсовых работ:

*Вариант 1.* Предприятие выпускает 3 вида изделий, используя для этого оборудование 4 типов.

| Тип оборудования                           | Затраты времени на обработку одного изделия вида, станко·ч |    |    | Общий фонд рабочего времени оборудования, ч |
|--|--|----|----|---|
|  | А  | В  | С  |   |
| Фрезерное                                  | 2  | 4  | 5  | 120   |
| Токарное                                   | 1  | 8  | 6  | 280   |
| Сварочное                                  | 7  | 4  | 5  | 240   |
| Шлифовальное                               | 4  | 6  | 7  | 360   |
| Прибыль от реализации одного изделия, руб. | 10   | 14 | 12 |   |

Определить план производства изделий, при котором общая прибыль максимальная.

*Вариант 2.* Предприятие выпускает 4 вида продукции, используя оборудование 3 типов.

| Тип оборудования                              | Затраты времени на единицу продукции вида, станко·ч |    |     |    | Общий фонд рабочего времени оборудования, ч |
|---|---|----|-----|----|---|
|   | I   | II | III | IV |   |
| Токарное                                      | 2   | 1  | 1   | 3  | 300   |
| Фрезерное                                     | 1   | —  | 2   | 1  | 70  |
| Шлифовальное                                  | 1   | 2  | 1   | —  | 340   |
| Прибыль от реализации единицы продукции, руб. | 8   | 3  | 2   | 1  |   |

Определить объем выпуска каждого вида продукции, при котором общая прибыль является максимальной.

*Вариант 3.* На швейной фабрике для выпуска 4 видов изделий может быть использована ткань 3 артикулов.

| Артикул ткани             | Норма расхода ткани на одно изделие вида, м |   |   |   | Общее количество ткани, м |
|---------------------------|---|---|---|---|---------------------------|
|                           | А   | В | С | D |                           |
| I                         | 1   | — | 2 | 1 | 180                       |
| II                        | —   | 1 | 3 | 2 | 210                       |
| III                       | 4   | 2 | — | 4 | 800                       |
| Цена одного изделия, руб. | 9   | 6 | 4 | 7 |                           |

Определить сколько изделий каждого вида должна произвести фабрика, чтобы стоимость изготовленной продукции была максимальной.

*Вариант 4.* Для перевозок груза на 3 линиях могут быть использованы суда 3 типов. Определить какие суда, на какой линии и в течение какого времени следует использовать чтобы обеспечить максимальную их загрузку с учетом возможного времени эксплуатации.

| Тип судна                                 | Производительность судов на линии, (млн. тонно-миль в сутки) |      |      | Общее время эксплуатации судов, суток |
|---|--|------|------|---------------------------------------|
|   | 1  | 2    | 3    |                                       |
| I   | 8  | 14   | 11   | 300                                   |
| II  | 6  | 15   | 13   | 300                                   |
| III                                       | 12   | 12   | 4    | 300                                   |
| Заданный объем перевозок, млн. тонно-миль | 3000   | 5400 | 3300 |                                       |

*Вариант 5.* Груз, находившийся в пунктах отправления, перемещается в пункты назначения.



| Кол-во груза в пунктах отправления, т |     | Кол-во груза в пунктах назначения, т |     |     |
|---------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|-----|
|                                       |     | D                                    | E   | F   |
|                                       |     | 260                                  | 520 | 420 |
| A                                     | 420 | 2                                    | 4   | 3   |
| B                                     | 380 | 7                                    | 5   | 8   |
| C                                     | 400 | 6                                    | 9   | 7   |

Определить оптимальный план перевозок груза.

*Вариант 6.* Необходимо найти оптимальный план перевозки некоторого продукта из 3 пунктов отправления A1, A2, A3 с запасами 200, 210, 280 единиц в 4 пункта назначения B1, B2, B3, B4 с потребностью соответственно 220, 90, 230, 150 единиц. Стоимость перевозок приведена в таблице.

| Пункты отправления | Пункты назначения |    |     |     | Запасы |
|--------------------|-------------------|----|-----|-----|--------|
|                    | B1                | B2 | B3  | B4  |        |
| A1                 | 2                 | 4  | 7   | 11  | 200    |
| A2                 | 3                 | 4  | 3   | 4   | 210    |
| A3                 | 3                 | 5  | 2   | 4   | 280    |
| Потребности        | 220               | 90 | 230 | 150 |        |

*Вариант 7.* Для строительства 4 объектов используется кирпич, изготавливаемый на 3 заводах. Ежедневно каждый из заводов может изготавливать 100, 150, и 50 условных единиц кирпича. Ежедневные потребности в кирпиче на каждом из строящихся объектов соответственно равны 75, 80, 60 и 85 условных единиц. Известны также тарифы перевозок 1 условной единицы кирпича с каждого из заводов к каждому из строящихся объектов.

| Кирпичный завод | Строящийся объект |    |    |    | Производство |
|-----------------|-------------------|----|----|----|--------------|
|                 | A                 | B  | C  | D  |              |
| I               | 6                 | 7  | 3  | 5  | 100          |
| II              | 1                 | 2  | 5  | 6  | 150          |
| III             | 8                 | 10 | 20 | 1  | 50           |
| Потребности     | 75                | 80 | 60 | 85 |              |

Необходимо составить такой план перевозок кирпича к строящимся объектам, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Выполнение индивидуальных домашних заданий и расчетно-графических заданий не предусмотрено учебным планом дисциплины.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-2.** Способен организовывать и осуществлять расчет и реализацию систем автоматического управления несложными техническими объектами на базе серийных комплектующих элементов и микроконтроллерной техники.

| Наименование индикатора достижения компетенции   | Используемые средства оценивания                    |
|--|---|
| ПК-2.8. Осуществляет вывод основных расчетных формул вычислительных методов  | защита лабораторных работ; курсовая работа; экзамен |
| ПК-2.9. Применяет языки программирования высокого уровня для реализации вычислительных алгоритмов решения прикладных задач | защита лабораторных работ; курсовая работа; экзамен |

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

Экзамен включает 2 теоретических вопроса и 3 практических заданий. Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 120 минут. После ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена:

#### 1. Основные задачи вычислительной математики

- 1.1. Примеры задач по организации приближенного вычислительного процесса.
- 1.2. Погрешность и ее учет при организации вычислительного процесса.

#### 2. Решение алгебраических и нелинейных уравнений.

- 2.1. Определение интервалов изоляции корней. Аналитический и геометрический способы отделения корней.
- 2.2. Основные теоремы алгебры для оценки количества действительных (положительных/отрицательных) и комплексных корней алгебраического уравнения;
- 2.3. Методы уточнения корней (геометрическая иллюстрация; вывод рекуррентной формулы для вычисления последовательных приближений; пример вычисления; алгоритмизация метода):

- метод дихотомии;
- метод касательных; упрощенный вариант данного метода;
- метод хорд;
- комбинированный метод;
- нахождение комплексных корней нелинейных уравнений;
- метод итераций. Доказательства достаточного условия сходимости итерационного процесса. Способы приведения уравнения к итерационному виду. Приведение уравнения к виду  $x = x - \lambda \cdot f(x)$ .

### 3. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

3.1. Классификация методов решения СЛАУ. Частные случаи решения СЛАУ.

3.2. Методы вычисления определителя (основная идея метода; схема применения метода; пример вычисления; алгоритмизация метода):

- применение метода Гаусса для вычисления определителя;
- вычисление определителя методом разложения на определители меньшего порядка.

3.3. Методы вычисления обратной матрицы (основная идея метода; схема применения метода; пример вычисления; алгоритмизация метода):

- применение метода Гаусса для обращения матриц;
- классический метод вычисления обратной матрицы.

3.4. Методы решения СЛАУ (основная идея метода; схема применения метода; пример вычисления; алгоритмизация метода):

- метод Крамера;
- матричный метод решения;
- метод Гаусса;
- модификации метода Гаусса (метод Гаусса с выбором главного элемента, метод Гаусса – Жордана);
- итерационные методы решения СЛАУ: метод простых итераций, метод Зейделя. Преобразование СЛАУ к итерационному виду. Выбор начального приближения. Условия окончания итерационного процесса.

### 4. Решение систем нелинейных уравнений.

4.1. Методы решения систем нелинейных уравнений (основная идея метода; вывод рекуррентной формулы для вычисления последовательных приближений; пример вычисления; алгоритмизация метода):

- метод итераций. Условия окончания итерационного процесса;
- метод последовательных приближений;
- метод Ньютона – Канторовича. Проблема выбора начального приближения.

### 5. Интерполяция функций.

5.1. Теорема существования и единственности интерполяционного полинома.

5.2. Понятие о конечных / разделенных разностях. Связь разделенных разностей с конечными.

5.3. Построение интерполяционного полинома (основная идея метода; вывод конечной формулы; пример вычисления; схема применения метода; алгоритмизация метода).

- 1-я интерполяционная формула Ньютона (для интерполяции вперед). Частный случай – при  $\Delta x = const$  ;
- 2-я интерполяционная формула Ньютона (для интерполяции назад). Частный случай – при  $\Delta x = const$  ;

- интерполяционный полином Лагранжа;
- сплайн-интерполяция (линейная, кубическая);
- Экстраполяция. Обратная интерполяция.

## 6. Построение эмпирических формул методом наименьших квадратов.

- 6.1. Общая постановка задачи. Критерий аппроксимации. Общее решение (геометрическая интерпретация; основная идея метода; вывод общей системы решения).
- 6.2. Подбор параметров экспериментальной зависимости методом наименьших квадратов (вывод конечной формулы; пример вычисления; схема применения метода; алгоритмизация метода):
- линейная зависимость;
  - полиномиальная зависимость  $P_k(x)$ ;
  - квазилинейные зависимости.
- 6.3. Оценка точности аппроксимации:
- уравнение регрессии и коэффициент корреляции;
  - криволинейная корреляция.

## 7. Вычисление определенного интеграла.

- 7.1. Методы оценки истинного значения определенного интеграла.
- 7.2. Методы численного интегрирования (геометрическая интерпретация; общая идея метода; вывод конечной формулы; пример вычисления; схема применения метода; алгоритмизация метода).
- методы прямоугольников (левых / средних / правых);
  - приближенное вычисление определенных интегралов при помощи кусочной замены подынтегральной функции полиномами разных порядков:  $P_0(x)$ ,  $P_1(x)$ ,  $P_2(x)$  (аналитическая и геометрическая интерпретация). Метод трапеций. Метод Симпсона.
  - квадратурные формулы Ньютона-Котеса; рассмотрение частных случаев этой формулы.
  - метод Чебышева;
  - метод Гаусса.
- 7.3. Оценка погрешности при численного интегрирования по методу прямоугольников. Вычисление значение интеграла с заданной точностью.

## 8. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

- 8.1. Решение дифференциальных уравнений вида  $y' = f(x, y)$  при заданном начальном условии (вывод конечной формулы; пример вычисления; схема применения метода; алгоритмизация метода).
- метод Эйлера; уточненный метод Эйлера;
  - метод Адамса;
  - метод Милна.
- 8.2. Решение дифференциальных уравнений высших порядков. Решение дифференциального уравнения вида  $y'' + p(x) \cdot y' + q(x) \cdot y = f(x)$  при заданных начальных условиях.
- 8.3. Численное дифференцирование:
- с использованием интерполяционного полинома Ньютона;
  - с использованием интерполяционного полинома Лагранжа.

Типовые практические задания для экзамена:

**Задание 1.** Решить систему нелинейных уравнений  $\begin{cases} x^{-\frac{1}{2}} + y^{-\frac{1}{2}} = 6, \\ \log_4 x + \log_4 y = -3 \end{cases}$  двумя ме-

тодами:

- А) аналитически (получение точного решения),  
 Б) численными методами - методом Ньютона-Канторовича (произвести вычисления в рамках 3-х итераций).

**Задание 2.** Найти интервалы изоляции корней для уравнения:  $x^3 + x^2 + x - 1 = 0$ .

**Задание 3.** Напишите текст подпрограмм, позволяющей для квадратной матрицы  $n \times n$ , вычислить её канонические нормы  $\|A\|_m$ ,  $\|A\|_n$ ,  $\|A\|_k$ .

Критерии оценивания результатов студента на экзамене:

| Оценка | Критерии оценивания   |
|--------|---|
| 5      | Студент полностью и правильно ответил на теоретические и практические вопросы билета. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения. Ответил на все дополнительные вопросы.  |
| 4      | Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Не выполнено одно из заданий практической части. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории. Ответил на большинство дополнительных вопросов.  |
| 3      | Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Выполнено одно из заданий практической части. Студент владеет теоретическим материалом, присутствуют незначительные ошибки при описании теории. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. |
| 2      | При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.   |

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

Условием получения оценки по курсовой работе является не только подготовка разработка программы и отчета по курсовой работе, но и устная защита. К защите допускается готовые работы — окончательный вариант, исправленный на основании замечаний руководителя. Защита проводится как на практических занятиях, так и во внеурочное время. Автор работы выступает с докладом, в котором излагает основные итоги работы над проблемой, выводы и рекомендации. Продолжительность выступления — 7 минут. Защита проводится с использованием наглядного материала и демонстрацией разработанного приложения. Во время защиты необходимо ответить на заданные вопросы. Присутствие руководителя на защите курсовой работы студента обязательно.

Защита курсовой работы — это выступление студента перед экзаменационной комиссией, в ходе которого учащийся раскрывает тему исследования, обозначает основные моменты своей работы. Защита курсового проекта позволяет

понять, насколько глубоко проработана тема исследования и насколько хорошо студент в ней разбирается.

Как правило, защита представляет собой демонстрацию презентации курсовой работы, синхронно сопровождающуюся докладом. Экзаменационная комиссия состоит из старшего преподавателя и научных руководителей защищающихся студентов.

#### Критерии оценивания выполнения курсовой работы.

| Оценка | Критерии оценивания   |  |   |
|--------|---|--|---|
|        | Знать   | Уметь  | Владеть   |
| 5      | Студент знает теоретический материал, отсутствуют ошибки при описании теории и практической реализации, студент формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы. | Студент умеет самостоятельно разрабатывать алгоритмы для реализации поставленных задач на ЭВМ, обосновывать использование выбранных методов.                 | Курсовой проект выполнен полностью, студент владеет навыками самостоятельного использования компьютерной техники и среды программирования в своей профессиональной и учебной деятельности; методиками проверки правильности и точности получаемых численных решений |
| 4      | Студент знает теоретический материал, присутствуют незначительные ошибки при описании теории и алгоритмов, студент формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.        | Студент умеет самостоятельно разрабатывать алгоритмы для реализации поставленных задач на ЭВМ, но без обоснования выбранных методов.                         | Курсовой проект выполнен полностью, студент владеет навыками самостоятельного использования компьютерной техники и среды программирования в своей профессиональной и учебной деятельности; методиками проверки правильности и точности получаемых численных решений |
| 3      | Студент знает теоретический материал на минимально допустимом уровне, присутствуют незначительные ошибки при описании теории и практической реализации, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных сужде-                       | Студент умеет разрабатывать алгоритмы с дополнительной помощью преподавателя для реализации поставленных задач на ЭВМ, но без обоснования выбранных методов. | Курсовой проект выполнен полностью, однако в нем присутствуют ряд недочетов, связанных с описанием методов и алгоритмов при решении задачи проектирования.  |

| Оценка | Критерии оценивания  |  |   |
|--------|--|--|---|
|        | Знать  | Уметь  | Владеть   |
|        | ний, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.   |  |   |
| 2      | Студент практически не знает теоретический материал, допуская ошибки по сущности рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы. | Студент не умеет разрабатывать алгоритмы для реализации поставленных задач на ЭВМ. | Курсовой проект выполнен частично и содержит ряд существенных недочетов, студент не владеет навыками самостоятельного использования компьютерной техники и среды программирования в своей профессиональной и учебной деятельности; методиками проверки правильности и точности получаемых численных решений |

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.

| Тема лабораторной работы   | Контрольные вопросы / задания (материалы)   |
|--|---|
| Лабораторная работа №1. Приближенное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем состоит основная идея метода хорд?</li> <li>2. Вывести рекуррентную формулу метода касательных.</li> <li>3. Каким достоинством обладает комбинированный метод?</li> <li>4. Как выглядит достаточное условие сходимости итерационного процесса?</li> <li>5. Привести геометрическую интерпретацию метода итераций</li> </ol>       |
| Лабораторная работа №2. Решение систем линейных уравнений.                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем состоит сущность метода Гаусса?</li> <li>2. Каким достоинством обладает метод Гаусса с выбором главного элемента?</li> <li>3. Какую отличительную особенность имеет метод Гаусса-Жордана?</li> <li>4. Как осуществляется выбор начального приближения при решении системы линейных уравнений методом простых итераций?</li> </ol> |
| Лабораторная работа №3.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие средства используются в методе Ньютона-Канторовича при преобразовании системы нелинейных уравнений?</li> </ol>  |

|  |   |
|--|---|
| Решение систем нелинейных уравнений.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Как записывается разложение функции многих переменных в ряд Тейлора / Маклорена?</li> <li>3. Как осуществляется метод итераций для решения системы нелинейных уравнений?</li> <li>4. Какое условие сходимости итерационного процесса применяется для метода итераций при решении системы нелинейных уравнений?</li> </ol>   |
| Лабораторная работа №4. Интерполяция функций.                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какой вид имеет первая интерполяционная формула Ньютона с постоянным шагом интерполяции?</li> <li>2. Осуществить вывод интерполяционного полинома Лагранжа.</li> <li>3. Что такое экстраполяция и обратная интерполяция?</li> <li>4. Сформулируйте свойства полиномов Чебышева, применяемых при выборе оптимальных узлов интерполяции.</li> <li>5. В чем состоит принципиальное отличие сплайн-интерполяции от других видов кусочно-полиномиальной интерполяции?</li> </ol> |
| Лабораторная работа №5. Построение эмпирических формул.                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каким образом метод наименьших квадратов применяют для определения параметров эмпирической формулы?</li> <li>2. Как осуществляется выравнивание данных при построении квазилинейных зависимостей?</li> <li>3. Какой параметр используется для оценки точности аппроксимации?</li> </ol>   |
| Лабораторная работа №6. Численное интегрирование функций.                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем состоит основная идея построения квадратурных формул?</li> <li>2. Вывести квадратурные формулы прямоугольников.</li> <li>3. Геометрическая интерпретация квадратурной формулы трапеций и квадратурной формулы Симпсона.</li> <li>4. Какое условие предъявляется к квадратурной формуле Чебышева?</li> <li>5. Какими свойствами обладают полиномы Лежандра, применяемые при построении квадратурной формулы Гаусса?</li> </ol>   |
| Лабораторная работа №7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Привести геометрическую интерпретацию метода Эйлера и уточненного метода Эйлера.</li> <li>2. Какие существуют достоинства и недостатки метода Рунге-Кутты 4-го порядка точности?</li> <li>3. Что является основой метода Адамса?</li> <li>4. Какими особенностями обладает группа методов прогноза-коррекции?</li> <li>5. В чем состоит сущность метода конечных разностей?</li> </ol>  |

### Критерии оценивания лабораторной работы.

| Оценка     | Критерии оценивания   |
|------------|---|
| 5 (отл.)   | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы. |
| 4 (хор.)   | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.           |
| 3 (удовл.) | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, присутствуют незначительные ошибки при  |



| Оценка          | Критерии оценивания   |
|-----------------|---|
|                 | описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.   |
| 2<br>(неудовл.) | Работа выполнена не полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допуская ошибки по существу рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы. |

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

| Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине | Критерий оценивания   |
|--|---|
| Знания   | Знание терминов, классификаций, основных принципов.                                     |
|  | Объем освоенного материала.   |
|  | Полнота ответов на вопросы.   |
|  | Четкость изложения и интерпретации знаний.  |
| Умения   | Умение проводить анализ численных алгоритмов при решении задач.                         |
|  | Умение разрабатывать программы, реализующие численные методы решения задач.             |
| Навыки   | Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.                |
|  | Владеет навыками работы с прикладными программами ЭВМ для реализации численных методов. |

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

| Критерий   | Уровень освоения и оценка                            |   |   |   |
|--|--|---|---|---|
|  | 2  | 3   | 4   | 5   |
| Знание терминов, классификаций, основных принципов | Не знает терминов классификаций, основных принципов. | Знает термины классификации, основные принципы, но допускает неточности формулировок. | Знает термины классификации, основные принципы. | Знает термины классификации, основные принципы, может корректно сформулировать их самостоятельно. |
| Объем освоенного материала                         | Не знает значительной части материала дисциплины.    | Знает только основную материал дисциплины, не   | Знает материал дисциплины в достаточном объеме. | Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины,   |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
|   |  | усвоил его детали.   |  | владеет дополнительными знаниями.  |
| Полнота ответов на вопросы                | Не дает ответы на большинство вопросов.                              | Дает неполные ответы на все вопросы.                           | Дает ответы на вопросы, но не все – полные.                    | Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы.                                       |
| Четкость изложения и интерпретации знаний | Излагает знания без логической последовательности.                   | Излагает знания с нарушениями в логической последовательности. | Излагает знания без нарушений в логической последовательности. | Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя. |
|   | Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами | Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками     | Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно.      | Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний.  |
|   | Неверно излагает и интерпретирует знания.                            | Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний.       | Грамотно и по существу излагает знания.                        | Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы.                               |

#### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

| Критерий  | Уровень освоения и оценка   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   | 2   | 3  | 4   | 5  |
| Умение проводить анализ численных алгоритмов при решении задач              | Не умеет проводить анализ численных алгоритмов при решении задач              | Умеет проводить анализ численных алгоритмов при решении задач с подсказками преподавателя.                                 | Умеет проводить анализ численных алгоритмов при решении типовых задач.  | Умеет самостоятельно проводить анализ численных алгоритмов при решении нетиповых задач.  |
| Умение разрабатывать программы, реализующие численные методы решения задач. | Не умеет разрабатывать программы, реализующие численные методы решения задач. | Умеет разрабатывать простейшие программы на различных языках программирования, реализующие численные методы решения задач. | Умеет разрабатывать несложные программы на различных языках программирования, реализующие численные методы решения задач. | Умеет разрабатывать программы на различных языках программирования, программы, реализующие численные методы решения задач повышенной сложности . |

#### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

| Критерий  | Уровень освоения и оценка                  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
|   | 2  | 3   | 4   | 5  |
| Владеть навыками самостоятельной работы с учебной | Не использует учебную и научную литературу | Имеются навыки самостоятельной работы с учебной | Владеет навыками самостоятельной работы с | Использует учебную и научную литературу для самостоятельного |

|   |  |   |  |   |
|---|--|---|--|---|
| и научной литературы  | для подготовки к занятиям.   | и научной литературой, но недостаточные для полноценной подготовки.                               | учебной и научной литературой при подготовке к занятиям.                                     | приобретения новых знаний.  |
| Владеет навыками работы с прикладными программами ЭВМ для реализации численных методов. | В принципе не понимает, как работать с прикладными программами ЭВМ для реализации численных методов. | Имеет лишь представление о работе с прикладными программами ЭВМ для реализации численных методов. | Имеет представление о работе с прикладными программами ЭВМ для реализации численных методов. | Владеет навыками работы с прикладными программами ЭВМ для реализации численных методов. |

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

| № | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы             | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   |
|---|---|---|
| 1 | Специализированный компьютерный класс для проведения лабораторных занятий УК 4, № 229 | 15 персональных компьютеров, подключенных к сети «Интернет» и имеющих доступ в электронно-информационную образовательную среду, проектор, 10 комплектов оборудования для моделирования систем NI Elvis II |
| 2 | Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий УК 4, № 323        | Мультимедийный проектор, экран, ноутбук; специализированная мебель  |
| 3 | Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы                                   | Компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронно-информационную образовательную среду; специализированная мебель  |

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| № | Перечень лицензионного программного обеспечения           | Реквизиты подтверждающего документа   |
|---|---|---|
| 1 | Microsoft Windows Professional 8.1                        | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31   |
| 2 | Microsoft Office Professional Plus 2016                   | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023  |
| 3 | Microsoft Windows 10 Корпоративная                        | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017   |
| 4 | Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition» | Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020<br>Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г. |
| 5 | Google Chrome   | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения   |
| 6 | Mozilla Firefox   | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения Mozilla Public License 2.0 MPL  |
| 7 | Система программирования PascalABC.NET                    | Свободно распространяемое ПО. Разрабатывается под свободной лицензией LGPLv3 как язык программирования для сферы образования и научных исследований.  |
| 8 | Система адаптивного электронного тестирования             | Персональный сайт кафедры. Доступ по ссылке <a href="http://aseo.tk-bstu.ru">http://aseo.tk-bstu.ru</a>   |

### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

#### **Печатные издания**

1. Программирование, численные методы, оптимизация: учебное пособие / сост. А. В. Крюков, И. А. Рыбин, В. А. Порхало. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. — 21 с.
2. Рубанов, В. Г. Численные методы и оптимизация: учеб. пособие / В. Г. Рубанов, Д. В. Величко. — 2-е изд. стер. — Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. — 160 с.
3. Мокрова Н.В. Численные методы в инженерных расчетах: учебное пособие / Мокрова Н.В., Суркова Л.Е.. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 91 с. — ISBN 978-5-4486-0238-2.
4. Ушакова Н. Н. Вычислительная математика: лаб. практикум : учеб. пособие / Н. Н. Ушакова, Н. Н. Подгорный, В. Н. Винтаев; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. — 127 с.
5. Срочко, В. А. Численные методы: курс лекций / В. А. Срочко. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. — 203 с.
6. Алексеев В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи : задачник / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. — Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва: Физматлит, 2005. — 255 с.
7. Алексеев Е.Р. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7 , Maple 9 / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. — Москва: ИТ Пресс, 2006. — 492 с.
8. Киреев В. И. Численные методы в примерах и задачах: учеб. пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. — Изд. 2-е, стер. — Москва: Высшая школа, 2006. — 480 с.

#### **Электронные издания**

1. Квасов Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab [Электронный ресурс] / Б. И. Квасов. — Москва: Лань", 2016. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71713](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71713).
2. Кондаков Н.С. Основы численных методов : практикум / Кондаков Н.С.. — Москва : Московский гуманитарный университет, 2014. — 92 с. — ISBN 978-5-98079-981-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/39690.html>.
3. Соболева О.Н. Введение в численные методы : учебное пособие / Соболева О.Н.. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 64 с. — ISBN 978-5-7782-1776-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45362.html>.

4. Аттетков А.В. Численные методы решения задач многомерной безусловной минимизации. Часть 1. Методы первого и второго порядков: методические указания по курсу «Методы оптимизации» / Аттетков А.В., Канатников А.Н., Тверская Е.С.. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 48 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/31795.html>.
5. Волков Е.А. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е. А. Волков. — Москва: Лань, 2008. — 256 с.: граф., табл. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=54](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=54).
1. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Численные методы и оптимизация" [Электронный ресурс] / сост. Д. В. Величко. — Электрон. текстовые дан. — Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918162128869900002843>.
2. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] / В. А. Срочко. — Москва: Лань, 2010. — 202 с.: ил. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=378](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=378).

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Комплект Федеральных цифровых информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fcior.edu.ru>.
2. Информационно-коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru>.
3. Библиотека реализованных алгоритмов обработки информации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://alglib.sources.ru>.
4. Интернет-ресурс, содержащий руководства по работе со средой MatLab [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.exponenta.ru>.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ А. В. Белоусов  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО