

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.24	Теория автоматического управления
Учебный план:	ФГОС3++z150304Ц-3_24-15.plx
Кафедра:	32 Автоматизации технологических процессов и производств
Направление подготовки: (специальность)	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Профиль подготовки: (специализация)	Цифровизация производства
Уровень образования:	бакалавриат
Форма обучения:	заочная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
3	УП	8	10		153	9	5	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	8	10		153	9	5	
4	УП	8	6	8	185	9	6	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	8	6	8	185	9	6	
Итого	УП	16	16	8	338	18	11	
	РПД	16	16	8	338	18	11	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утверждённым приказом Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 730

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Шарякова О.Л.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизации
технологических процессов и производств

Ковалев Д.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Ковалев Д.А.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Развитие профессиональной компетенции в области основ теории автоматического управления, необходимых для исследования и проектирования систем и средств автоматизации и управления.

1.2 Задачи дисциплины:

Основной задачей дисциплины является формирование у студентов практических навыков анализа и синтеза систем автоматического управления.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Электротехника и электроника

Математика

Математика (Дополнительные главы)

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-13: Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств;
Знать: основные типы систем автоматического управления, их математическое описание и основные задачи исследования; современные методы синтеза оптимальных и адаптивных систем.
Уметь: использовать методы расчета и исследования систем автоматического управления на базе современной вычислительной техники и средств автоматизации исследований
Владеть: методами расчета линейных и нелинейных систем управления; методами синтеза систем контроля, автоматизации и управления
ОПК-14: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.
Знать: алгоритмы и компьютерные программы для расчета систем автоматического управления
Уметь: использовать алгоритмы и компьютерные программы для расчета систем автоматического управления
Владеть: навыками применения алгоритмов и компьютерных программ для расчета систем автоматического управления

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)	
Раздел 1. Основы теории автоматического управления	3				
Тема 1. Основные понятия и определения автоматических систем. Определения: системы управления, объекта управления, автоматической системы. Обобщенная структура системы автоматического управления.		0,25			5
Тема 2. Классификация систем автоматического управления. Классификация: по виду воздействия, по цели управления, по способу формирования управляющего воздействия, по характеру внутренних динамических процессов.		0,5	0,5		10
Тема 3. Алгебра передаточных функций. Определение передаточной функции звена или системы, последовательное соединение звеньев, параллельное соединение звеньев, встречнопараллельное соединение звеньев, перенос звена через сумматор или отвод.		0,75	0,5		15
Раздел 2. Линеаризация уравнений					
Тема 4. Аналитическая линеаризация. Формы динамических характеристик, построение дифференциальных уравнений, линеаризация в малых отклонениях.		0,25	0,75		5
Тема 5. Графическая линеаризация. Замена кривых малыми прямыми отрезками.		0,25	0,75		5
Раздел 3. Типовые входные сигналы и показатели качества работы систем					
Тема 6. Типовые входные сигналы и их использование в задачах анализа свойств элементов и систем. Виды сигналов, типовые воздействия и их взаимосвязь, переходный режим, установившийся режим.		1	1		20

Тема 7. Временные показатели качества. Переходная функция, Весовая функция, Переходные процессы, Виды переходных процессов, Перерегулирование, Время переходного процесса.	0,5	1		10
Тема 8. Частотные показатели качества работы систем. Определение частотной передаточной функции, амплитудная частотная характеристика, фазовая частотная характеристика, логарифмическая амплитудная частотная характеристика, логарифмическая фазовая частотная характеристика, запасы устойчивости.	0,5	1		10
Раздел 4. Типовые звенья, их передаточные функции и соответствующие им переходные функции				
Тема 9. Основные типовые звенья. Определение передаточной функции типового звена, классификация типовых звеньев.	0,75	0,75		14
Тема 10. Характеристики типовых звеньев первого порядка. Апериодическое звено первого порядка (инерционное звено), Интегрирующее звено, Дифференцирующее звено, Реальное дифференцирующее звено, Безынерционное звено.	0,75	0,5		15
Тема 11. Характеристики типовых звеньев второго порядка. Колебательное звено, Консервативное звено, Апериодическое 2-го порядка.	0,5	1		14
Раздел 5. Понятия об устойчивости системы				
Тема 12. Критерии устойчивости автоматической системы управления. Причины неправильного действия главной обратной связи автоматической системы управления. Необходимое и достаточное условие устойчивости непрерывной системы управления: Корневой критерий.	0,5	0,75		10
Тема 13. Алгебраический критерий устойчивости. Оценка устойчивости непрерывной системы управления критерий Рауса-Гурвица.	0,75	0,75		10

Тема 14. Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Оценка устойчивости непрерывной системы управления с использованием критерия Михайлова. Оценка устойчивости замкнутой непрерывной системы регулирования при известной передаточной функции разомкнутой системы с использованием критерия Найквиста. Оценка устойчивости непрерывной замкнутой системы управления по ЛЧХ разомкнутой системы.		0,75	0,75		10
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		8	10		153
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5			6,5
Раздел 6. Определение передаточной функции системы и астатические системы автоматического управления	4				
Тема 15. Определение передаточной функции замкнутой системы. Определение передаточной функции: по каналу управления, по каналу возмущения, по ошибке регулирования. Лабораторная работа №1: "Изучение системы имитационного моделирования MATLAB."		0,5	1	2	12
Тема 16. Астатические системы автоматического управления. Определения статических и астатических систем, графики изменения управляющего воздействия и реакции астатических и статических систем. Лабораторная работа №2: "Изучение динамических характеристик статических и астатических систем."		0,5	1	2	12
Раздел 7. Синтез контура регулирования					
Тема 17. Корректирующие звенья последовательного типа. Виды коррекции, принцип определения корректирующего звена Лабораторная работа №3: "Исследование влияния корректирующих звеньев на работу автоматической системы управления".		0,5		1	11
Тема 18. Корректирующие звенья параллельного типа. Принцип определения корректирующего звена. Лабораторная работа №4: "Исследование влияния корректирующих звеньев на работу автоматической системы управления".		0,5		1	12
Раздел 8. Законы регулирования					

Тема 19. Принципы построения регуляторов. Пропорциональное регулирование, Интегральное регулирование, Пропорционально-интегральное регулирование, Регулирование по производным, Пропорционально-интегрально-дифференцирующее регулирование.	1	0,5		23
Тема 20. Типовые регуляторы. Пропорциональный регулятор (П-регулятор), Пропорционально-интегральный регулятор (ПИ-регулятор), Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор).	0,75	0,5		17
Тема 21. Настройки на оптимум по модулю. Основные определения, примеры систем с различной неизменяемой частью. Лабораторная работа №5: "Синтез системы автоматического управления при стандартных настройках".	1,25	1	1	29
Тема 22. Настройки на симметричный оптимум. Примеры систем с различной неизменяемой частью, сравнение настроек. Лабораторная работа №6: "Синтез системы автоматического управления при стандартных настройках".	1	1	1	23
Раздел 9. Системы подчиненного регулирования (каскадные системы управления)				
Тема 23. Определение системы. Блок-схема, подчиненного (каскадного) регулирования, примеры систем.	0,25	0,5		6
Тема 24. Синтез систем. Определение передаточной функции внутреннего синтезированного контура, определение передаточной функции внешнего синтезированного контура.	0,25	0,5		6
Раздел 10. Дискретные системы				
Тема 25. Виды систем. Импульсные (квантование по времени). Цифровые (квантование по уровню и времени).	0,75			17
Тема 26. Математическое представление дискретных САУ. Синтез дискретных систем.	0,75			17
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	8	6	8	185

Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5	6,5
Всего контактная работа и СР по дисциплине		45	351

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Курсовая работа часть 1

Целью и задачами курсовой работы является получение навыков расчета параметров корректирующих устройств для повышения качества управления и исследования устойчивости систем автоматического управления на основе применения критериев Гурвица и Найквиста.

Курсовая работа часть 2

Целью и задачами курсовой работы является построение систем автоматического управления по дифференциальным уравнениям и проведение синтеза системы.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Курсовая работа часть 1

Получение передаточных функций

Получения временных и частотных характеристик исследуемых звеньев.

Построение замкнутой системы по известной передаточной функции разомкнутой системы и исследование полученной системы на устойчивость

Получение требуемого качества переходного процесса при изменении параметров системы.

Курсовая работа часть 2

Построение системы автоматического управления по дифференциальным уравнениям

Проведение синтеза системы с построением частотных характеристик

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Курсовая работа часть 1

Результаты курсовой работы представляются в виде отчета, объемом не менее 16 листов, содержащего следующие обязательные элементы:

Дифференциальные уравнения

Математические преобразования

Структурные схемы

Листинг программы с комментариями

Результаты исследования с нанесенными характерными точками

Курсовая работа часть 2

Результаты курсовой работы представляются в виде отчета, объемом 30 листов, содержащего следующие обязательные элементы:

Схема технологического процесса

Описание технологического процесса

Дифференциальные уравнения

Математические преобразования

Структурные схемы

Листинг программы с комментариями

Результаты исследования с нанесенными характерными точками

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ОПК-13	Перечисляет основные понятия теории автоматического управления и имеет представление о математических моделях. Способен определить устойчивость системы по нескольким показателям. Может провести синтез системы автоматического управления.
ОПК-14	Правильно выбирает команды специализированного ПО для расчета систем автоматического управления. Использует написанные программы для расчета систем автоматического управления. Владеет навыками использования математических пакетов для проведения исследования и синтеза систем автоматического управления.

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий полное понимание предмета в оцениваемой области. Свободно и уверенно оперирует	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех

	предоставленной информацией. Способен легко ориентироваться при видоизменении вопроса, использует в ответе материал технической литературы, правильно обосновывает принятое решение. Ответ дает на правильном литературном русском языке. Демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения.	элементов проекта соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемого процесса. Даны исчерпывающие выводы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Не достаточно полный ответ, представляющий материал, не допуская существенных неточностей. Допускает единичные ошибки в решении проблем. Ответ дает на правильном литературном русском языке. Способен применять теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отступления от правил оформления работы или нарушены сроки представления работы к защите.
3 (удовлетворительно)	Способен применить знания только части основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Не может дать ответ на правильном русском языке. Демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа. Допускает незначительные погрешности при решении поставленной задачи.	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания. Не знает передаточные функции типовых звеньев. Неуверенно, с большими затруднениями и существенными ошибками выполняет практические задания.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора.

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 3	
1	Основные понятия и определения.
2	Обобщенная структура системы автоматического управления
3	Классификация систем автоматического управления по способу организации управляющего воздействия
4	Классификация систем автоматического управления по цели управления
5	Классификация систем автоматического управления по способу формирования управляющего воздействия
6	Классификация систем автоматического управления по виду параметров и моделей

7	Классификация систем автоматического управления по виду математической модели
8	Понятие переходного режима
9	Характеристики основных типовых звеньев. Безынерционное звено
10	Характеристики основных типовых звеньев. Аперидическое звено первого порядка (инерционное звено)
11	Характеристики основных типовых звеньев. Колебательное звено
12	Характеристики основных типовых звеньев. Консервативное звено
13	Характеристики основных типовых звеньев. Аперидическое звено II-го порядка
14	Характеристики основных типовых звеньев. Интегрирующее звено
15	Характеристики основных типовых звеньев. Дифференцирующее звено
16	Характеристики основных типовых звеньев. Объекты с запаздыванием
17	Алгебра передаточных функций. Параллельное соединение звеньев
18	Алгебра передаточных функций. Последовательное соединение звеньев
19	Показатели качества системы автоматического управления. Временные показатели качества переходного процесса
20	Показатели качества системы автоматического управления. Косвенные методы оценки качества переходного процесса
21	Основные понятия теории устойчивости
22	Критерии устойчивости
23	Необходимое и достаточное условие устойчивости непрерывной системы управления (корневой критерий)
24	Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Рауса
25	Оценка устойчивости непрерывной системы управления с использованием критерия Михайлова
26	Принцип аргумента
27	Критерий устойчивости Найквиста с использованием АФЧХ
28	Критерий устойчивости Найквиста с использованием ЛЧХ
Курс 4	
29	Астатические системы автоматического управления
30	Определение передаточной функции замкнутой системы по каналу управления
31	Определение передаточной функции замкнутой системы по каналу возмущения
32	Определение передаточной функции замкнутой системы по ошибке регулирования
33	Синтез контура регулирования. Виды коррекции
34	Корректирующие звенья последовательного типа
35	Корректирующие звенья параллельного типа
36	Типовые регуляторы
37	Стандартные настройки простейших контуров. Настройки на оптимум по модулю
38	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из аперидического звена с малой постоянной времени и интегрирующего звена с большой постоянной времени
39	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из аперидического звена
40	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из нескольких аперидических звеньев
41	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из нескольких аперидических звеньев причем постоянная времени одного из звеньев больше суммы постоянных времени оставшихся звеньев
42	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из нескольких аперидических звеньев причем у двух звеньев большие постоянные времени
43	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из нескольких аперидических звеньев, причем одно звено имеет запаздывание
44	Стандартные настройки простейших контуров. Настройки на симметричный оптимум
45	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из одного интегрирующего звена и несколькими периодическими звеньями 1-го порядка с малыми постоянными времени
46	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из интегрирующего звена и аперидическими звеньями I-го порядка, с одной большой и несколькими малыми постоянными времени
47	Выбор регулятора и определение его параметров для неизменяемой части системы состоящей из нескольких аперидических звеньев 1-го порядка, одно из которых по постоянной времени более чем вчетверо превосходит остальные, вместе взятые

48	Сравнение оптимума по модулю передаточной функции и симметричного оптимума
49	Сглаживание задающего сигнала
50	Нелинейные позиционные алгоритмы регулирования
51	Дискретные системы
52	Импульсные (квантование по времени)
53	Цифровые (квантование по уровню и времени)
54	Математическое представление дискретных САУ Z-преобразования
55	Синтез дискретных систем

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Построить Годограф (АФЧХ) и ЛАФЧХ звена.

Построить Годограф (АФЧХ), а так же ЛАЧХ и ЛФЧХ передаточной функции.

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Время на подготовку ответа на экзамене - 30 минут;
- Время, отводимое на защиту курсовой работы, не должно превышать 15 мин, включая краткий доклад по результатам курсовой работы и ответы на вопросы
- Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Д.А. Ковалев, В.А. Шаряков, О.Л. Шарякова	Теория автоматического управления: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/1590531617.pdf
Резниченко, В. В., Томчина, О. П., Шарякова, О. Л.	Линейные системы автоматического управления	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2016	https://www.iprbooks.hop.ru/74334.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Д.А. Ковалев, О.П. Томчина, В.А. Шаряков, О.Л. Шарякова	Теория автоматического управления. Линейные системы [Текст] : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ	М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/1573564079.pdf

Д.А.Ковалев, В.А.Шаряков, О.Л.Шарякова, И.А.Труханова	Теория автоматического управления: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/1611651339.pdf
Томчина, О. П., Шарякова, О. Л., Горлатов, Д. В.	Теория адаптивного управления	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2015	http://www.iprbookshop.ru/58542.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>
 Энциклопедия АСУ ТП [Электронный ресурс]. URL: <https://bookasutp.ru>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

PTC Mathcad 15

Adobe: Lightroom 6 AcademicEdition License International English Multiple Platforms

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду