

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**
Химико-технологический факультет
Кафедра автоматизации технологических процессов



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

Н. В. Лобов
12 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИН

Блок дисциплин «Теория автоматического управления»

«Теория автоматического управления 1»,
«Теория автоматического управления 2»

Программа прикладного бакалавриата

Направление 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Профиль подготовки бакалавра:

Автоматизация химико-технологических процессов

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Автоматизация технологических процессов

Форма обучения:

очная

Курс: 2, 3

Семестр(ы): 4, 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:
Часов по рабочему учебному плану:

7 / 4 / 3 ЗЕ
252 / 144 / 108 ч.

Виды контроля:

Экзамен: 4 сем.

Зачёт: 5 сем.

Курсовой проект: —

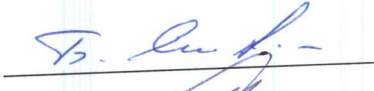
Курсовая работа: 5 сем.

Пермь 2016

Учебно-методический комплекс блока дисциплин «Теория автоматического управления» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» марта 2015 г. номер приказа 200 по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (уровень бакалавриата);
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю «Автоматизация химико-технологических процессов и производств», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.04, «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю Автоматизация химико-технологических процессов », утверждённого «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Технические измерения и приборы», «Проектирование автоматизированных систем», «Системы дискретного управления», «Алгоритмизация и проектирование систем логического управления», участвующими в формировании компетенции совместно с данной дисциплиной.

Разработчик канд. техн. наук, доц.  Б.Г. Стафейчук

Рецензент канд. техн. наук, доц.  П.Ю. Сокольчик

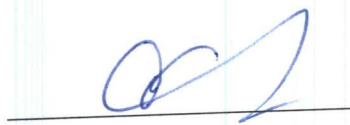
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Автоматизация технологических процессов» «08» ноября 2016 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой
автоматизации технологических процессов,
д-р техн. наук, проф.

 А.Г. Шумихин

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией химико-технологического факультета «14» ноября 2016 г., протокол № 47.

Председатель учебно-методической комиссии
химико-технологического факультета,
д-р техн. наук, доц.

 Е.Р. Мошев

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.

 Д.С. Репецкий

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью блока дисциплин «Теория автоматического управления» по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» является формирование системы знаний, умений и владений, необходимых для решения задач анализа и синтеза промышленных систем автоматического управления, характерных для химической отрасли промышленности России.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующую компетенцию:

способность участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем (ПК-7).

1.2 Задачи дисциплины:

- **изучение** методологических основ функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ); основных методов анализа САУ во временной и частотных областях; способах синтеза САУ; типовых пакетов прикладных программ анализа динамических систем;

- **формирование умения** проводить анализ систем автоматического управления, оценивать статические и динамические характеристики; рассчитывать основные качественные показатели САУ, выполнять анализ ее устойчивости, синтез регулятора;

- **формирование** навыков работы с программной системой математического и имитационного моделирования; применения методов теории управления при исследовании и проектировании систем автоматизации и управления в промышленности.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- математический аппарат теории автоматического управления;
- методы анализа фундаментальных свойств процессов и систем управления;
- методы синтеза систем управления;
- среда визуального имитационного и событийно управляемого моделирования.

1.4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Блок дисциплин «Теория автоматического управления» относится к базовой и вариативной части Блока 1 Дисциплины (модули) и является обязательным при освоении ООП по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю «Автоматизация химико-технологических процессов».

В результате изучения дисциплин обучающийся должен освоить часть указанной в пункте 1.1 компетенции ПК-7 и продемонстрировать следующие результаты:

- **знать:**

- методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ);

- основные методы анализа САУ во временной и частотных областях;
 - способы синтеза САУ;
 - типовые пакеты прикладных программ анализа динамических систем;
 - **уметь:**
 - проводить анализ САУ, оценивать статические и динамические характеристики;
 - рассчитывать основные качественные показатели САУ, выполнять анализ ее устойчивости;
 - решать задачу параметрического синтеза типовых алгоритмов регулирования;
 - **владеть:**
 - навыком работы с программной системой математического и имитационного моделирования;
 - навыком применения методов теории управления при исследовании и проектировании систем автоматизации и управления в промышленности.
- В таблице 1.1 приведены последующие дисциплины, направленные на формирование компетенции, заявленной в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенции

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Профессиональная компетенция			
ПК-7	Способность участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем	-	Технические измерения и приборы. Проектирование автоматизированных систем. Системы дискретного управления. Алгоритмизация и проектирование систем логического управления

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Блок учебных дисциплин обеспечивает формирование части компетенции ПК-7.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-7

Код ПК-7	Формулировка компетенции: способность участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
-----------------	--

Код ПК-7. Б1.Б.16, ПК-7.Б1.В.07	Формулировка дисциплинарной части компетенции: способность участвовать в разработке технического задания проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, раздел предпроектные научно исследовательские работы (анализ и синтез базовых систем автоматизации).
--	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент:		
Знает: – структурный метод анализа базовых систем автоматизации; - методы анализа систем автоматического управления во временной и частотных областях; - методы синтеза линейных автоматических систем управления; - методы анализа и синтеза дискретных систем управления; - методы анализа нелинейных систем управления.	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.
Умеет: - оценивать статические и динамические характеристики линейных и нелинейных систем управления; - рассчитывать основные качественные показатели функционирования базовых систем автоматизации;	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к	Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Задания к расчетным работам. Задание на курсовую работу

- решать задачи параметрического синтеза типовых алгоритмов регулирования базовых систем автоматизации.	лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам)	
Владеет: - методами теории управления, применяемыми при исследовании и проектировании систем автоматизации в промышленности; - методами математического и имитационного моделирования при разработке и совершенствовании автоматических систем управления; - навыком работы с современными компьютерными средствами анализа и синтеза систем управления.	Курсовая работа. Самостоятельная работа по подготовке к зачёту / экзамену.	Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Задание на курсовую работу.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 7 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч		
		4 семестр	5 семестр	всего
1	2	3	4	5
1	Аудиторная (контактная) работа	52	43	95
	- в том числе в интерактивной форме	18	18	36
	- лекции (Л)	18	16	34
	- в том числе в интерактивной форме			
	- практические занятия (ПЗ)	16	9	25
	- в том числе в интерактивной форме			
	- лабораторные работы (ЛР)	18	18	36
	- в том числе в интерактивной форме	18	18	36
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	63	117
	- изучение теоретического материала	10	10	20
	- расчётные работы	7		7
	- курсовая работа		18	18
	- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)	17	15	32
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	20	20	40
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен (4 сем.), зачет (5 сем.).	36		36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:			
	в часах (ч)	144	108	252
	в зачётных единицах (ЗЕ)	4	3	7

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины «Теория автоматического управления 1»

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- пли- ны	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудо- ёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа				КСР	Итого- вый кон- троль	СРС	
			Всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	2	2					0,5	2,5
		2	2	2					0,5	2,5
	2	3	5	1	2	2			3	8
		4	11	1	4	6			12	23
	Итого по модулю:		20	6	6	8	1		16	37/1,03
2	3	5	2	2					1	3
		6	6	2	4				12	18
		7							3	3
		8							3	3
	Итого по модулю:		8	4	4		0,5		19	27,5/0,76
3	4	9	2	2					1	3
		10	2		2				1	3
	5	11	2	2					2	4
		12	18	4	4	10			15	33
	Итого по модулю:		24	8	6	10	0,5		19	43,5/1,21
Промежуточная аттеста- ция:								Экзамен		36/1
Всего:			52	18	16	18	2	36	54	144/4

Таблица 4.2 – Тематический план по модулям учебной дисциплины «Теория автоматического управления 2»

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- пли- ны	Номер темы дисцип- лины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоём- кость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа				КСР	Итого- вый кон- троль	СРС	
			Всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	2	2					2	4
		2	14	4	4	6			8	22
	2	3	2	2					2	4
		4	8		2	6			8	16
	Итого по модулю:		26	8	6	12	1		20	47/1,31
	2	3	5	1	1					1
6			10	2	2	6			9	20
7			2	2					1	3
Итого по модулю:		13	5	2	6	0,5		11	24,5/0,68	
3		4	8	2	2					2
	9				1				5	5
	5	10							3	3
		11	2	1					4	6
	Итого по модулю:		4	3	1		0,5		14	18,5/0,51
	Курсовая работа								18	18/0,5
Промежуточная аттеста- ция							зачет			
Всего:			43	16	9	18	2		63	108/3

4.2. Содержание разделов и тем блока дисциплин «Теория автоматического управления»

4.2.1 Содержание разделов и тем учебной дисциплины «Теория автоматического управления 1»

Модуль 1. Классификация и структурный метод анализа систем управления

Раздел 1. Общие сведения о теории управления и системах автоматического управления.

Л – 4 ч, СРС – 1 ч.

Тема 1. Основные понятия теории управления. Принципы управления.

Управление, объект управления, управляемые величины, управляющие и возмущающие воздействия. Автоматическое управление, автоматическое управляющее устройство, система автоматического управления. Объекты управления. Информация и принципы управления (разомкнутые системы управления, компенсация возмущений, системы управления с обратной связью, адаптивное управление). Подсистемы автоматического регулирования.

Тема 2. Классификация систем управления. Задачи теории управления.

Классификация систем автоматического управления (по типу сигнала, по типу алгоритма, по энергетическому признаку). Автоматизированные системы управления современными технологическими процессами, их структура, виды обеспечения. Примеры реальных систем автоматического управления и регулирования.

Задачи теории управления.

Раздел 2. Структурный метод анализа систем управления.

Л – 2 ч, ПЗ – 6 ч, ЛР – 8 ч, СРС – 18 ч.

Тема 3. Основы структурного метода анализа систем управления.

Модели систем управления с раскрытой причинно-следственной структурой. Понятие структурной схемы (С-граф). Сигнальные графы.

Алгебра передаточных функций. Правила преобразования структурных схем. Структуры автоматических систем.

Тема 4. Типовые звенья систем автоматического управления и их динамические характеристики.

Определение типового звена системы управления. Статические и динамические характеристики типовых звеньев: пропорционального, интегрирующего, апериодического, идеального и реального дифференцирующего, интегро-дифференцирующего, колебательного и транспортного запаздывания.

Модуль 2. Анализ основных свойств линейных систем управления

Раздел 3. Анализ основных свойств линейных САУ: устойчивость, инвариантность, чувствительность, наблюдаемость.

Л – 4 ч, ПЗ – 4 ч, СРС – 17 ч.

Тема 5. Анализ устойчивости линейных систем управления.

Устойчивость линейных систем. Определение устойчивости динамической системы. Устойчивость движения и состояния. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Устойчивость по начальным условиям. Асимптотическая устойчивость. Устойчивость вход – выход.

Тема 6. Критерии устойчивости линейных систем управления.

Критерии устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости (Рауса-Гурвица, Михайлова, Найквиста-Михайлова).
Устойчивость типовых структур.

Тема 7. Инвариантность и чувствительность линейных систем управления.

Определение инвариантности систем управления. Формы инвариантности. Принцип 2-х канальности Петрова реализации инвариантных систем.

Чувствительность систем управления. Понятие грубости. Функции чувствительности. Чувствительность систем с типовой структурой.

Тема 8. Управляемость и наблюдаемость систем управления.

Понятие управляемости и наблюдаемости. Критерии управляемости и наблюдаемости. Принцип дуальности.

Модуль 3. Анализ качества и методы синтеза линейных автоматических систем управления

Раздел 4. Качество систем автоматического управления.

Л – 2 ч, ПЗ – 2 ч, СРС – 2 ч.

Тема 9. Запас устойчивости линейных САУ.

Определение доминирующей компоненты процесса управления. Корневые показатели запаса устойчивости. Расширенные частотные характеристики. Обобщенный критерий Найквиста – Дудникова.

Гипотеза об эквивалентности свойств замкнутой автоматической системы регулирования и колебательного звена. Оценка запаса устойчивости по частотному показателю колебательности. Диаграмма Холла. Запас устойчивости по модулю и фазе.

Тема 10. Качество переходных процессов в линейных системах управления.

Вынужденные процессы в линейных системах управления. Точность в установившихся режимах: статическая ошибка, кинетическая ошибка. Метод коэффициентов ошибки.

Понятие порядка астатизма системы управления. Структурный признак астатизма.

Показатели качества вынужденных процессов управления. Прямые показатели качества.

Косвенные критерии качества. Интегральные критерии оценки качества линейных систем управления. Особенности вычисления интегральных оценок качества. Условие минимизации линейного интегрального критерия в базовых системах автоматизации технологических процессов.

Раздел 5. Задачи и методы синтеза линейных систем управления.

Л – 6 ч, ПЗ – 4 ч, ЛР – 10 ч, СРС – 16 ч.

Тема 11. Синтез систем управления минимальной фазы.

Задачи синтеза систем управления. Особенности синтеза промышленных АСР. Параметрический синтез системы управления заданной структуры.

Постановка задачи синтеза корректирующих элементов автоматических систем. Коррекция автоматических систем включением последовательных и параллельных звеньев. Использование логарифмических частотных характеристик для синтеза систем регулирования.

Тема 12. Параметрический синтез промышленных АСР.

Задача определения оптимальной настройки регуляторов в одноконтурной АСР. Синтез системы с ПИ – регулятором при ограничении на корневой показатель колебательности. Метод расширенных частотных характеристик.

Синтез системы с ПИ – регулятором при ограничении на частотный показатель колебательности. Графоаналитический и компьютерный методы расчета.

Приближённые методы расчёта настроек промышленных регуляторов.

4.2.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины «Теория автоматического управления 2»

Модуль 1. Линейные дискретные системы управления.

Основы теории

Раздел 1. Основные сведения о дискретных системах управления.

Л – 5 ч, ПЗ – 4 ч, ЛР – 6 ч, СРС – 10 ч.

Тема 1. Основные понятия об импульсных системах управления. Классификация дискретных систем управления.

Виды дискретизации сигналов (квантование во времени и по уровню). Примеры дискретных автоматических систем управления. Классификация квантованных во времени сигналов (импульсных сигналов). Аналитическое описание элементов дискретной автоматической системы: управляющая ЭВМ, преобразователи аналоговых сигналов в цифровые и цифровых в аналоговые.

Тема 2. Модели импульсных систем управления. Преобразование импульсных сигналов в дискретных системах управления.

Преобразование Лапласа для импульсных сигналов. Определение Z-преобразования. Формулы связи Z-преобразования с преобразованием Лапласа для соответствующего непрерывного сигнала. Свойства Z-преобразования. Теорема Котельникова. Обратное Z-преобразование. Теоремы Z-преобразования. Примеры прямого и обратного Z-преобразования. Передаточная функция импульсной системы. Специфика расчета импульсных систем с обратной связью.

Раздел 2. Анализ и синтез дискретных систем управления.

Л – 2 ч, ПЗ – 2 ч, ЛР – 6 ч, СРС – 10 ч.

Тема 3. Устойчивость импульсных систем управления.

Устойчивость и качество импульсных СУ. Критерии устойчивости импульсных систем. Переходные процессы в импульсных системах регулирования. Влияние интервала дискретности на устойчивость.

Тема 4. Качество работы и задача параметрического синтеза дискретных систем управления.

Показатели точности функционирования систем с цифровыми регуляторами. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов.

Модуль 2. Основные сведения о нелинейных системах управления

Раздел 3. Общие сведения о нелинейных системах управления.

Л – 5 ч, ПЗ – 2 ч, ЛР – 6 ч, СРС – 11 ч.

Тема 5. Определение нелинейной системы управления. Классификация нелинейных систем управления.

Определение нелинейной системы. Основные особенности нелинейных систем. Типовые нелинейности, их характеристики.

Тема 6. Исследование периодических режимов методом гармонического баланса.

Метод гармонической линеаризации нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации типовых нелинейностей. Метод гармонического баланса амплитуд и фаз (метод Гольдфарба). Исследование автоколебаний методом гармонического баланса.

Тема 7. Анализ поведения нелинейной системы управления на фазовой плоскости.

Фазовые портреты нелинейных систем второго порядка. Приближенные и точные методы построения фазовых траекторий. Примеры построения фазовых портретов систем регулирования.

Статическая линеаризация нелинейностей, вибрационная линеаризация. Скользящие режимы в нелинейных системах.

Модуль 3. Системы управления при случайных воздействиях. Оптимальные и адаптивные системы управления

Раздел 4. Системы управления при случайных воздействиях.

Л – 2 ч, ПЗ – 1 ч, СРС – 7 ч.

Тема 8. Линейные стохастические модели СУ: модели и характеристики случайных сигналов.

Случайные воздействия. Случайный процесс и его основные характеристики. Стационарные случайные процессы: определение стационарных случайных процессов; эргодические случайные процессы; основные свойства корреляционных функций; спектральная плотность и ее связь с корреляционной функцией. Модели случайных воздействий.

Тема 9. Прохождение случайных сигналов через линейные звенья; анализ линейных стохастических систем при стационарных случайных воздействиях

Преобразование случайного сигнала линейным звеном. Объект управления при случайных воздействиях. Вычисление дисперсии случайного сигнала в системах различного порядка

Постановка задачи синтеза систем при стационарных случайных воздействиях.

Расчет оптимальных параметров регуляторов по критерию минимума средне-квадратичной ошибки управления.

Раздел 5. Оптимальные и адаптивные системы управления.

Л – 1 ч, СРС – 7 ч.

Тема 10. Задачи оптимального управления.

Оптимальные системы управления: задачи оптимального управления, критерии оптимальности; методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование.

Тема 11. Адаптивное управление.

Понятие адаптации в системах управления. Структура адаптивных систем управления. Методы адаптации в промышленных системах автоматизации.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.3.1 – Темы практических занятий учебной дисциплины «Теория автоматического управления 1»

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	3	Определение передаточной функции системы по передаточным функциям её звеньев, эквивалентные преобразования структурных схем.

2	3	Изучение основ структурного метода анализа систем управления (С, сигнальные графы).
3	4	Исследование статических и динамических характеристик типовых звеньев.
4	6	Исследования устойчивости непрерывных линейных систем. Критерии устойчивости.
5	10	Исследование установившихся режимов непрерывных линейных систем, метод коэффициентов ошибки, структурные признаки астатизма.
6	12	Решение задачи параметрического синтеза линейных непрерывных систем управления.

Таблица 4.3.2 – Темы практических занятий учебной дисциплины «Теория автоматического управления 2»

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	2	Вычисление динамических характеристик линейных импульсных систем.
2	4	Решение задачи параметрического синтеза линейных импульсных систем.
3	6	Исследование периодических режимов нелинейных систем управления методом гармонического баланса

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.4.1 – Темы лабораторных работ учебной дисциплины «Теория автоматического управления 1»

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	3	Изучение системы MATLAB + Simulink для получения навыков ее применения при исследовании систем управления
2	4	Исследование динамических характеристик типовых звеньев АСР
3	12	Исследование процессов регулирования в системе с одноконтным объектом и П -, И- регуляторами
4	12	Исследование процессов регулирования в системе с одноконтным объектом и ПИ- регулятором

Таблица 4.4.2 – Темы лабораторных работ учебной дисциплины «Теория автоматического управления 2»

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	1,2	Изучение пакета Control System Toolbox системы MATLAB для расчета и исследования систем управления
2	4	Исследование системы управления с непрерывным и дискретным ПИ регулятором в пакете MATLAB + Simulink
3	6	Исследование релейных АСР методом гармонической линеаризации

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
6. Изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и сдача/защита контрольных и лабораторных работ должно осуществлять в установленные преподавателем сроки.

Таблица 5.1.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС) учебной дисциплины «Теория автоматического управления 1»

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	0,5
2	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	0,5
3	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	1
	2. Выполнение расчетной работы.	2
4	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	2
	2. Подготовка отчетов по лабораторным работам.	8

	3. Выполнение расчетной работы.	2
5	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	1
6	1. Подготовка к аудиторным занятиям. 2. Выполнение расчетной работы.	9 3
7	1. Изучение теоретического материала.	3
8	1. Изучение теоретического материала.	3
9	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	1
10	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	1
11	1. Изучение теоретического материала.	2
12	1. Изучение теоретического материала. 2. Подготовка к аудиторным занятиям. 3. Подготовка отчетов по лабораторным работам	2 1 12
	Итого: в ч / в 3Е	54 / 1,61

Таблица 5.1.2 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС) учебной дисциплины «Теория автоматического управления 2»

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
2	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Подготовка отчета по лабораторной работе	2 6
3	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
4	1. Подготовка к аудиторным занятиям. 2. Подготовка отчета по лабораторной работе	2 6
5	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
6	1. Подготовка к аудиторным занятиям. 2. Подготовка отчета по лабораторной работе	1 8
7	1. Изучение теоретического материала.	1
8	1. Подготовка к аудиторным занятиям.	2
9	1. Изучение теоретического материала. 2. Подготовка к аудиторным занятиям	2 3
10	1. Изучение теоретического материала.	3
11	1. Изучение теоретического материала.	4
	Курсовая работа	18
	Итого: в ч / в 3Е	63 / 1,75

5.1. Изучение теоретического материала

Таблица 5.2.1– Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно в учебной дисциплине «Теория автоматического управления 1»

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование вопроса
1	2	3
1	7	Инвариантность и чувствительность линейных систем управления.
2	8	Управляемость и наблюдаемость систем управления.
3	11	Постановка задачи синтеза корректирующих элементов автоматических систем. Коррекция автоматических систем включением последовательных и параллельных звеньев.
4	12	Приближенные методы расчета настроек промышленных регуляторов

Таблица 5.2.2 – Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно в учебной дисциплине «Теория автоматического управления 2»

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование вопроса
1	2	3
1	7	Статическая линеаризация нелинейностей. Скользящие режимы в нелинейных системах.
2	9	Постановка задачи синтеза систем при стационарных случайных воздействиях. Расчет оптимальных параметров регуляторов по критерию минимума среднеквадратичной ошибки управления.
3	10	Задачи оптимального управления.
4	11	Методы адаптации в промышленных системах автоматизации.

5.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Целью курсовой работы является закрепление знаний и умений, необходимых для решения проблем анализа и синтеза промышленных систем автоматического управления.

Тематика курсовых работ определяется задачами анализа и синтеза реальных промышленных систем автоматического управления.

Расчетная часть работы, как правило, выполняется на ЭВМ. В записке приводится формулировка задачи анализа и синтеза системы регулирования (управления), выбор метода решения задачи, описание алгоритма регулирования или управления, результаты расчета и моделирования. Объем пояснительной записки не должен превышать 10 - 15 страниц рукописного текста.

Работа выполняется в соответствии с методическими рекомендациями к курсовому проектированию по дисциплине.

Перечень тем курсовых работ.

1. Синтез автоматической системы стабилизации расхода пропана.
2. Синтез автоматической системы стабилизации плотности битума в экстракционной колонне.
3. Синтез автоматической системы стабилизации питания ректификационной колонны.
4. Синтез автоматической системы стабилизации температуры укрепляющей части ректификационной колонны установки АВТ-5.
5. Синтез автоматической системы стабилизации содержания кислорода в дымовых газах.
6. Синтез автоматической системы стабилизации давления в реакторе.
7. Синтез автоматической системы стабилизации расхода греющего пара в куб ректификационной колонны.
8. Синтез автоматической системы стабилизации давления пара в парогенераторе.
9. Синтез автоматической системы стабилизации температуры в реакторе смешения.
10. Синтез автоматической системы стабилизации уровня в регенераторе поташа.
11. Синтез автоматической системы стабилизации уровня аммиака в расширительном сосуде аммиачно-холодильной установки.
12. Синтез автоматической системы стабилизации расхода флегмы.
13. Синтез автоматической системы стабилизации pH.
14. Синтез автоматической системы стабилизации расхода катализатора в производстве фумаровой кислоты.
15. Синтез автоматической системы стабилизации температуры перегретого пара в котельном агрегате.
16. Синтез автоматической системы стабилизации температуры куба колонны.
17. Синтез автоматической системы стабилизации плотности щелока в выпарной станции.
18. Синтез автоматической системы стабилизации температуры в автоклаве.
19. Синтез автоматической системы стабилизации плотности деасфальтизата.
20. Синтез автоматической системы стабилизации разряжения в топке парогенератора.

5.3. Реферат

Не предусмотрен.

5.4. Расчетные работы

Темы № 3,4. «Основы структурного метода анализа систем управления, динамические характеристики типовых звеньев»

Расчетная работа №1

Студенту группы _____

Вариант № _____

1. Получить передаточную функцию системы по каналу _____, вариант схемы № _____. (Методом исключения промежуточных переменных, преобразованием структурной схемы, по формуле Мэйсона).

2. Построить динамические характеристики (временную и частотные) для заданного типового звена.

Тема №6. «Критерии устойчивости линейных систем управления».

Расчетная работа №2

Студенту группы _____

Вариант № _____

Дана одноконтурная система автоматического регулирования.

Заданы: передаточная функция регулятора (Р) с настройками и дифференциальное уравнение объекта управления (ОУ).

Требуется определить:

- передаточную функцию разомкнутой системы $W_{PC}(s)$;
- характеристический полином замкнутой системы $D(s)$;
- передаточные функции замкнутой системы: $\Phi_{yu}(s)$ – по заданию, $\Phi_{y\lambda}(s)$ – по возмущению, $\Phi_{ye}(s)$ – по ошибке;
- коэффициенты передачи замкнутой АСР;
- устойчивость системы по критериям Гурвица, Михайлова, Найквиста.

5.5. Индивидуальное задание

Не предусмотрено.

5.6 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При проведении лабораторных занятий используются сис-

тема MATLAB и пакеты расширения MATLAB Simulink, Control System Toolbox.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции

Текущий контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится в форме контрольных работ по темам.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции

Рубежный контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится по окончании модулей дисциплины «Теория автоматического управления 1» в следующей форме:

- написание контрольных работ (модули 1, 2,3);
- защита лабораторных работ.

Рубежный контроль освоения дисциплинарной части компетенции проводится по окончании модулей дисциплины «Теория автоматического управления 2» в следующей форме:

- написание контрольных работ (модули 1, 2,3);
- защита лабораторных работ.

6.3 Итоговый контроль освоения заданной дисциплинарной части компетенции

Экзамен (дисциплина «Теория автоматического управления 1»)

Экзамен по дисциплине проводится с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Экзаменационная оценка выставляется с учетом результатов рубежного контроля.

Зачёт (дисциплина «Теория автоматического управления 2»)

-Зачёт по дисциплине выставляется с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

- Зачёт с оценкой выставляется отдельно по результатам защиты курсовой работы.

Фонды оценочных средств, включающие: типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам, задания к расчетным работам, контрольные работы, методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов заданной дисциплинарной части компетенции

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов заданной дисциплинарной части компетенции

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)							
	ТК	КР	РР	ПЗ	ЛР	КП	Зачёт (экзамен)
В результате освоения дисциплины студент знает:							
– структурный метод анализа базовых систем автоматизации;	+	+	+	+			+
- методы анализа систем автоматического управления во временной и частотных областях;	+	+	+	+		+	+
- методы синтеза линейных автоматических систем управления;	+	+		+		+	+
- методы анализа и синтеза дискретных систем управления;	+	+		+		+	+
- методы анализа нелинейных систем управления.	+	+		+			+
Умеет:							
- оценивать статические и динамические характеристики линейных и нелинейных систем управления;			+	+	+	+	+
- рассчитывать основные качественные показатели функционирования базовых систем автоматизации;				+	+	+	+
- решать задачи параметрического синтеза типовых алгоритмов регулирования базовых систем автоматизации.				+	+	+	+
Владеет:							
- методами теории управления, применяемыми при исследовании и проектировании систем автоматизации в промышленности;					+	+	+
- методами математического и имитационного моделирования при разработке и совершенствовании автоматических систем управления;					+	+	+
- навыком работы с современными компьютерными средствами анализа и синтеза систем управления.					+	+	+

ТК – опрос для анализа усвоения материала лекций (оценка знаний по теме);

КР – промежуточная контрольная работа по модулю (оценка знаний, умений);

ПЗ – практические занятия (оценка знаний и умений);

РР – расчетная работа (оценка знаний и умений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения).

КП – выполнение курсовой работы (оценка знаний, умений и владений).

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1.1 – График учебного процесса по дисциплине «Теория автоматического управления 1»

[illegible]

Таблица 7.1.2 – График учебного процесса по дисциплине «Теория автоматического управления 2»

[illegible]

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

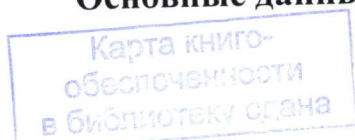
8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.16. Теория автоматического управления 1 (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины) ☒ базовая часть цикла ☐ вариативная часть цикла ☒ обязательная по выбору студента
Б1.В.07 Теория автоматического управления 2 (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины) ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☒ обязательная по выбору студента
15.03.04 (код направления подготовки / специальности)	Автоматизация технологических процессов и производств /Автоматизация химико-технологических процессов (полное название направления подготовки / специальности)
АТПП/АХТП (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ООП)	Семестры: <u>4,5</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>20</u>
Стафейчук Борис Григорьевич (фамилия, инициалы преподавателя) химико-технологический (факультет) автоматизации технологических процессов (кафедра)	профессор (должность) 239-15-06 (контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. - М.: Изд-во МЭИ, 2005-2008. – 400 с., ил. .	51
2	Яковлев В.Б. Теория автоматического управления: учебник для вузов/ С.Е. Душин, Н.С. Зотов, Д.Х. Имаев и др.- М.: Высшая школа, 2005.– 567с.	50
3.	Певзнер Л.Д. Теория автоматического управления: учебное пособие, 2-е изд. испр. и доп.: СПб. Изд-во «Лань». 2013.-424 с.	7 + ЭБС Лань
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью / М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с.	25
2	Певзнер Л.Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения: Учебное пособие. СПб. Изд-во «Лань». 2016.-604 с.	ЭБС Лань
3	Анхимюк В.Л. Теория автоматического управления: учебник для вузов/ В.Л. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев.- Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.	149
4	Шишмарев В.Ю. Теория автоматического управления: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 352 с. – (Сер. Бакалавриат).	4
2.2 Периодические издания		
	Не предусмотрены	
2.3 Нормативно-технические издания		
	ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.	Техэксперт
2.4 Официальные издания		
	Не предусмотрены	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург: Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
2	Техэксперт. 6.2014 [Электронный ресурс] : норматив.-техн. информ. / Консорциум «Кодекс». – Версия 6.3.2.22, сетевая. – Электрон. текст. дан. – Санкт-Петербург, 1991- . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ка Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на 08 ноября 2016 г.



(дата одобрения рабочей программы
на заседании кафедры)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на

(дата контроля литературы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
	ЛР	MATLAB		Обучение работе с программами и контроль СРС

8.4 Аудио- и видео-пособия

Не предусмотрены

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

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1.	Компьютерный класс	Каф. АТП	308a	36	8
2.	Компьютерный класс	Каф. АТП	308б	36	8
3.	Лаборатория моделирования процессов и систем	Каф. АТП	310р	36	8

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1.	Компьютеры с лицензионным программным обеспечением.	16 (+4 резерв)	Оперативное управление	308a, 308б
2.	Компьютеры с лицензионным программным обеспечением.	8	Оперативное управление	310р

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		