

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г.Баханович

Регистрационный № _____

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности
6-05-0612-03 Системы управления информацией**

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А.Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н.Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.М. Севернёв, доцент кафедры информационных технологий автоматизированных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации» учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 10 от 30.05.2025);

С.Ф.Кондратюк, заместитель директора по работе с вузами и развитию персонала общества с ограниченной ответственностью «Софтарекс Технолоджиес.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой информационных технологий автоматизированных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 21 от 02.06.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № ___ от _____);

Научно-методическим советом по разработке программного обеспечения и информационно-коммуникационным технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 10 от 12.06.2025).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Теория и методы автоматического управления» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 6-05-0612-03 «Системы управления информацией» в соответствии с требованиями образовательного стандарта общего высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины «Теория и методы автоматического управления» обусловлена тем, что системы автоматического управления (САУ), а также автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) играют решающую роль в повышении производительности труда и эффективности производства в целом. Теоретической базой создания САУ и АСУ ТП является теория автоматического управления (ТАУ). Теория автоматического управления при изучении процессов управления абстрагируется от физических и конструктивных особенностей систем и вместо реальных систем рассматривает их адекватные математические модели. Основные идеи данной теории оказали влияние на становление многих других дисциплин, связанных с автоматизированным и компьютерным управлением. Предметом данной учебной дисциплины является теория автоматического управления в части, необходимой для построения АСУ ТП и понимания основных идей управления социально-экономическими процессами, хотя по сложившейся традиции преподавания ТАУ основные понятия иллюстрируются примерами систем автоматического регулирования и управления техническими объектами. Знания, полученные при освоении учебной дисциплины «Теория и методы автоматического управления», позволят грамотно рассчитывать динамические и статические характеристики технических систем различной физической природы.

Воспитательное значение данной учебной дисциплины заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: приобретение теоретических знаний и практических навыков в области математических моделей, применяемых для описания и анализа функционирования систем управления.

Задачи учебной дисциплины:
 приобретение знаний в области теории автоматического управления;
 изучение методов построения математических моделей, описывающих функционирование систем управления;
 овладение методами и приобретение навыков описания линейных непрерывных систем управления, анализа их устойчивости.

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Теория и методы автоматического управления» являются «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ». Знания, полученные студентами при освоении учебной дисциплины «Теория и методы автоматического управления», применяются при изучении таких учебных дисциплин, как «Проектирование автоматизированных систем» (учебная дисциплина компонента учреждения образования), «Моделирование систем», в дипломном проектировании.

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Теория и методы автоматического управления» формируется следующая базовая профессиональная компетенция: рассчитывать динамические и статические характеристики технических систем различной физической природы.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:
 основные положения теории автоматического управления;
 понятие и критерии устойчивости систем управления;
 показатели качества систем управления;
 принципы и методы построения математических моделей, описывающих функционирование систем управления;

уметь:
 разрабатывать математические модели систем управления;
 выполнять анализ устойчивости систем управления;
 рассчитывать показатели качества систем управления;

иметь навык:
 анализа систем управления различных классов на основе их математических моделей.

Примерная учебная программа рассчитана на 120 учебных часов, из них – 64 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 32 часа, практические занятия – 32 часа.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Практические занятия
Раздел 1. Основные понятия и определения	2	2	–
Тема 1. Основные понятия управления. Классификация САУ	2	2	–
Раздел 2. Линейные системы управления	20	10	10
Тема 2. Линеаризация уравнений и систем. Преобразование Лапласа и его основные свойства. Определение передаточной функции системы	4	2	2
Тема 3. Структурная схема системы. Преобразование структурных схем	4	2	2
Тема 4. Передаточные функции по управлению, по возмущению и по ошибке	2	2	–
Тема 5. Статические и астатические системы. Временные и частотные характеристики систем	8	2	6
Тема 6. Типовые звенья и их характеристики. Правила построения асимптотических ЛАХ	2	2	–
Раздел 3. Устойчивость линейных систем	18	8	10
Тема 7. Понятие устойчивости. Принцип аргумента	2	2	–
Тема 8. Частотные критерии Найквиста и Михайлова	4	2	2
Тема 9. Построение областей устойчивости	4	2	2
Тема 10. Анализ устойчивости по логарифмическим характеристикам. Запасы устойчивости. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица	8	2	6
Раздел 4. Показатели качества систем управления	8	4	4
Тема 11. Коэффициенты ошибок. Прямые показатели качества переходного процесса	4	2	2
Тема 12. Частотные, корневые и интегральные оценки качества	4	2	2
Раздел 5. Анализ дискретных систем	10	4	6
Тема 13. Уравнения в конечных разностях. Z-передаточные функции	4	2	2
Тема 14. Переходные функции. Устойчивость дискретных систем	6	2	4

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Практические занятия
Раздел 6. Нелинейные системы управления	6	4	2
Тема 15. Метод фазовой плоскости	2	2	–
Тема 16. Метод гармонической линеаризации	4	2	2
Итого:	64	32	32

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УПРАВЛЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ САУ

Основные понятия: процесс управления, устройство управления, объект управления, система управления, система автоматического управления. Принципы управления, разомкнутые и замкнутые системы: принцип разомкнутого управления, принцип компенсации, принцип обратной связи, системы с комбинированным управлением, структура замкнутой системы управления. Виды автоматического управления: стабилизация, программное управление, следящие системы, экстремальные системы, оптимальное управление, адаптивные системы. Основные проблемы ТАУ.

Основные классификационные признаки САУ. Классификация САУ по целевому назначению, в зависимости от принципа регулирования, по характеру информации об управляемом процессе или системе, по характеру передачи сигналов, по способу управления, по характеру зависимости выходных координат от входных, по характеру процессов управления, по виду уравнений динамики процессов управления, по количеству управляемых координат.

Раздел 2. ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Тема 2. ЛИНЕАРИЗАЦИЯ УРАВНЕНИЙ И СИСТЕМ. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЛАПЛАСА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

Уравнения линейных непрерывных систем: условие физической реализуемости, обобщённые функции, принцип суперпозиции, уравнения статики. Линеаризация: разложение в ряд Тейлора в окрестности точки равновесия, уравнение в отклонениях, основные условия возможности выполнения линеаризации.

Две разновидности преобразования Лапласа. Регулярные и сингулярные составляющие обобщённой функции. Основные свойства (теоремы) преобразования Лапласа. Некоторые соответствия между оригиналами и их изображениями по Лапласу.

Получение передаточной функции (п.ф.) системы из дифференциального уравнения системы. П.ф. системы по управляющему воздействию, п.ф. по возмущающему воздействию. Пример получения дифференциального уравнения системы по её заданной передаточной функции.

Тема 3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ

Понятие структурной схемы системы. Динамическое, суммирующее и сравнивающее звенья. Основные типы соединений звеньев. Общие п.ф. звеньев для различных типов их соединений. Упрощение структурных схем с помощью правил переноса звеньев, узлов, сумматоров и воздействий для упрощения нахождения передаточных функций сложных систем.

Тема 4. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ПО УПРАВЛЕНИЮ, ПО ВОЗМУЩЕНИЮ И ПО ОШИБКЕ

П.ф. по управлению, по возмущению и по ошибке для замкнутой САУ с неединичной ОС с двумя воздействиями и для стандартной структуры САУ. Главная п.ф. Различия в динамических свойствах процессов в замкнутой и разомкнутой системах, состоящих из одинаковых звеньев.

Тема 5. СТАТИЧЕСКИЕ И АСТАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ВРЕМЕННЫЕ И ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ

Определение астатической системы. Суждение об астатизме системы по виду её п.ф. по ошибке и по виду п.ф. разомкнутой системы. Порядок астатизма.

Типовые воздействия. Единичная переходная и импульсная переходная (или весовая) функции, связь между ними. Нахождение реакции системы на произвольное входное воздействие при известной импульсной переходной функции с помощью интеграла свёртки. Порядок получения переходного процесса системы при произвольном воздействии в случае, когда задана либо п.ф. системы, либо её дифференциальное уравнение.

Частотная характеристика (комплексная п.ф. или комплексный коэффициент передачи) системы. Вещественная частотная (ВЧХ), мнимая частотная (МЧХ), амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики. Амплитудно-фазовая (частотная) (АФХ, АФЧХ) характеристика системы как графическое представление частотной характеристики. Получение частотной характеристики системы из её п.ф. Годографы Найквиста и диаграммы Бодé. Логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ): логарифмические амплитудные (ЛАЧХ или ЛАХ) и логарифмические фазовые (ЛФЧХ или ЛФХ) характеристики. Удобство использования логарифмических характеристик.

Тема 6. ТИПОВЫЕ ЗВЕНЬЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ АСИМПТОТИЧЕСКИХ ЛАХ

Общие замечания. Типовые звенья (усилительное, идеальное интегрирующее, апериодическое, колебательное, идеальное дифференцирующее, дифференцирующее первого порядка, дифференцирующее второго порядка). Неминимально-фазовые звенья, признаки этих звеньев; звено чистого запаздывания; инверторное звено.

Представление п.ф. в виде произведения п.ф. типовых звеньев, ранжирование постоянных времени звеньев в порядке убывания, определение сопрягающих частот, определение наклона и построение низкочастотной асимптоты, последовательное сложение с асимптотами остальных звеньев, введение поправок.

Раздел 3. УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Тема 7. ПОНЯТИЕ УСТОЙЧИВОСТИ. ПРИНЦИП АРГУМЕНТА

Понятие устойчивости для положения равновесия системы и движения системы. Суждение об устойчивости САУ по характеру переходного (динамического) процесса, условие асимптотической устойчивости. Левые и правые корни характеристического уравнения системы, аperiodическая и колебательная границы устойчивости. Теоремы Ляпунова. Необходимое условие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.

Вывод принципа аргумента для бесконечного и положительного диапазонов частот для случаев присутствия/отсутствия правых корней характеристического уравнения системы.

Тема 8. ЧАСТОТНЫЕ КРИТЕРИИ НАЙКВИСТА И МИХАЙЛОВА

Достоинства критерия Найквиста. Формулировка критерия Найквиста для частных случаев (система в разомкнутом состоянии устойчива; система в разомкнутом состоянии неустойчива; система в разомкнутом состоянии находится на границе устойчивости) и общая формулировка критерия Найквиста. АФХ 1-го и 2-го родов. Абсолютная и относительная устойчивость, критический коэффициент усиления. Критерий Михайлова. Следствие из критерия устойчивости Михайлова.

Тема 9. ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Гипербола Вышнеградского. Нахождение уравнений границ областей устойчивости. Пример построения области устойчивости для замкнутой системы по одному параметру и в плоскости двух параметров.

Тема 10. АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЛОГАРИФМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ. ЗАПАСЫ УСТОЙЧИВОСТИ. АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ РАУСА-ГУРВИЦА

Положительные и отрицательные переходы. Формулировка критерия устойчивости Найквиста применительно к ЛЧХ разомкнутой системы. Примеры.

Определение запасов устойчивости по амплитуде (модулю) и по фазе с помощью АФХ и с помощью ЛЧХ.

Общие замечания. Критерий Рауса, пример. Критерий Гурвица (Рауса-Гурвица). Определение границ устойчивости системы. Критерий устойчивости Льенара-Шипара, пример.

Раздел 4. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Тема 11. КОЭФФИЦИЕНТЫ ОШИБОК. ПРЯМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА

Понятие точности. Постоянные ошибки. Установившиеся ошибки при произвольном входном сигнале, коэффициенты ошибок, коэффициент

статической ошибки, добротность по скорости, добротность по ускорению. Установившиеся ошибки при гармоническом воздействии.

Качество процесса управления: точность системы в установившемся состоянии, качество переходного процесса. Прямые и косвенные методы анализа качества управления. Прямые оценки качества управления по кривой переходной характеристики системы. Монотонные, апериодические и колебательные процессы.

Тема 12. ЧАСТОТНЫЕ, КОРНЕВЫЕ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Частотные оценки качества, связь частотных и временных характеристик системы, частотный способ определения весовой функции замкнутой системы, оценки качества переходного процесса по виду ВЧХ и АЧХ замкнутой системы. Корневые оценки качества, апериодическая и колебательная степени устойчивости, колебательность, затухание за период. Интегральные показатели качества для монотонных и колебательных переходных процессов.

Раздел 5. АНАЛИЗ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Тема 13. УРАВНЕНИЯ В КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЯХ. Z-ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ

Линейное разностное уравнение n -го порядка (уравнение в конечных разностях); нисходящая и восходящая конечные разности дискретного процесса; операторы запаздывания и опережения и соответствующие операторные формы записи разностного уравнения. Примеры описания систем разностными уравнениями.

Z -преобразование и его свойства (теоремы о сдвиге, о конечной разности, о начальном и конечном значениях функции, о свёртке). Примеры нахождения z -преобразований от конкретных функций. Две формы z -передаточных функций.

Тема 14. ПЕРЕХОДНЫЕ ФУНКЦИИ. УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Импульсная и единичная переходные функции (дискретной) системы; связь между этими функциями. Вычисление значений дискретного процесса по его z -преобразованию на конкретных примерах.

Условие устойчивости дискретной системы; w -преобразование; аналог критерия Рауса-Гурвица; аналог критерия Михайлова.

Раздел 6. НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Тема 15. МЕТОД ФАЗОВОЙ ПЛОСКОСТИ

Особенности анализа нелинейных систем на устойчивость: устойчивость в малом, в большом и в целом. Понятие фазового пространства и фазовой плоскости, фазовый портрет системы, типы особых точек (центр, устойчивый

фокус, неустойчивый фокус, устойчивый узел, неустойчивый узел, седло), особые траектории (особые точки, сепаратрисы, предельные циклы).

Тема 16. МЕТОД ГАРМОНИЧЕСКОЙ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

Сущность метода гармонической линеаризации. Определение существования, параметров и устойчивости автоколебаний: основной способ определения периодических решений, метод Л.С. Гольдфарба, метод Е.П. Попова, пример исследования нелинейной системы данным методом.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**ЛИТЕРАТУРА****ОСНОВНАЯ**

1. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов – 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Профессия, 2004. – 752 с.
2. Деменков, Н. П. Управление в технических системах : учебник / Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 452 с.
3. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 224 с.
4. Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы : учебное пособие / И. В. Мирошник. – Санкт-Петербург : Питер, 2005. – 336 с.
5. Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы : учебное пособие / И. В. Мирошник. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 272 с.
6. Савин, М. М. Теория автоматического управления : учебное пособие / М. М. Савин, В. С. Елсуков, О. Н. Пятина : под ред. В. И. Лачина. – Ростов на Дону : Феникс, 2007. – 469 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Анхимюк, В. Л. Теория автоматического управления / В. Л. Анхимюк, О. Ф. Опейко, Н. Н. Михеев. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 351 с.
8. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум / Д. П. Ким. – Москва : Юрайт, 2016. – 276 с.
9. Методы классической и современной теории автоматического управления : учебник : в 5 т. Т.1 : Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 656 с.
10. Методы классической и современной теории автоматического управления : учебник : в 5 т. Т.5 : Методы современной теории автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 784 с.
11. Лурье, Б. Я. Классические методы автоматического управления / Б. Я. Лурье, П. Дж. Энрайт; под ред. А. А. Ланнэ. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2004. – 640 с.
12. Певзнер, Л. Д. Практикум по теории автоматического управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. – Москва : Высшая школа, 2006. – 590 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- текущие консультации;
- решение задач на практических занятиях;
- изучение рекомендованных глав и разделов основной и дополнительной литературы;
- поиск и анализ информации, представленной в сети Интернет, о практическом применении знаний о системах автоматического управления;
- предварительная теоретическая подготовка к лекциям и практическим занятиям.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 6-05-0612-03 «Системы управления информацией» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Теория и методы автоматического управления» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений обучающихся производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций могут использоваться следующие формы:

- собеседования;
- тестовые задания;
- контрольные опросы;
- отчёты по результатам практических занятий с их устной защитой.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Линеаризация уравнений.
2. Преобразование структурных схем.
3. Временные характеристики линейных систем.
4. Частотные характеристики систем.
5. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица.

6. Анализ замкнутых САУ с использованием ППП Control System Toolbox.
7. Определение астатизма систем.
8. Определение коэффициентов ошибок по задающему воздействию.
9. Построение областей устойчивости.
10. Частотные критерии устойчивости Найквиста и Михайлова.
11. Критерий Найквиста в применении к ЛЧХ.
12. Корневые оценки качества.
13. Z-передаточные функции.
14. Вычисление значений дискретного процесса по его z-преобразованию.
15. Анализ устойчивости дискретных систем.
16. Метод гармонической линеаризации.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ
(необходимого оборудования, наглядных пособий и т. п.)

1. Класс современных персональных ЭВМ с ОС Windows 7 и выше.
2. Пакет Matlab (v.5 и выше).