

УТВЕРЖДАЮ

Директор института ИНК

 В.Н. Бориков

« 22 » 06 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»
НА 2015/16 УЧЕБНЫЙ ГОД**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП

11.03.04 – Электроника и наноэлектроника

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) – бакалавр

Базовый учебный план приема 2012 г.

Курс 4, семестр 7

Количество кредитов – 4

Код дисциплины Б3.В6

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	24
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	24
Аудиторные занятия, ч	64
Самостоятельная работа, ч	64
ИТОГО, ч	128

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Обеспечивающее подразделение – кафедра ПМЭ ИНК

Заведующий кафедрой ПМЭ ИНК,

доцент, к.ф.-м.н.

Руководитель ООП,

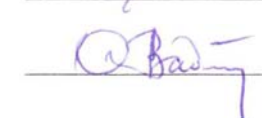
доцент каф. ИИТ ИНК, к.т.н.

Преподаватель,

доцент каф. ПМЭ ИНК, к.т.н.

 Ф.А. Губарев

 В.В. Гребенников

 О.С. Вадутов

2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В современной технике автоматические системы получили исключительно широкое распространение. Невозможно представить современное устройство промышленной электроники, в котором бы не использовалось автоматическое управляющее устройство. По существу, без знания основ теории и практики автоматического управления, сегодня нельзя приступить к проектированию источников питания различного назначения, которые удовлетворяли бы всему спектру требований на современном этапе развития науки и техники.

Целью освоения дисциплины является:

в области обучения – формирование знаний, умений, навыков и компетенций по основам теории автоматического управления и методам анализа систем автоматического управления с помощью современных систем программирования и моделирования. Особое внимание уделяется формированию у студентов основополагающих понятий, как точность управления, устойчивость систем и качество переходных процессов;

в области воспитания – формирование убеждения о возрастающей роли математических методов в будущей профессиональной деятельности и, в частности, при подготовке магистерских диссертаций;

в области развития – использование современных систем программирования и моделирования (MATLAB и MathCAD), необходимых для будущей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к вариативной части профессионального цикла.

Согласно учебному плану данной дисциплине предшествует изучение дисциплин: Б2.Б3 «Математика», Б2.В3 «Математические основы обработки сигналов», Б3.Б7 «Схемотехника», Б3.Б13 «Микроэлектроника». Для достижения поставленной цели освоения дисциплины «Теория автоматического управления» необходимы знания, умения, опыт и компетенции по основным модулям указанных выше дисциплин, в частности:

должны знать:

основные понятия и методы математического анализа;
преобразования Фурье и Лапласа, Z -преобразование;
основы теории электрических цепей;
технологии работы на персональных компьютерах;

должны уметь:

составлять математические модели электрических цепей;
выполнить математические расчеты на компьютере с использованием системы MatchCAD.

Содержание разделов дисциплины согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (коррективитами): Б2.В2 «Методы анализа и расчета электронных схем», Б3.В4 «Основы преобразовательной техники», Б3.В5 «Основы микропроцессорной техники».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

общекультурные:

способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

общепрофессиональные:

способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);

способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9);

профессиональные:

способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5).

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих результатов обучения, в том числе в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

*Составляющие результатов обучения,
которые будут получены при изучении данной дисциплины*

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р2 ОК-7, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-9, ПК-1, ПК-5	32.1	основные этапы системного анализа; системные аспекты управления; функциональные характеристики сложных систем;	У2.1	использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач;	В2.1	применения принципов и методов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации систем
Р3 ОК-7, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-9, ПК-1, ПК-5	33.2	типовые алгоритмы обработки данных;	У3.1	использовать инструментальные программные средства в процессе разработки и эксплуатации электронной техники;	В3.1	работы с современными аппаратными и программными средствами проектирования электронных систем

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты (см. табл. 2).

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Выполнить анализ системы управления с применением современных средств программирования и моделирования.
РД2	Решать задачи по повышению эффективности и электромагнитной совместимости устройств энергетической электроники.
РД3	Применять знания по теории автоматического управления для оценки эксплуатационных свойств современных электронных систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Содержание разделов дисциплины

1. Принципы построения и классификация САУ

Лекции. Объект управления. Задачи регулирования и управления. Автоматическое регулирование и управление. Системы автоматического управления (САУ) и системы автоматического регулирования (САР). Принцип управления по отклонению. Функциональная схема управляющего устройства, построенного по принципу отклонения. Принцип управления по возмущению. Комбинированное управление.

Системы управления в преобразовательной технике. Системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы. Статические и астатические системы управления. Непрерывные, импульсные и цифровые системы управления.

2. Математическое описание систем автоматического управления

Лекции. Понятие статического стационарного режима САР. Статические характеристики звеньев САР. Линеаризация статических характеристик. Статические характеристики соединений звеньев. Статические характеристики объекта регулирования и регулятора. Построение статических характеристик замкнутой САР (на примере импульсного преобразователя постоянного напряжения).

Методы описания динамических процессов в САР. Поэлементное составление уравнений САР. Линеаризация дифференциальных уравнений. Типовые линейные и нелинейные звенья систем управления. Структурная схема САР. Правила преобразования структурных схем. Передаточные функции и дифференциальное уравнение линейных САР. Построение частотных характеристик линейных САР.

Математические модели управляемых преобразователей постоянного напряжения. Уравнения в переменных состояния. Уравнения «вход–выход» в усредненных переменных.

Практические занятия:

1. Математические модели типовых линейных звеньев систем управления
2. Математические модели преобразователей постоянного напряжения.
3. Структурные схемы и передаточные функции САР.

Лабораторные работы:

1. Вводное занятие по системе MatLab. Динамические звенья первого порядка.
2. Динамические звенья и системы второго порядка.

3. Устойчивость процессов в системах автоматического управления

Лекции. Возмущенное и невозмущенное движения системы. Первый и второй методы А.М. Ляпунова. Связь устойчивости линейной системы с ее полюсами. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Частотные критерии устойчивости Михайлова и Найквиста. Критический коэффициент усиления системы. Определение

областей устойчивости в пространстве параметров системы. Робастная устойчивость. Критерий устойчивости Харитонова для систем с интервальными параметрами.

Практические занятия:

1. Критерии устойчивости Гурвица и Михайлова.
2. Критерий устойчивости Найквиста. Построение областей устойчивости.

Лабораторная работа. Устойчивость линейных систем автоматического управления.

4. Качество процессов управления в линейных системах

Лекции. Точность управления в установившемся режиме. Статическая ошибка. Способы уменьшения статической ошибки: повышение коэффициента усиления, введение астатизма и введение связи по возмущающему воздействию.

Переходные режимы в линейных САР и требования к ним. Показатели качества переходных процессов при ступенчатых воздействиях. Операторный метод построения кривой переходного процесса. Косвенные оценки качества переходных процессов: частотные, корневые, интегральные.

Практическое занятие. Построение переходных процессов в линейных САР.

Лабораторные работы:

1. Точность САР в статическом стационарном режиме.
2. Оценки качества переходных процессов в линейных САР.

5. Типовые регуляторы и корректирующие устройства

Лекции. Задача коррекции статических и динамических характеристик САР. Коррекция САР введением воздействий по производной и интегралу. Типовые алгоритмы управления и регуляторы. Реализация типовых регуляторов средствами аналоговой электронной техники. Параметрический синтез типовых регуляторов.

Корректирующие устройства, способы и место их включения. Типовые корректирующие устройства. Синтез последовательных корректирующих устройств с помощью логарифмических частотных характеристик.

Практическое занятие. Параметрический синтез типовых регуляторов.

Лабораторные работы:

1. Настройка типовых регуляторов по методу Циглера–Никольса.
2. Оптимизация параметров ПИД-регулятора по прямым оценкам качества.

6. Импульсные и цифровые системы

Лекции. Виды квантования и импульсной модуляции в САР. Классификация и примеры импульсных систем. Цифровые системы. Эквивалентная схема цифровой системы. Передаточные функции импульсных систем в разомкнутом и замкнутом состояниях. Условия устойчивости импульсных систем. Алгебраические и частотные критерии устойчивости импульсных систем. Построение переходных процессов в импульсных системах. Цифровые управляющие устройства. Типовые законы цифрового управления.

Практические занятия: Анализ импульсной САР.

Лабораторные работы:

1. Система автоматического управления с дискретным ПИД-регулятором.
2. Импульсный стабилизатор напряжения с ПИ-регулятором.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методы и формы организации обучения по дисциплине отражены в табл. 3.

Таблица 3.

Методы и формы организации обучения (ФОО)

Методы \ ФОО	Лекции	Лабор. работы	Практ. занятия	Тренинг	СРС	Курс. проект.
IT-методы	+	+			+	
Работа в команде			+			
Case-study		+				
Игра						
Методы проблемного обучения.	+					
Обучение на основе опыта		+	+			
Опережающая самостоятельная работа					+	
Проектный метод						
Поисковый метод					+	
Исследовательский метод		+			+	
Другие методы						

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Текущая самостоятельной работы студентов (СРС)

СРС, направленная на закрепление знаний студента и развитие практических умений, включает:

- работу с лекционным материалом;
- подготовку к лабораторным работам и практическим занятиям;
- подготовку к контрольным работам, коллоквиумам и экзамену;
- выполнение индивидуальных домашних заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку.

6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

Индивидуальное задание

«Анализ стабилизированного преобразователя постоянного напряжения».

Перечень вопросов для составления индивидуального задания:

1. Составление математической модели преобразователя постоянного напряжения (ППН) в переменных состояния.
2. Расчет параметров непрерывной математической модели ППН в усредненных переменных.
3. Расчет параметров электронного регулятора стабилизированного ППН.
4. Оценка устойчивости стабилизированного ППН по заданному критерию устойчивости.
5. Построение областей устойчивости в пространстве параметров электронного регулятора.
6. Построение кривой переходного процесса при заданном воздействии.
7. Моделирование стабилизированного ППН в системе MatLab/Simulink.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

1. Типовые динамические звенья.
2. Дискретное дифференцирование и интегрирование.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Для самоконтроля работы студентов в материалах к лекциям и в методических указаниях по выполнению лабораторных работ предусмотрены контрольные вопросы и упражнения.

Контроль со стороны преподавателя за работой студентов осуществляется во время собеседования по всем выполненным индивидуальным заданиям и лабораторным работам.

6.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

При выполнении индивидуальных заданий и лабораторных работ используется интегрированная система программирования MathCAD и система моделирования динамических систем MATLAB/Simulink.

Для использования при самостоятельной работе студентов рекомендуются следующие образовательные ресурсы, размещенные на персональной странице лектора на портале ТПУ (<http://portal.tpu.ru>):

1. Методические материалы по практическим занятиям.
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.

7. СРЕДСТВА ТЕКУЩЕЙ И ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение лабораторных работ	РД1 и РД3
Защита лабораторных работ	РД1 и РД3
Выполнение индивидуального задания	РД2 и РД3
Собеседование по индивидуальному заданию	РД2 и РД3
Контрольные работы	РД1 и РД2
Экзамен	РД1 и РД2

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства.

7.1. Текущая оценка качества. Образцы билетов к контрольным работам

Образец билета к контрольной работе № 1.

№	Вопрос	Баллы
1	Поясните использование отрицательной обратной связи в системах автоматического управления.	2,0
2	Найдите передаточную функцию $W(s) = U_2(s)/U_1(s)$.	2,0
3	Запишите аналитическое выражение для АЧХ и ФЧХ звена, описываемого передаточной функцией $W(s) = \frac{10}{(1+0.1s)(1+s)}$.	2,0
4	Какому требованию удовлетворяют полюсы устойчивой системы? Как влияют нули системы на ее устойчивость?	2,0
5	Дано характеристическое уравнение САУ: $0,05p^3 + 0,4p^2 + p + 50 = 0$. Проверьте систему на устойчивость по критерию Михайлова.	2,0
	Итого	10,0

Образец билета к контрольной работе № 2.

№	Вопрос	Баллы
1	Полюсы системы равны $p_1 = -40$, $p_2 = -200$, $p_{3,4} = -25 + j75$. Приближенно оцените время переходного процесса в системе.	2,0
2	Требуется реализовать ПИ-регулятор со значениями коэффициентов $k_n = 0,5$ и $k_i = 4 \text{ с}^{-1}$. Задавшись значением одного и параметров (R_1 , R_2 или C), рассчитайте остальные.	2,0
3	Изобразите функциональную схему цифрового регулятора. Поясните назначение всех элементов регулятора. Дайте характеристику сигналов на их входах и выходах.	3,0
4	Импульсная система описывается дискретной передаточной функцией $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{2}{1 - 0.8 \cdot z^{-1} + 0.05z^{-2}}$ Исследуйте систему на устойчивость.	3,0
	Итого	10,0

7.2. Итоговая оценка качества. Вопросы, выносимые на экзамен

ЗНАТЬ:

1. Принципы автоматического регулирования и управления.
 - принципы формирования управляющего воздействия;
 - функциональные схемы систем управления;
 - достоинства и недостатки системы управления;
 - пояснение принципа управления на примере конкретной системы.
2. Определение передаточных функций и дифференциального уравнения САР по ее структурной схеме.
 - структурная схема САР;
 - определение передаточной функции по задающему воздействию;
 - определение передаточной функции по возмущающему воздействию;
 - определение дифференциального уравнения.
3. Условия устойчивости линейных систем. Признаки перехода системы через апериодическую и колебательную границы устойчивости.
 - условия устойчивости линейных систем;
 - геометрическая интерпретация условий устойчивости;
 - признак перехода системы через апериодическую границу устойчивости;
 - признак перехода системы через колебательную границу устойчивости.
4. Критерий устойчивости Гурвица. Особенности и область его применения. Пример на использование критерия.
 - правила составления определителей;
 - формулировка критерия устойчивости;
 - следствие из критерия для систем второго и третьего порядков;
 - особенности и область применения критерия.
5. Критерий устойчивости Михайлова. Графическая интерпретация критерия. Особенности и область его применения.
 - понятие годографа Михайлова;
 - формулировка критерия устойчивости;
 - графическая интерпретация критерия;
 - особенности и область применения критерия.
6. Критерий устойчивости Найквиста.
 - формулировка и графическая интерпретация для системы, устойчивой в разомкнутом состоянии;
 - формулировка и графическая интерпретация для системы, нейтральной в разомкнутом состоянии;
 - определение устойчивости с помощью ЛЧХ;
 - особенности и область применения критерия устойчивости.
7. Методы устранения статической ошибки в САР с помощью астатического звена и дополнительной связи по возмущению.
 - уравнение статики САР;
 - понятие статической ошибки;
 - статическая ошибка в астатической системе;
 - статическая ошибка в системе с дополнительной связью по возмущению.
8. Корневые оценки качества переходных процессов.
 - определение степени устойчивости;
 - использование степени устойчивости для оценки качества переходных процессов;
 - определение степени колебательности;
 - использование степени колебательности для оценки качества переходных процессов.

9. Частотные оценки качества переходных процессов.

- частота среза;
- определение запаса устойчивости по модулю (усилению) по АФЧХ и ЛЧХ;
- определение запаса устойчивости по фазе по АФЧХ и ЛЧХ;
- показатель колебательности.

10. Интегральные оценки качества переходных процессов.

- понятие интегральной оценки;
- простейшие интегральные оценки, их достоинства и недостатки;
- порядок использования интегральных оценок.

11. Коррекция САР путем последовательного включения корректирующих устройств.

- характеристики RC -цепи с опережением по фазе;
- пояснение эффекта коррекции с помощью RC -цепи с опережением по фазе на примере;
- характеристики RC -цепи с отставанием по фазе;
- пояснение эффекта коррекции с помощью RC -цепи с отставанием по фазе на примере.

12. Параллельные корректирующие устройства. Типовые регуляторы.

- введение в алгоритм управления воздействия по интегралу;
- введение в алгоритм управления воздействия по производной;
- типовые алгоритмы управления.

13. Коррекция САР при помощи дополнительных обратных связей. Примеры.

- понятие дополнительной обратной связи;
- передаточная функция системы с дополнительной ОС;
- классификация дополнительных обратных связей;
- примеры.

14. Эквивалентные схемы импульсных и цифровых автоматических систем.

- эквивалентная схема АЦП;
- эквивалентная схема ЦАП;
- эквивалентная схема импульсной системы;
- эквивалентная схема цифровой системы.

15. Передаточные функции импульсной и цифровой систем в разомкнутом и замкнутом состояниях.

- эквивалентная структурная схема разомкнутой импульсной системы;
- определение передаточной функции разомкнутой импульсной системы с фиксатором нулевого порядка;
- передаточная функция замкнутой импульсной системы;
- передаточная функция замкнутой цифровой системы.

16. Алгебраический критерий устойчивости линейной импульсной системы.

- условие устойчивости импульсной системы;
- идея алгебраического критерия и w -преобразование;
- алгебраический критерий для системы первого порядка;
- алгебраический критерий для системы второго порядка;
- пример.

17. Аналоги частотных критериев устойчивости импульсных систем.

- особенности частотных характеристик импульсных систем;
- аналог критерия устойчивости Михайлова;
- необходимое условие устойчивости, получаемое из критерия;
- аналог критерия Найквиста.

18. Цифровые регуляторы. Выбор параметров регуляторов.

- дискретное интегрирование;
- дискретное дифференцирование;
- передаточные функции типовых цифровых регуляторов;
- выбор параметров цифровых регуляторов.

УМЕТЬ:

- 1) строить статические характеристики соединений звеньев;
- 2) записать дифференциальное уравнение системы по ее передаточной функции, и наоборот;
- 3) записать аналитические выражения для АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ системы по ее передаточной функции;
- 4) составить структурную схему системы по заданной системе дифференциальных уравнений;
- 5) найти передаточную функцию системы по ее структурной схеме;
- 6) исследовать систему на устойчивость по критерию Гурвица;
- 7) исследовать систему на устойчивость по критерию Михайлова;
- 8) исследовать систему на устойчивость по критерию Найквиста;
- 9) найти критические коэффициенты усиления системы, соответствующие апериодической и колебательной границам устойчивости, при помощи критерия Гурвица;
- 10) то же самое при помощи критерия Михайлова;
- 11) определить критический коэффициент усиления системы, соответствующий колебательной границе устойчивости, по ее ЛЧХ в разомкнутом состоянии;
- 12) определить запасы устойчивости по модулю и по фазе по ЛЧХ системы в разомкнутом состоянии;
- 13) построить область устойчивости при помощи критерия Гурвица;
- 14) построить кривую переходного процесса на выходе линейной системы операторным методом;
- 15) построить и проанализировать частотные характеристики типовых регуляторов и корректирующих устройств;
- 16) найти передаточную функцию импульсной системы по ее разностному уравнению, и наоборот;
- 17) найти передаточную функцию разомкнутой импульсной системы по заданной передаточной функции непрерывной части;
- 18) найти передаточные функции замкнутых импульсных и цифровых систем;
- 19) исследовать импульсную систему на устойчивость.

8. РЕЙТИНГ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением о проведении текущего оценивания и промежуточной аттестации в Томском политехническом университете» в действующей редакции.

Согласно рейтинговой системе текущий контроль производится в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы контрольных работ) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение индивидуальных заданий и отчетов по выполненным лабораторным работам). Максимальный рейтинг по текущей аттестации равен 60 баллам. Для того чтобы получить допуск к промежуточной аттестации студент должен набрать не менее 33 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра также путем балльной оценки. Максимальный рейтинг на экзамене равен 40 баллам. На экзамене студент должен набрать не менее 22 баллов.

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Основная литература

1. Ким П.Д. Теория автоматического управления. Часть 1. Линейные системы: учебник для вузов; 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 – 288с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 747 с.
3. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: учебник – СПб.: Политехника, 2008. – 302 с.
4. Малышенко А.М., Вадутов О.С. Сборник тестовых задач по теории автоматического управления: учебное пособие / – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 360 с.
Доступ из корпоративной сети ТПУ:
<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m208.pdf>

9.2. Дополнительная литература

5. Теория автоматического управления. Часть 1. Теория линейных систем автоматического управления: учебное пособие. / Под ред. А.А.Воронова. – М.: Высшая школа, 1986. – 367с.
6. Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.И. Основы теории автоматического регулирования и управления: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1977. – 519 с.
7. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: учебное пособие. – М.: Наука, 1989.– 304с.
8. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1982.– 504с.
9. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: учебное пособие. / Под ред. В.А. Бесекерского. – М.: Наука, 1973. – 512с.

9.3. Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:

1. Система MathCAD.
2. Система MATLAB (пакет Simulink).
3. Электронный вариант методических указаний к выполнению лабораторных работ, <http://portal.tpu.ru>.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Аудитория, кол-во раб. мест
1	Учебная аудитория, оборудованная компьютером и проектором	Ауд. 318-16в, 24 раб. мест
2	Компьютерный класс с компьютерами Pentium и выходом в Интернет	Ауд. 327-16в, 10 раб. мест

Программа составлена на основе СУОС ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилю «Промышленная электроника».

Программа одобрена на заседании кафедры промышленной и медицинской электроники ИНК ТПУ (протокол № 12.15 от « 19 » июня 2015 г.).

Автор: Олег Самигулович Вадутов,
доцент каф. промышленной и медицинской электроники.

Рецензент: Анатолий Филиппович Глотов,
доцент каф. промышленной и медицинской электроники.