

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Автоматизация, управление, мехатроника»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**Б.1.2.17. «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ»**

**направление подготовки 15.03.04**

**«Автоматизация технологических процессов и производств»**

**Профиль**

**«Интеллектуальные и информационно-управляющие системы»»**

форма обучения – очная

курс – 3

семестр – 5

часов в неделю – 4

всего часов – 144 (4 з. ед.)

в том числе: лекции – 36

практические занятия – 36

самостоятельная работа – 72

экзамен – 5 семестр

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель изучения дисциплины** «Численные методы и вариационное исчисление» заключается в формировании у студентов знаний и навыков, связанных с текущими задачами применения численных методов в мехатронике на основе использования современных пакетов прикладных программ MATLAB, MATHCAD, Mathematica.

**Задачи изучения дисциплины** Рассмотрение вопросов использования современных численных методов и программных средств для решения вычислительных задач в мехатронике, как специализированных, так и общих.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Численные методы и вариационное исчисление» входит в цикл математических и естественнонаучных дисциплин вариативной части по направлению подготовки бакалавров «Автоматизация технологических процессов и производств». Изучению дисциплины «Численные методы и вариационное исчисление» должно предшествовать освоение дисциплин «Математика», «Материаловедение», «Математическое моделирование в инженерных задачах», «Программное обеспечение моделирования и расчетов автоматизированных систем», «Программирование на языках высокого уровня», «Теория динамических систем и сложных сетей в инженерных задачах». Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть полезны при изучении следующих дисциплин: «Мониторинг автоматизированных систем», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Теория автоматического управления в области автоматизации производственных процессов и производств», «Диагностика и надежность автоматизированных систем».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций (согласно ФГОС) приведенных в табл. 1.

Таблица 1

| Наименование компетенции  | Код компетенции |
|---|-----------------|
| - способностью выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий. | ПК-2            |
| - способностью участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных   | ПК-19           |

средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.

Результатом изучения дисциплины по направлению подготовки «Мехатроника и робототехника» ГОС ВО является следующее: по окончании изучения дисциплины студент должен знать современное состояние численных методов, в т.ч. для решения задач мехатроники, успешно применять их с использованием пакетов инженерного расчета.

**Студент должен знать** численные методы решения систем алгебраических уравнений, нелинейных уравнений и систем, интерполирования функций, интегрирования и дифференцирования, а также методы безусловной оптимизации функций одной и многих переменных, линейное программирование.

**Студент должен уметь** использовать численные методы для решения мехатронных и робототехнических систем (аппроксимация, моделирование, оптимизация).

**Студент должен владеть** методами моделирования и оптимизации на основе численных методов с использованием пакетов прикладных программ MATLAB, MATHCAD и Mathematica для решения мехатронных и робототехнических задач.

#### 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ (ЧАС.) ДИСЦИПЛИНЫ ПО ТЕМАМ И ВИДАМ ЗАНЯТИЙ

| № модуля  | № недели | № темы | Наименование темы  | Часы  |        |              |              |     |
|-----------|----------|--------|--|-------|--------|--------------|--------------|-----|
|           |          |        |  | Всего | Лекции | Лабораторные | Практические | СРС |
| 1         | 2        | 3      | 4  | 5     | 6      | 7            | 8            | 9   |
| 5 семестр |          |        |  |       |        |              |              |     |
| 1         |          | 1-3    | Введение в численные методы. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений | 8     | 4      |              | 4            |     |
| 2         |          | 4      | Решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений                                     | 16    | 8      |              | 8            |     |
| 3         |          | 5-7    | Среднеквадратическое приближение функций. Эмпирические формулы. Интерполирование функций       | 8     | 4      |              | 4            |     |
| 4         |          | 8-9    | Численное дифференцирование и интегрирование   | 12    | 4      |              | 8            |     |
| 5         |          | 10     | Численные методы решения Обыкновенных дифференциальных   | 12    | 8      |              | 4            |     |

|  |  |  |           |  |  |  |  |  |
|--|--|--|-----------|--|--|--|--|--|
|  |  |  | уравнений |  |  |  |  |  |
|--|--|--|-----------|--|--|--|--|--|

|       |  |       |                                   |     |    |  |    |    |
|-------|--|-------|-----------------------------------|-----|----|--|----|----|
| 6     |  | 11-12 | Численные методы оптимизации      | 16  | 8  |  | 8  |    |
|       |  |       | Основы линейного программирования | 72  |    |  |    | 72 |
| Всего |  |       |                                   | 144 | 36 |  | 36 | 72 |

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

| № темы | Всего часов | № лекции | Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции   |
|--------|-------------|----------|--|
| 1      | 2           | 3        |  |
| 1      | 2           | 1        | <b>Введение</b> в численные методы. Задачи дисциплины. Краткий исторический обзор. <b>Классификация погрешностей вычислений.</b>   |
| 2      | 4           | 2        | <b>Понятие линейного нормированного пространства</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• основные определения примеры линейных нормированных пространств</li> <li>• сходимость последовательностей в линейных нормированных пространствах</li> </ul>   |
| 3      | 2           | 3-4      | <b>Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Гаусса</li> <li>• Гаусса-Жордана</li> <li>• прогонки</li> <li>• простых итераций</li> <li>• Зейделя</li> </ul>  |
| 4      | 2           | 5-6      | <b>Решение нелинейных уравнений и систем</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• отделение корней</li> <li>• метод деления отрезка пополам</li> <li>• метод простой итерации</li> <li>• метод Ньютона (метод касательных)</li> <li>• метод итераций для системы двух нелинейных уравнений</li> </ul>   |
| 5      | 2           | 7        | <b>Среднеквадратичное приближение функций</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• интегральное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами</li> <li>• среднеквадратичное приближение функций тригонометрическими многочленами</li> <li>• среднеквадратичное приближение функций алгебраическими многочленами Лежандра</li> <li>• точечное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами ортогональные многочлены Чебышева</li> </ul> |
| 6      | 4           | 8        | <b>Эмпирические формулы</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• метод средних</li> </ul>   |

- метод наименьших квадратов

|    |   |       |   |
|----|---|-------|---|
|    |   |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• выравнивание экспериментальных данных</li> </ul>   |
| 7  | 2 | 9     | <p><b>Интерполирование функций</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• интерполяционная формула Лагранжа</li> <li>• интерполяционная формула Ньютона</li> <li>• интерполирование функций кубическими сплайнами</li> </ul>  |
| 8  | 4 | 10-11 | <p><b>Численное дифференцирование</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вычисление производной по ее определению</li> <li>• конечно-разностные аппроксимации производных</li> <li>• использование интерполяционных многочленов Лагранжа для формул численного дифференцирования</li> </ul>   |
| 9  | 2 | 12-13 | <p><b>Численное интегрирование</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• квадратурные формулы прямоугольников, трапеций и Симпсона</li> <li>• квадратурные формулы Гаусса</li> <li>• приближенное вычисление несобственных интегралов с бесконечными пределами</li> <li>• приближенное вычисление несобственных интегралов от функций с бесконечным разрывом</li> </ul>                                |
| 10 | 4 | 14-15 | <p><b>Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понятие численного решения задачи Коши</li> <li>• метод Эйлера</li> <li>• методы Эйлера-Коши и Рунге-Кутта</li> <li>• численное решение систем дифференциальных уравнений первого порядка</li> <li>• численное решение дифференциальных уравнений и систем высших порядков</li> </ul> |
| 11 | 2 | 16    | <p><b>Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной</b></p> <p>основные понятия оптимизации</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• схема сужения промежутка унимодальности функции</li> <li>• метод Ньютона</li> <li>• метод половинного деления</li> <li>• метод золотого сечения</li> <li>• метод Фибоначчи</li> <li>• метод сканирования</li> </ul>                              |
| 12 | 2 | 17    | <p><b>Численные методы поиска минимума функции нескольких переменных</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные понятия и определения</li> <li>• общая схема методов спуска</li> <li>• метод покоординатного спуска</li> <li>• метод скорейшего спуска</li> <li>• применение методов спуска к решению систем нелинейных уравнений</li> </ul>   |

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Занятия проводятся с использованием пакетов прикладных программ MATLAB и MATHCAD.

| № тем<br>ы | Всего<br>часов | №<br>занят<br>ия | Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые<br>на практическом занятии   |
|------------|----------------|------------------|--|
| 1          | 2              | 3                |  |
| 1          | 2              | 1-3              | Изучение численных методы решения систем линейных алгебраических уравнений: Гаусса; Гаусса-Жордана; прогонки; простых итераций; Зейделя.   |
| 1          | 4              | 4                | Решение нелинейных уравнений и систем следующими методами: отделение корней; деления отрезка пополам; простой итерации ; Ньютона (метод касательных); итераций для системы двух нелинейных уравнений.  |
| 2          | 4              | 5                | Среднеквадратичное приближение функций: интегральное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами; среднеквадратичное приближение функций тригонометрическими многочленами; среднеквадратичное приближение функций алгебраическими многочленами Лежандра; точечное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами ортогональные многочлены Чебышева. |
| 3          | 2              | 6                | Изучение эмпирических формул: метод средних; метод наименьших квадратов; выравнивание экспериментальных данных.  |
| 4          | 4              | 7                | Интерполирование функций: интерполяционная формула Лагранжа; интерполяционная формула Ньютона; интерполирование функций кубическими сплайнами.   |
| 5          | 4              | 8                | Численное дифференцирование: вычисление производной по ее определению; конечно-разностные аппроксимации производных; использование интерполяционных многочленов Лагранжа для формул численного дифференцирования.  |
| 6          | 4              | 9                | Численное интегрирование: квадратурные формулы прямоугольников, трапеций и Симпсона; квадратурные формулы Гаусса; приближенное вычисление несобственных интегралов с бесконечными пределами; приближенное вычисление несобственных интегралов от функций с бесконечным разрывом  |
| 7          | 4              | 10               | Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений; Эйлера; Эйлера-Коши и Рунге-Кутта; систем дифференциальных уравнений первого   |

|   |   |    |   |
|---|---|----|---|
|   |   |    | порядка; дифференциальных уравнений и систем высших порядков.   |
| 8 | 4 | 11 | Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной: схема сужения промежутка унимодальности функции; метод Ньютона; метод половинного деления; метод золотого сечения; метод Фибоначчи; метод сканирования.                          |
| 9 | 4 | 12 | Численные методы поиска минимума функции нескольких переменных: основные понятия и определения; общая схема методов спуска; метод покоординатного спуска; метод скорейшего спуска; применение методов спуска к решению систем нелинейных уравнений. |

### 1. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 8. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

| № темы | Всего Часов | Вопросы для самостоятельного изучения (задания)                | Литература |
|--------|-------------|--|------------|
| 1      | 2           | 3  | 4          |
| 1      | 24          | Решение задач линейного программирования: геометрический метод |            |
| 2      | 24          | Решение задач линейного программирования: симплекс-метод       |            |
| 3      | 24          | Решение задач линейного программирования: транспортная задача  |            |

### 9. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Не предусмотрена учебным планом

### 10. КУРСОВАЯ РАБОТА

Не предусмотрена учебным планом

### 11. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Не предусмотрен учебным планом

### 12. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА

Не предусмотрен учебным планом

### 13. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА

1. Классификация погрешностей вычислений.
2. Понятие линейного нормированного пространства основные определения

- примеры линейных нормированных пространств сходимость последовательностей в линейных нормированных пространствах.
3. Метод Гаусса для методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
  4. Метод Гаусса-Жордана для методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
  5. Метод прогонки для методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
  6. Метод простых итераций для методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
  7. Метод Зейделя для методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
  8. Решение нелинейных уравнений и систем методом отделение корней.
  9. Решение нелинейных уравнений и систем методом деления отрезка пополам.
  10. Решение нелинейных уравнений и систем методом простой итерации .
  11. Решение нелинейных уравнений и систем методом Ньютона (касательных).
  12. Решение нелинейных уравнений и систем методом итераций для системы двух нелинейных уравнений.
  13. Интегральное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами.
  14. Среднеквадратичное приближение функций тригонометрическими многочленами.
  15. Среднеквадратичное приближение функций алгебраическими многочленами Лежандра.
  16. Точечное среднеквадратичное приближение функций ортогональными многочленами ортогональные многочлены Чебышева.
  17. Эмпирические формулы: метод средних
  18. Эмпирические формулы: метод наименьших квадратов
  19. Эмпирические формулы: выравнивание экспериментальных данных.
  20. Интерполяционная формула Лагранжа.
  21. Интерполяционная формула Ньютона.
  22. Интерполирование функций кубическими сплайнами.
  23. Численное дифференцирование: вычисление производной по ее определению.
  24. Численное дифференцирование: конечно-разностные аппроксимации производных.
  25. Численное дифференцирование: использование интерполяционных многочленов Лагранжа для формул численного дифференцирования.
  26. Численное интегрирование: квадратурные формулы прямоугольников.
  27. Численное интегрирование: трапеций и Симпсона.
  28. Численное интегрирование: квадратурные формулы Гаусса.
  29. Численное интегрирование: приближенное вычисление несобственных интегралов с бесконечными пределами.
  30. Численное интегрирование: приближенное вычисление несобственных интегралов от функций с бесконечным разрывом.
  31. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений:



- метод Эйлера.
32. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: методы Эйлера-Коши и Рунге-Кутты
  33. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: численное решение систем дифференциальных уравнений первого порядка.
  34. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: численное решение дифференциальных уравнений и систем высших порядков.
  35. Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной: схема сужения промежутка унимодальности функции.
  36. Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной: метод Ньютона.
  37. Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной : метод половинного деления.
  38. Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной : метод золотого сечения.
  39. Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной : метод Фибоначчи.
  40. Численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной : метод сканирования.
  41. Численные методы поиска минимума функции нескольких переменных: общая схема методов спуска.
  42. Численные методы поиска минимума функции нескольких переменных: метод покоординатного спуска.
  43. Численные методы поиска минимума функции нескольких переменных: метод скорейшего спуска.
  44. Численные методы поиска минимума функции нескольких переменных: применение методов спуска к решению систем нелинейных уравнений.
  45. Линейное программирование: геометрический метод решения задач линейного программирования.
  46. Линейное программирование: симплекс-метод решения задач линейного программирования.
  47. Линейное программирование: транспортная задача

## **14. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

## **15. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **Лекции**

Лекции читаются с использованием мультимедийных средств. Студенты могут заранее ознакомиться с материалами по теме лекции из электронных конспектов, а также презентации. Целесообразно заранее просмотреть лекцию и презентацию и попытаться ответить на вопросы для самопроверки.

### **Практические занятия**

Этот вид занятий проводится под руководством доцента кафедры, который определяет тему упражнений, задач, методы, требуемое оборудование и программное обеспечение. Студенты, при необходимости, делятся на команды по 3 - 5 человек. Зачет по лабораторным занятиям получается, если студент посещал все занятия и выполнил поставленную перед ним задачу.

### **Особенности графика занятий**

Лекции должны предшествовать лабораторным и практическим работам.

### **Формы сотрудничества между студентами и преподавателями в дисциплине**

Варианты: консультации в установленные часы, а также по электронной почте.

## **16. СПИСОК ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### *Основная литература*

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. - М.. Физматлит, 2009.
2. Волков Е.А. Численные методы.-М.: Наука, 2008.
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. - М.: Наука, 2009.
4. Плис А.И., Сливина Н.А. МATHCAD математический практикум для экономистов и инженеров. -М Финансы и Статистика, 2010
5. Ракитин В.И., Тимохина А.О., Угрозов В.В. Численные методы - М Издательский комплекс МГУПП, 2012

### *Дополнительная литература*

1. Реклайтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике Кн 1 - М Мир, 1986
2. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации - М Наука, 1986
3. Турчак Л.И. Основы численных методов - М Наука, 1987

### *Журналы:*

- “Теория и системы управления”;
- “Автоматика и телемеханика”;
- “Вестник МГТУ - Машиностроение, Приборостроение”; Реф. Журнал “Промышленные роботы”; Реф. Журнал “Системы управления”;
- “Приводная техника”;
- “Автоматизация и управление в машиностроении”;
- “Mechatronics”;
- “Trans ASME/IEEE on Mechatronics”;

“Trans IEEE on Robotics and Automation”.

*Электронные издания университетов:*

<http://www.library.bmsty.ru> (МГТУ им.Н.Э. Баумана)

<http://bigor.bmsty.ru> (МГТУ им.Н.Э. Баумана)

<http://www.engineer.bmsty.ru> (МГТУ им.Н.Э. Баумана)

<http://www.mit.edu> Massachusetts institute of technology (Массачусетский технологический институт);

<http://www.stanford.edu> Stanford university (Стэнфордский университет);

<http://www.cam.ac.uk> university of Cambridge (Кэмбриджский университет).

## **17. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебные лаборатории кафедры, лекционная аудитория этой кафедры для мультимедийного обучения, компьютерные классы кафедры, предустановленные лицензионные пакеты программ для инженерных расчетов MATHCAD и MATLAB.

МАТЕРИАЛЫ ИОС

<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.03.04/%D0%91.1.2.18/default.aspx>

## **18. АКАДЕМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**

### **19. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **Формы оценки**

Оценка знаний, навыков и освоенных компетенций студентов проводится на следующих этапах обучения:

- практические работы (представить результаты выполнения практических работ);
- СРС (оценивается активность и правильность ответов);
- письменный экзамен в форме открытого теста, который включает ответы на вопросы и задания по дисциплине.

#### **Стандарты оценки**

Отлично (5) - полностью освоены дополнительные навыки, получены в требуемом объеме компетенции, правильное понимание материала, навыки решения задач и обоснование решений.

Хорошо (4) - очень хорошо освоены и дополнительных знаний, глубокое и правильное понимание материала навыков применять знания при решении практических задач проектирования.

Удовлетворительно (3) - приобретены базовые знания и решения для простых задач.

#### **Формирование окончательной оценки**

Итоговая оценка = (0,6 Оценка экзамена) + (0,4 Оценка практических работ)