

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль                                  |
|------------|---|
| 1149859    | Высшая математика в системах управления |

Екатеринбург

| <b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>                      | <b>Учетные данные</b>                                     |
|--|---|
| <b>Образовательная программа</b><br>1. Управление в технических системах | <b>Код ОП</b><br>1. 27.03.04/33.01                        |
| <b>Направление подготовки</b><br>1. Управление в технических системах    | <b>Код направления и уровня подготовки</b><br>1. 27.03.04 |

Программа модуля составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>        | <b>Ученая степень, ученое звание</b>   | <b>Должность</b>      | <b>Подразделение</b>                               |
|--------------|------------------------------------|--|-----------------------|--|
| 1            | Стараданов Александр Владиславович | без ученой степени, без ученого звания | Старший преподаватель | Департамент информационных технологий и автоматике |
| 2            | Цветков Александр Владимирович     | кандидат технических наук, доцент      | Профессор             | Школа бакалавриата                                 |

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Высшая математика в системах управления

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Содержание модуля позволяет изучить основы теории сигналов и процессов применительно к системам автоматического управления. Обучающиеся получают комплексное представление: о математических методах описания и представления сигналов; о различных типах сигналов и процессов; о спектральном представлении сигналов в различных базисах; о дискретном преобразовании Фурье; о преобразовании сигналов в звеньях систем автоматического управления. В модуль входит дисциплина «Высшая математика в системах управления».

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п            | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|--|---|
| 1                | Высшая математика в системах управления                    | 3   |
| ИТОГО по модулю: |  | 3   |

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

|   |  |
|---|--|
| <b>Пререквизиты модуля</b>                | 1. Высшая математика<br>2. Высшая математика для профессиональной деятельности |
| <b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b> | 1. Теория автоматического управления<br>2. Теория автоматического управления   |

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля               | Код и наименование компетенции   | Планируемые результаты обучения (индикаторы)  |
|---|--|---|
| 1                                       | 2  | 3   |
| Высшая математика в системах управления | ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя | З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности<br>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>методы моделирования и математического анализа.</p> | <p>анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования</p> |
|--|--|--|

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Высшая математика в системах управления**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>          | <b>Ученая степень, ученое звание</b>         | <b>Должность</b>         | <b>Подразделение</b>  |
|--------------|--------------------------------------|--|--------------------------|---|
| 1            | Старданов Александр<br>Владиславович | без ученой<br>степени, без<br>ученого звания | Старший<br>преподаватель | Департамент<br>информационных<br>технологий и<br>автоматики |
| 2            | Цветков Александр<br>Владимирович    | кандидат<br>технических наук,<br>доцент      | Профессор                | Школа<br>бакалавриата                                       |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Стараданов Александр Владиславович, Старший преподаватель, Департамент информационных технологий и автоматики**
- **Цветков Александр Владимирович, Профессор, Школа бакалавриата**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*   | Содержание   |
|-------------------|--|--|
| Р.1               | Основы тригонометрии, гармонические величины и векторные диаграммы     | Тригонометрия. Радианная мера угла. Формулы тригонометрии, часто применяемые в интегральном исчислении и в курсе теории цепей. Тригонометрическая окружность и векторная диаграмма. Представление гармонических величин с помощью вращающихся векторных диаграмм. Сложение гармонических величин (колебаний) одинаковой частоты с помощью: графиков; метода вспомогательного аргумента; вращающихся векторных диаграмм.  |
| Р.2               | Основы комплексных чисел, гармонические величины и векторные диаграммы | Арифметика комплексных чисел, алгебраическая и тригонометрическая форма комплексного числа. Первое знакомство с формулой Эйлера - символическая запись комплексного числа в виде комплексной экспоненты. Алгебраическая форма удобна для сложения и вычитания, а тригонометрическая и экспоненциальная для умножения и деления. Геометрическая интерпретация умножения и деления комплексных чисел. Оператор поворота. Комплексное число и векторная диаграмма. Представление гармонических величин с помощью комплексных величин. Комплексная амплитуда. Средства работы с комплексными числами в пакете MATLAB – арифметика, переход из одной формы в другую, построение графиков. |

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| <p><b>Р.3</b></p> | <p>Элементы теории функции комплексного переменного (ТФКП). Вывод формулы Эйлера.</p> | <p>Нестрогий вывод формулы Эйлера, исходя из разложения в ряд Тейлора косинуса, синуса и экспоненты (по образцу Эйлера). Производная комплекснозначной функции комплексного переменного. Аналитические функции, условия Коши-Римана (Даламбера-Эйлера). Три основных способа считать производные в ТФКП. Проверка в MATLAB-e того, что производная от аналитической функции не зависит от направления в плоскости <math>Z</math>, а «производная» от неаналитической функции, вообще говоря, зависит. Интеграл от комплекснозначной функции комплексного переменного. Пример расчета интеграла из таблицы преобразования Лапласа. Пример численного расчета интеграла в пакете MATLAB. Проверка в MATLAB-e на основе примера того факта, что интеграл от аналитической функции не зависит от пути интегрирования, а интеграл от неаналитической функции, вообще говоря, зависит от пути интегрирования. Проверка в MATLAB-e того, что интеграл от аналитической функции по замкнутому контуру равен нулю (теорема Коши), а интеграл от неаналитической функции по замкнутому контуру, вообще говоря, не равен нулю. Интегральная формула Коши и подтверждение ее с помощью MATLABa для частных примеров. Формула Тейлора для комплекснозначной функции комплексного переменного. Теоретическое значение формулы Тейлора в ТФКП большое, а практическое – малое. Вычеты. Откуда появилось это название и зачем они нужны. Другие вычеты из теории чисел. Пять способов считать комплексные интегралы. Чем замечательны аналитические функции. Понятие аналитического продолжения. Синонимы для слова «аналитическая». В каких науках популярна теория функции комплексного переменного: в физике, электротехнике, радиотехнике, аэрогидродинамике, в самой математике, в частности в теории чисел, проникшей в криптографию.</p> |
| <p><b>Р.4</b></p> | <p>Решение дифференциальных уравнений</p>   | <p>Решение дифференциальных уравнений классическими методами: метод разделения переменных, метод Лагранжа (Бернулли); решение с использованием характеристического уравнения и подбора частного решения с помощью справочника, или с помощью физической (технической) интуиции; метод вариации произвольной постоянной. Решение дифференциальных уравнений неклассическими методами: методом комплексных амплитуд (для установившегося процесса); методом преобразования Лапласа (операционный метод). Сведение линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами порядка, выше первого, к системе дифференциальных уравнений, записанных в нормальной форме Коши (к нормальной системе). Решение системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в матричном виде. Средства решения дифференциальных уравнений в MATLAB.</p>   |
| <p><b>Р.6</b></p> | <p>Типовые звенья.<br/>Порядок звена. Звенья первого и второго порядка.</p>           | <p>Механизмы и устройства, которые можно описать, как звенья первого порядка - движение лодки (самолета) в среде, нагрев балки, RC-цепочка, RL-цепочка. Механизмы и устройства, которые можно описать, как звенья второго порядка – колебания грузика на пружине в вязкой среде, колебательный контур. Некоторые типовые звенья:</p>  |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
|             |  | <p>апериодическое звено, колебательное звено, консервативное звено.</p>   |
| <b>P.7</b>  | <p>Звенья первого порядка и простейшие возмущения: единичное импульсное воздействие (дельта-функция), единичное ступенчатое воздействие (функция Хевисайда).</p> | <p>Простейшие воздействия (возмущения): единичное импульсное воздействие (дельта-функция), единичное ступенчатое воздействие (функция Хевисайда). Переходная и весовая функция, как реакции на единичную и, соответственно, дельта-функцию. Зачем нужна переходная и весовая функция - формула Дюамеля, позволяющая находить реакцию системы на произвольное воздействие, если известна переходная, или весовая функция. Нахождение переходной и весовой функции с помощью решения линейных дифференциальных уравнений классическим и операционным методом (методом преобразование Лапласа). Нахождение переходной и весовой функции экспериментальным путем.</p> <p>Нахождение отклика с помощью формулы Дюамеля.</p>              |
| <b>P.8</b>  | <p>Звенья первого порядка и гармоническое воздействие. Применение частотного метода.</p>   | <p>Гармоническое воздействие на систему. Частотные характеристики системы (АЧХ, ФЧХ, КЧХ), годограф. Их нахождение экспериментальным путем и с помощью классических методов решения линейных дифференциальных уравнений. Нахождение частотных характеристик с помощью метода комплексных амплитуд и первое знакомство с записью передаточной функции, появляющейся в этом процессе. Использование частотных характеристик для нахождения отклика системы на произвольное воздействие. Моделирование отклика на произвольное воздействие в пакете MATLAB с помощью инструмента Simulink и попутное ознакомление с передаточной функцией на уровне пользователя Simulink, а также с подходом к передаточной функции по Хевисайду.</p> |
| <b>P.9</b>  | <p>Передаточная функция линейной динамической системы.</p>   | <p>Буква <math>p(s)</math>, как оператор дифференцирования в устаревшем подходе Хевисайда и как комплексное число с позиций более современного подхода - преобразования Лапласа. Передаточная функция по Хевисайду. Передаточная функция по Лапласу, как отношение образа выходного сигнала по Лапласу к образу входного сигнала по Лапласу.</p> <p>Определение весовой функции на основе обратного преобразования Лапласа от передаточной функции.</p> <p>Нахождение частотных характеристик с помощью подстановки <math>p=j\cdot\omega</math> в передаточную функцию.</p>   |
| <b>P.10</b> | <p>Теория устойчивости</p>   | <p>Элементы теории устойчивости. Описание динамических систем в пространстве состояния и в частотной области.</p> <p>Соответствующие им критерии устойчивости. Фазовые портреты. Годограф. Частотные характеристики в логарифмическом масштабе. Использование MATLAB для исследования систем на устойчивость. Линеаризация систем.</p>  |



|             |                             |   |
|-------------|-----------------------------|---|
|             |                             |   |
| <b>Р.11</b> | Элементы численных методов. | Интегрирование методом прямоугольника, трапеций, Симпсона, Монте-Карло, численное решение дифференциальных уравнений методом Эйлера, методом Рунге-Кутты, численная минимизация и метод наименьших квадратов, использование инструмента пакета MATLAB - Curve Fitting   |
| <b>Р.12</b> | Разностные уравнения        | Разностные уравнения и аналогия с линейными дифференциальными уравнениями, а так же аналогия в методах решения: непрерывное уравнение – решается классической подстановкой Эйлера $e^{*at}$ или преобразованием Лапласа, а разностное – классической подстановкой $a^{*n}$ (аналог подстановки Эйлера) или Z-преобразованием. Экстраполятор нулевого и первого порядка в ТАУ. |

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности  | Компетенция  | Результаты обучения  |
|---|---------------------------------|---|--|--|
| Профессиональное воспитание             | профориентационная деятельность | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа. | Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Высшая математика в системах управления

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Теория автоматического управления. Ч.1 : учебное пособие.; Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/109846.html> (Электронное издание)
2. Ким, Д. П.; Теория автоматического управления : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69280> (Электронное издание)
3. Цветкова, О. Л.; Теория автоматического управления : учебник.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (Электронное издание)

4. Шабаршина, И. С.; Математические основы теории управления : учебник.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493310> (Электронное издание)
5. Завьялов, В. А.; Математические основы управления технологическими процессами : конспект лекций.; Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, Москва; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/38471.html> (Электронное издание)
6. Мокрова, Н. В.; Математические основы управления : учебно-методическое пособие.; МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, Москва; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/101798.html> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Попов, Е. П.; Теория линейных систем автоматического регулирования и управления : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1989 (8 экз.)
2. Бесекерский, В. А., Попов, Е. П.; Теория систем автоматического управления; Профессия, Санкт-Петербург; 2004 (132 экз.)
3. Певзнер, Л. Д., Чураков, Е. П.; Математические основы теории систем : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 550200 и 651900 "Автоматизация и упр."; Высшая школа, Москва; 2009 (6 экз.)
4. , Иванов, В. А., Медведев, В. С., Чемоданов, Б. К., Ющенко, А. С.; Математические основы теории автоматического управления : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Мехатроника", "Роботы и робототехн. системы" : в 3 т. Т. 1. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2006 (1 экз.)
5. , Иванов, В. А., Медведев, В. С., Чемоданов, Б. К., Ющенко, А. С.; Математические основы теории автоматического управления : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Мехатроника", "Роботы и робототехн. системы" : в 3 т. Т. 2. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2008 (1 экз.)
6. , Иванов, В. А., Медведев, В. С., Чемоданов, Б. К., Ющенко, А. С.; Математические основы теории автоматического управления : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Мехатроника", "Роботы и робототехн. системы" : в 3 т. Т. 3. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2009 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" Издательство "Лань"

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://lib.urfu.ru/> – Зональная научная библиотека (ЗНБ) УрФУ;

<http://study.ustu.ru> – портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ;

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование»;

<http://www.rsl.ru> – Российская Государственная Библиотека (РГБ), Москва;

<http://www.nlr.ru> – Российская национальная библиотека (РНБ), Санкт-Петербург;

<http://www.gpntb.ru/> – Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ), Москва.

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Высшая математика в системах управления

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий         | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения  |
|-------|----------------------|---|--|
| 1     | Лекции               | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная<br>Периферийное устройство<br>Подключение к сети Интернет  | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br><br>Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr<br>ALNG SubsVL MVL PerUsr<br>STUUseBnft Student EES<br><br>Mathcad University Department<br>Perpetual - 400 Locked Maintenance<br>Gold ver. 14<br><br>Maple 11<br><br>Matlab R2015a + Simulink |
| 2     | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная<br>Периферийное устройство<br>Персональные компьютеры по количеству обучающихся<br>Подключение к сети Интернет | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br><br>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG<br>SubsVL MVL PerUsr Student EES<br><br>Mathcad University Department<br>Perpetual - 400 Locked Maintenance<br>Gold ver. 14<br><br>Maple 11<br><br>Matlab R2015a + Simulink                    |