

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.09.2021 19:28:38
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В. Пекаревский
«26» января 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»
(Начало подготовки – 2016 год)
Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность программы бакалавриата
Автоматизация технологических процессов и производств

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр
Форма обучения:
очная

Факультет: **Информационных технологий и управления**
Кафедра: **Кафедра автоматизации процессов химической промышленности**

Санкт-Петербург
2016

Б1.Б.14

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор А.Л. Фокин

Рабочая программа дисциплины «Теория автоматического управления» обсуждена на заседании кафедры автоматизации процессов химической промышленности
протокол от «16» ноября 2015 № 5
Заведующий кафедрой

Л.А.Русинов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления
протокол от «23» декабря 2015 №5
Председатель, доцент

В.В.Куркина

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»		В.В. Куркина
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Объем дисциплины.	5
4. Содержание дисциплины.	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.	6
4.2. Занятия лекционного типа.	7
4.3. Лабораторные занятия.	9
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.	11
4.5. Курсовая работа	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.	15
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	15
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	19
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.	19
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	20
10.1. Информационные технологии.....	20
10.2. Программное обеспечение.....	20
10.3. Информационные справочные системы.....	20
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	20
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.	20
Приложение № 1	21
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Теория автоматического управления»	21

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

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-3	<p>способностью использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности;</p>	<p>Знать: основные принципы построения систем автоматического управления; математические методы, используемые для построения и доказательств основных положений теории;</p> <p>Уметь: решать типовые задачи, возникающие при построении систем управления, обоснованно ставить задачи оптимального управления, находить оптимальные структуры построения автоматических систем и рассчитывать оптимальные режимы работы систем,</p> <p>Владеть: навыками расчетных и исследовательских приемов работы по данной дисциплине; методами инженерных расчетов оптимальных систем управления технологическими процессами;</p>
ПК-8	<p>способностью выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством</p>	<p>Знать: расчетные и исследовательские приемы работы по данной дисциплине; методы инженерных расчетов, применяемых для синтеза систем управления технологическими процессами; методы анализа синтезированных систем управления.</p> <p>Уметь:</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>решать задачи анализа управления;</p> <p>решать задачи построения линейных систем с традиционными регуляторами</p> <p>Владеть:</p> <p>Методами математического описания динамических систем;</p> <p>методами анализа синтезируемых систем управления</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы¹.

Дисциплина относится к базовым дисциплинам (Б1.Б.14) и изучается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «физика», «математика», «информатика», «вычислительные машины, системы и сети», «теория вероятностей и математическая статистика», «вычислительная математика», «дополнительные главы математики».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Теория автоматического управления» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/ 288
Контактная работа с преподавателем:	132
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	52
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы	52
курсовое проектирование (КР или КП)	КР

¹ Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
КСР	12
из них курсовая работа	10
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	75
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет, экзамен (5с), экз., КР. (6с)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	КСР	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Место и задачи дисциплины	4			2		ПК-8
2.	Математическое описание линейных САУ	8		10	7		ОПК-3, ПК-8
3.	Устойчивость линейных систем	8		8	8		ПК-8
4.	Качество переходных процессов	8		8	7		ОПК-3, ПК-8
5.	Методы повышения качества линейных САУ	8		10	8		ПК-8
	Итого за 5 семестр	36		36	32	4	
6	Модели динамики в пространстве состояний	6			6		ОПК-3, ПК-8
7	Линейные дискретные САУ	8		4	6		ПК-8
8	Анализ нелинейных САУ	6		4	6		ПК-8
9	Приближенное исследование нелинейных САУ	6		4	6		ПК-8
10	Методы оптимального управления	6		4	7		ПК-8
	Итого за 6 семестр	32		16	43	8	
	Итого	68		52	75	12	

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Место и задачи дисциплины</u> Связь курса со специальными дисциплинами. Основные понятия автоматического регули-	4	
2	<u>Математическое описание линейных САУ</u> Использование дифференциальных уравнений, весовые функции линейных систем, передаточные функции, частотные характеристики, условия реализуемости, типовые звенья, структурные схемы систем.	8	
3	<u>Устойчивость линейных систем</u> Определение устойчивости динамической системы. Общая постановка задачи устойчивости по А. М. Ляпунову. Условия устойчивости линейных систем. Существование функций Ляпунова в виде квадратичных форм. Алгебраические и частотные критерии устойчивости (Рауса — Гурвица, Михайлова, Найквиста), экспоненциальная устойчивость	8	
4	<u>Качество переходных процессов</u> Классификация критериев качества САУ. Оценка качества САУ в типовых режимах (коэффициенты ошибок). Оценка качества САУ по переходной характеристике. Оценка качества САУ по собственному движению системы. Оценка качества САУ при гармонических воздействиях. Корневые методы оценки качества САУ	8	
5	<u>Методы повышения качества линейных САУ</u> Повышение точности САУ. Основные законы управления. Метод динамической компенсации и его применение для разных классов передаточных функций объекта управления. Модальное управление. Выбор желаемой передаточной функции по типовым воздействиям. Типовые законы регулирования (П, ПИ, ПД, ПИД). Использование логарифмических частотных характеристик для синтеза систем регулирования.	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновацион- ная форма
6	<p><u>Модели динамики в пространстве состояний</u></p> <p>Уравнения вход-выход-состояния для описания одномерных и многомерных систем. Нормальные канонические формы уравнений состояния и наблюдения. Получение этих уравнений по передаточной функции. Получение передаточных функций на основании уравнений вход-выход-состояние. Анализ систем во временной области. Построение наблюдателей. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость, детекти-</p>	6	
7	<p><u>Линейные дискретные САУ</u></p> <p>Виды дискретизации сигнала. Примеры дискретных систем. Описание элементов дискретной САУ. Преобразование Лапласа для импульсных сигналов. Z-преобразование. Теорема Котельникова-Шеннона. Фиксирующие цепи. Необходимое и достаточное условие устойчивости импульсной системы. Уравнение вход-выход-состояние для дискретной системы. Использование ПИД закона регулирования. Компенсационные регуляторы. Аперриодические регуляторы выхода. Модальные</p>	8	
8	<p><u>Анализ нелинейных САУ</u></p> <p>Основные особенности нелинейных систем. Условия существования и единственности решения нелинейной системы дифференциальных уравнений. Определение устойчивости движения нелинейной системы. Экспоненциальная устойчивость. Второй (прямой) метод Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости нелинейных систем. Примеры выбора функций Ляпунова. Абсолютная устойчивость. Алгебраические и частотные критерии абсолютной устойчивости. Инвариантные множества и аттракторы. Понятие о динамическом хаосе, странный аттрактор.</p>	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
9	<p><u>Приближенное исследование нелинейных САУ</u></p> <p>Метод гармонической линеаризации нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации релейных звеньев.</p> <p>Использование критерия Михайлова для определения параметров автоколебаний и устойчивости. Метод гармонического баланса амплитуд и фаз (метод Гольдфарба). Применение показателя колебательности к расчету нелинейной системы.</p> <p>Статистическая линеаризация нелинейностей. Нелинейное преобразование случайных сигналов. Расчет нелинейных систем методом статистической линеаризации.</p>	6	
10	<p><u>Методы оптимального управления</u></p> <p>Оптимальное управление по критерию апериодической устойчивости в линейных системах с запаздыванием. Решение задачи АКОР. Построение уравнений Риккати и их решение. Приближенные решения задач оптимального управления с переменными коэффициентами. Комбинированное оптимальное управление. Стохастические оптимальные системы. Решение задачи ЛКГ оптимального управления. Понятие о H^∞ – теории управления. Стохастические оптимальные линейные дискретные системы. Решение задач АКОР и ЛКГ для дискретных систем. Принцип максимума, уравнение Беллмана.</p>	6	

4.3 Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
2	<p><u>Изучение временных и частотных характеристик динамических звеньев</u></p> <p>Изучение динамических свойств элементарных звеньев</p>	3	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
2	<u>Изучение логарифмических характеристик динамических звеньев и их соединений</u> Использование логарифмической плоскости как инструмента для анализа объектов и систем, изучение операторов MATLAB	9	
3, 4	<u>Проектирование одноконтурных линейных автоматических систем стабилизации при помощи логарифмических частотных характеристик на ПЭВМ</u> Изучение методов синтеза системы стабилизации на логарифмической плоскости, анализ устойчивости и показателей качества систем, изучение операторов MATLAB	9	
3, 4	<u>Проектирование одноконтурных линейных автоматических систем программного управления при помощи логарифмических частотных характеристик на ПЭВМ</u> Изучение классических методов синтеза системы программного регулирования, анализ показателей качества во временной и частотной областях, изучение операторов MATLAB	9	
5	<u>Проектирование одноконтурных линейных автоматических систем регулирования при помощи метода динамической компенсации</u> Изучение метода компенсации, как метода улучшения показателей качества системы	9	
6,10	<u>Оптимальная стабилизация линейного объекта</u> Изучение метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов	4	
7	<u>Синтез линейных дискретных и импульсных систем автоматического регулирования</u> Изучение методов дискретного управления	4	
8	<u>Анализ и синтез нелинейных систем управления прямым методом Ляпунова</u> Изучение основных понятий теории устойчивости и управления на основе подхода Ляпунова	4	
9	<u>Анализ и синтез нелинейных систем при помощи метода гармонического баланса</u> Изучение методов синтеза нелинейных систем приближенными методами	4	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Моделирование линейных объектов управления при помощи передаточных функций	2	Устный опрос №1
2	Решение дифференциальных уравнений методами операционного исчисления	2	Контрольная работа №1
2	Построение логарифмических частотных характеристик для линейных систем	2	Контрольная работа №2
4	Изучение статических и астатических систем	2	Контрольная работа №2
3	Исследование характеристических уравнений систем с сингулярными параметрическими возмущениями. Системы с бесконечно большим коэффициентом передачи	2	Устный опрос №1
2	Изучение элементарных динамических звеньев	2	Устный опрос №2
3	Критерий устойчивости Найквиста	2	Устный опрос №2
5	Синтез регуляторов при помощи логарифмической плоскости	2	Контрольная работа №2
5	Синтез регуляторов методом динамической компенсации	2	Контрольная работа №4
4	Построение траекторий корней методом корневого годографа	2	Контрольная работа №4
3	Изучение метода D – разбиения по двум параметрам	3	Устный опрос №1
5	Оптимальные и субоптимальные по критерию апериодической устойчивости системы	3	Контрольная работа №4
6	Построение уравнений вход – выход – состояние для передаточных функций	3	Контрольная работа №5
6	Вычисление матричной экспоненты, решение систем линейных уравнений	3	Контрольная работа №5
6	Управляемость и наблюдаемость линейных систем, минимальная реализация системы	3	Контрольная работа №5
6, 10	Задача аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР), построение динамических наблюдателей	3	Контрольная работа №5
6, 10	Оптимальное управление на конечном интервале времени	3	Контрольная работа №6
6, 10	Субоптимальное управление, метод замороженных коэффициентов	3	Контрольная работа №6
6, 10	Фильтр Калмана. Линейная квадратичная гауссова (ЛКГ) задача управления	3	Контрольная работа №6
8	Методы построения функций Ляпунова	1	Контрольная работа №7

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
8	Алгебраические методы теории абсолютной устойчивости	2	Контрольная работа №7
8	Частотные методы теории абсолютной устойчивости	2	Контрольная работа №7
9	Определение параметров автоколебаний и устойчивости при помощи критериев Михайлова и Найквиста (метод Гольдфарба)	2	Контрольная работа №7
7	Построение дискретного преобразования Лапласа по непрерывной передаточной функции. Z – преобразование	2	Контрольная работа №8
7	Определение величины шага дискретности по заданной передаточной функции непрерывной части системы	2	Контрольная работа №8
7	Синтез традиционных (П, ПИ, ПИД) регуляторов для импульсных систем	2	Устный опрос №1
7	Синтез дискретных регуляторов методом динамической компенсации	2	Устный опрос №1
7	Синтез апериодических дискретных регуляторов	2	Контрольная работа №8
7	Синтез модальных дискретных регуляторов состояния	2	Контрольная работа №8
7	Синтез модальных дискретных регуляторов выхода	2	Контрольная работа №8
7	Оптимальное управление дискретной системой	2	Контрольная работа №8
7	Обеспечение качественного управления в импульсной системе	2	Устный опрос №1
1-10	Подбор материалов для выполнения курсовой работы, консультации		Защита КР
	Итого	75	12

4.5 Курсовая работа

проводится в 6 семестре и включает следующие темы:

1. Проектирование линейных одноконтурных систем стабилизации,
2. Проектирование линейных одноконтурных систем программного регулирования,
3. Использование методов динамической компенсации и оптимального управления для проектирования линейных систем стабилизации,
4. Синтез линейных систем с запаздыванием по критерию апериодической устойчивости.

Задание выдается преподавателем по одной из тем или комплексно по нескольким темам. Задание включает передаточные функции объекта управления, исполнительного механизма и датчика, а также требования к качественным показателям проектируемой системы управления.

Варианты заданий для курсовой работы

Для выбора варианта задания используются три передаточные функции: передаточная функция объекта, передаточная функция исполнительного механизма, передаточная функция датчика, которые приведены в таблицах 1-3

I Задание объекта

Передаточная функция $W_o = W_o'(P)e^{-p\tau}$

Таблица 1 – Задание объекта

Номер задания	Передаточная функция $W_o'(P)$	Примечания
1	$\frac{2}{P}$	Запаздывание 10 мин.
2	$1.5 \cdot \frac{1-7P}{(1+10P)^2}$	Запаздывание 7 мин.
3	$\frac{1.5}{225P^2 + 15P + 1}$	Колебательное звено $\xi=0.5, T=15$ мин.
4	$\frac{1.5 \cdot (1-5P)}{(1+20P)(1+10P)}$	Запаздывание 2 мин.
5	$\frac{1.5}{(1+20P)(1+10P)}$	Запаздывание 12 мин.
6	$\frac{1.5}{P(1+20P)}$	Запаздывание 10 мин.

II Задание исполнительного механизма.

Таблица 2 – Задание исполнительного механизма

Номер задания	Передаточная функция $W_{им}(P)$	Примечания
1	2.5	
2	$\frac{1.5}{P}$	
3	$\frac{1.5}{P(1+5P)}$	
4	$\frac{1+5P}{1+10P}$	
5	$\frac{1+5P}{P}$	

6	$\frac{1+5P}{P(1+10P)}$	
---	-------------------------	--

III. Измерительная система

Таблица 3 – Измерительная система

Номер задания	Передаточная функция $W_{ум}(P)$	Примечания
1	2	
2	$\frac{1 + 3P}{1 + 6P}$	
3	$\frac{0.5}{3P + 1}$	
4	$\frac{1}{(2P + 1)^2}$	
5	$\frac{2P + 1}{(4P + 1)^2}$	
6	$\frac{1 - 2P}{(1 + 2P)^2}$	

Задание на проектирование: спроектировать систему стабилизации, со следующими показателями качества:

- Время регулирования $t_n \leq 500$ мин
- Перерегулирование $\sigma \leq 25\%$
- Число колебаний $n \leq 2$
- Запас по фазе $\varphi \geq 25^\circ$
- Запас по амплитуде $h \geq 7$ дб.
- Статическая ошибка (по заданию и по возмущению) $\Delta_{ст} \leq 2\%$.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медия: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и экзамена в 5-м семестре и экзамена и курсовой работы в 6-м семестре.

Зачет ставится при выполнении студентом всех форм текущего контроля после собеседования с преподавателем.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: 2-а теоретических вопроса (для проверки знаний) и задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 40 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене в 5 семестре:

Вариант № 1

1. Основные свойства преобразования Лапласа
2. Метод динамической компенсации для устойчивого и минимально фазового объекта
3. Найти обратное преобразование Лапласа путем разложения п.ф. на сумму элементарных составляющих для п.ф. вида

$$W(p) = \frac{2p+1}{(p+1)^2(p+2)(p+3)}.$$

Пример варианта вопросов на экзамене в 6 семестре:

Вариант № 1

3. Уравнения состояния в нормальной форме.
4. Бесконечно большая функция Ляпунова
3. Найти весовую функцию по передаточной функции

$$W(p) = \frac{2z+1}{z^2+3z+1}.$$

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

а) основная литература:

1. Сотников, В. В. Основы теории управления: метод. указ. к выполнению контрольных работ по направ. подгот. 230100 «Информатика и вычислительная техника» и 230400 «Информационные системы и технологии»/ В. В. Сотников, Л. Ф. Макарова; СПбГТИ(ТУ). Каф. сист. автоматизированного проектирования и управления. – СПб., 2010. – 48 с.

2. Сотников, В. В. Основы теории управления. Базовый курс: учеб. пособие по направ. подгот. 230100 «Информатика и вычислительная техника» и 230400 «Информационные системы и технологии» / В. В. Сотников, Л. Ф. Макарова; СПбГТИ(ТУ). Каф. сист. автоматизированного проектирования и управления. – СПб., 2010. – 155 с.

3. Беспалов, А. В. Системы управления химико-технологическими процессами: учебник для вузов/А. В. Беспалов, Н. И. Харитонов; М.: Академкнига, 2007. – 690 с.

4. Власов, К. П. Теория автоматического управления: учеб. пособие по напр. 220200 «Автоматизация и управление»./К. П. Власов; Харьков: Гуманит. Центр, 2007. – 524 с.

5. Фокин, А. Л. Робастное управление технологическими процессами (учеб. пособие)/ А. Л. Фокин, В. В. Сыроковашин, П. А. Бороздин; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2007. – 201 с.

6. Фокин, А. Л. Синтез линейных дискретных и импульсных систем автоматического регулирования (методические указания)/ А. Л. Фокин, О. А. Ремизова, И. В. Рудакова; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2009. – 18 с.

б) дополнительная литература:

1. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления: учеб. пособие для вузов по спец. 210106/ Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев – М; Краснодар: Лань, 2010. – 219 с.

2. Теория автоматического управления: учебник для вузов по напр. подгот. бакалавров и магистров «Автоматизация и управление»/ Под ред. В. Б. Яковлева – М.: Высш. шк., 2009. – 567 с.

3. Математические модели систем пневмоавтоматики. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 296 с.

в) вспомогательная литература:

1. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления/ В. Я. Ротач. – М. Издательский дом МЭИ, 2008. — 396 с.

2. Яковлев, В. Б. Теория автоматического управления/ В. Б. Яковлев – М.: Высшая школа, 2003. — 240 с.

3. Бесекерский, В. А. Теория автоматического управления/ В. А. Бесекерский – М.: Наука, 2003. — 314 с.

4. Антонов, В. Н. Адаптивное управление в технических системах: Учеб. пособие/ В. Н. Антонов, В. А. Терехов, И. Ю. Тюкин; – СПб.: Издательство С.–Петербургского университета, 2001. – 244 с.

5. Квакернаак, Х. Линейные оптимальные системы управления/ Р. Сиван – М.: Мир, 1977. – 650 с.

6. Стрейц, В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления/ В.Стрейц – М.: Наука, 1985. – 296 с.

7. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления/ Под ред. Н. Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2002. – 744 с.

8. Поляк, Б. Т. Робастная устойчивость и управление/ Б. Т. Поляк, П. С. Щербаков. – М.: Наука, 2002. – 203 с.

9. Мирошник, И. В. Нелинейные системы. Анализ и управление/ И. В. Мирошник – СПб: СПбГИТМО(ТУ), 2002. – 170 с.

10. Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием/ Х. Гурецкий – М.: Машиностроение, 1974. — 328 с.

11. Деч, Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования/ Г. Деч – М.: Наука, 1971. — 288 с.

12. Удерман, Э. Г. Метод коревого годографа в теории автоматических систем/ Э. Г. Удерман – М.: Наука, 1972. — 448 с.

13. Острем, К. Ю. Введение в стохастическую теорию управления/ К. Ю. Острем – М.: Мир, 1973. — 321 с.

14. Ерофеев, А. А. Теория автоматического управления: учебник для вузов по направлениям «Автоматизация и управление», «Системный анализ и управление»/ А. А. Ерофеев. – СПб: Политехника, 2003. – 302 с.
15. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. А. А. Воронова. М.: Высшая школа, 1986. — 367 с.
16. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления/ А. А. Первозванский – М.: Наука, 1986. — 616 с.
17. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического регулирования/ В. А. Бесекерский, Е. П. Попов–. М.: Наука, 1972. — 768 с.
18. Изерман, Р. Цифровые системы управления/ Р. Изерман –М.: Мир, 1884. 541с.
19. Изучение логарифмических характеристик динамических звеньев и их соединений (методические указания)/ А. Л. Фокин [и др.]; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 1998. – 36 с.
20. Проектирование одноконтурных линейных автоматических систем стабилизации при помощи логарифмических частотных характеристик на ПЭВМ (методические указания)/ А. Л. Фокин [и др.]; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 1998. – 48 с.
21. Рапопорт, Э. Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами: учеб. пособие для вузов по напр. подгот. «Автоматизация и управление»/Э. Я. Рапопорт; М.: Высш. шк., 2005. – 292 с.
22. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 т. / Под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. М. .: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.
- Т 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – 2004. – 656 с.
- Т 2. Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. – 2004. – 640 с.
- Т 3. Синтез регуляторов систем автоматического управления. – 2004. – 616 с.
- Т 4. Теория оптимизации систем автоматического управления. – 2004. – 744 с.
- Т 5. Методы современной теории автоматического управления. – 2004. – 784 с.
7. Востриков, А. С. Теория автоматического регулирования: учеб. пособие для вузов по направлению «Автоматизация и управление»/ А. С. Востриков; М.: Высш. шк., 2004 – 365 с.
23. Фокин, А. Л. Проектирование линейных одноконтурных систем стабилизации (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2004. – 21 с.
24. Фокин, А. Л. Проектирование линейных одноконтурных систем программного регулирования (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2004. – 19 с.
25. Фокин, А. Л. Использование методов динамической компенсации и оптимального управления для проектирования линейных систем стабилизации (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2004. – 16 с.
26. Фокин, А. Л. Синтез линейных систем с запаздыванием по критерию аperiodической устойчивости (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2004. – 15 с.
27. Фокин, А. Л. Анализ и синтез нелинейных систем управления прямым методом Ляпунова (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян, В. В. Сыроквашин; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2005. – 24 с.

28. Фокин, А. Л. Оптимальная стабилизация линейного объекта (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян, В. В. Сыроквашин; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2005. – 20 с.

29. Фокин, А. Л. Проектирование линейных автоматических систем регулирования при помощи метода динамической компенсации (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян, В. В. Сыроквашин; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2005. – 21 с.

30. Фокин, А. Л. Анализ и синтез нелинейных систем при помощи метода гармонического баланса (методические указания)/ А. Л. Фокин, М. А. Джарагян, В. В. Сыроквашин; СПбГТИ (ТУ). Каф. автоматизации процессов хим. промышленности. – 2005. – 24 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

сайт «НПО Техноконт» <http://www.technocont.ru>;

сайты фирм разработчиков АСУТП: www.adastra.ru; www.foit.ru;
www.metso.ru; www.siemens.ru;

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Теория автоматического управления» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

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

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы компании «НПО Техноконт»;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel);
P.I.D. – expert станция инженерного сопровождения систем автоматического регулирования, версия 2.05 (демо-версия).

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 40 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

Приложение № 1
к рабочей программе дисциплины

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Теория автоматического управления»

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка²	Этап формирования³
ОПК-3	способностью использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности	промежуточный
ПК-8	способностью выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств , их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами , жизненным циклом продукции и ее качеством	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает основные исторические этапы становления теории автоматического управ-	Правильные ответы на вопросы №5-8 к экзамену	ПК-8

² **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

³ этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	ления, основные принципы и задачи теории управления. Умеет использовать основные понятия теории управления для оценки технических решений. Владеет идеологией информационного подхода, философским, социальным и экономическим аспектами управления		
Освоение раздела №2	Знает основные операторы MATLAB для построения частотных характеристик передаточных функций объектов и систем. Владеет навыками программирования в среде MATLAB для моделирования частотных характеристик	Правильные ответы на вопросы №1, 2	ОПК-3
	Знает основы моделирования динамики линейных систем. Умеет решать задачи моделирования методами операционного исчисления.	Правильные ответы на вопросы №8-16	ПК-8
Освоение раздела № 3	Знает основные критерии устойчивости линейных систем. Умеет решать задачи анализа линейных систем. Владеет навыками определения основных показателей демпфирования динамических систем.	Правильные ответы на вопросы №22-31	ПК-8
Освоение раздела №4	Знает основные операторы MATLAB для построения временных характеристик динамических систем. Владеет навыками	Правильные ответы на вопросы №1, 3	ОПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	программирования для построения временных характеристик систем.		
	Знает основные временные показатели качества систем управления. Знает основные подходы к построению желаемого движения системы. Владеет навыками построения временных характеристик систем.	Правильные ответы на вопросы №18-21	ПК-8
Освоение раздела № 5	Знает основные подходы к построению традиционных регуляторов. Знает основные принципы метода динамической компенсации. Умеет решать задачи синтеза систем управления с заданными показателями качества.	Правильные ответы на вопросы №32-48	ПК-8
Освоение раздела №6	Знает основные операторы MATLAB для построения линейных моделей в пространстве состояний. Владеет навыками программирования для построения моделей в пространстве состояний.	Правильные ответы на вопросы №1-4	ОПК-3
	Знает основные принципы построения моделей вход-выход-состояние. Знает методы структурного анализа систем управления. Умеет решать задачи моделирования линейных систем в пространстве состояний	Правильные ответы на вопросы №48-67	ПК-8

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела №7	<p>Знает основные методы построения линейных дискретных систем в частотной и временной областях.</p> <p>Знает основные подходы к построению современных импульсных систем управления.</p> <p>Умеет проводить анализ устойчивости дискретных систем.</p> <p>Владеет навыками расчета импульсных систем.</p>	Правильные ответы на вопросы №81-100	ПК-8
Освоение раздела №8	<p>Знает основные понятия теории устойчивости Ляпунова.</p> <p>Знает критерии абсолютной устойчивости.</p> <p>Владеет навыками построения функций Ляпунова</p>	Правильные ответы на вопросы №68-75	ПК-8
Освоение раздела №9	<p>Знает основные понятия метода гармонического баланса.</p> <p>Умеет использовать основные критерии устойчивости для анализа нелинейных систем.</p> <p>Владеет приближенными методами синтеза нелинейных систем.</p>	Правильные ответы на вопросы №76-80	ПК-8
Освоение раздела №10	<p>Знает основные подходы к построению линейных оптимальных систем управления.</p> <p>Умеет использовать теоретические результаты оптимальной теории для построения систем с улучшенными качественными показателями.</p> <p>Владеет навыками по-</p>	Правильные ответы на вопросы №63-67, 102-104	ПК-8

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	строения линейных оптимальных систем.		

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
если по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, то результат оценивания – «зачтено», «не зачтено»;
если по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и (или) курсового проекта (работы), то шкала оценивания – балльная.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-3:

1. Основные сведения о пакете MATLAB.
2. Операторы MATLAB для построения частотных характеристик передаточных функций.
3. Операторы MATLAB для построения временных характеристик передаточных функций.
4. Операторы MATLAB для моделирования и структурного анализа систем в пространстве состояний.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-8:

5. Предмет изучения теории управления, основные этапы развития науки об управлении
6. Понятие АСР, основные виды и задачи регулирования
7. Классы систем автоматического управления
8. Понятие о вынужденном и свободном движении линейной системы
9. Понятие о передаточной функции объекта или системы
10. Основные свойства преобразования Лапласа
11. Обратное преобразование Лапласа. Основные способы вычисления.
12. Вычисление вынужденной и свободной составляющих движения линейной системы через преобразование Лапласа
13. Частотные характеристики линейной системы
14. Логарифмические частотные характеристики
15. Элементарные звенья
16. Неминимально-фазовые звенья
17. Передаточная функция АСР
18. Оценка качества переходного процесса по вынужденной составляющей
19. Виды свободного движения АСР. Диаграмма Вышнеградского
20. Статические и астатические системы
21. Порядок астатизма системы. Коэффициенты ошибок.
22. Устойчивость линейной АСР. Виды границ устойчивости.

23. Исследование устойчивости АСР при бесконечно больших значениях коэффициента передачи разомкнутой системы.
24. Исследование устойчивости системы при наличии бесконечно больших характеристических чисел.
25. Алгебраические методы исследования устойчивости (критерий Стодолы, критерий Гурвица).
26. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова.
27. Критерий устойчивости Найквиста для систем, устойчивых и неустойчивых в разомкнутом состоянии.
28. Критерий устойчивости Найквиста для систем, которые в разомкнутом состоянии находятся на апериодической границе устойчивости.
29. Критерий устойчивости Найквиста для систем, которые в разомкнутом состоянии находятся на колебательной границе устойчивости.
30. Критерий устойчивости Найквиста для систем с запаздыванием.
31. Использование показателя колебательности для определения запаса устойчивости
32. Корректирующие устройства в АСР.
33. Метод корневого годографа.
34. Метод Д-разбиения
35. Метод динамической компенсации для устойчивого и минимально фазового объекта.
36. Метод динамической компенсации для неминимально-фазового устойчивого объекта.
37. Метод динамической компенсации для неустойчивого объекта.
38. Метод динамической компенсации для объекта с запаздыванием
39. Синтез модального регулятора по передаточной функции замкнутой системы
40. Проектирование АСР методом компенсации
41. Основные законы регулирования
42. Выбор интегрального квадратичного критерия качества оптимизации для линейной АСР на основании известного желаемого характеристического уравнения
43. Параметрическая оптимизация линейной замкнутой системы
44. Корневые методы оценки качества АСР
45. Построение желаемой передаточной функции замкнутой системы при помощи логарифмических частотных характеристик
46. Требования к высокочастотной части АСР
47. Требования к низкочастотной части АСР
48. Требования к среднечастотной части АСР
49. Понятие состояния системы. Уравнения вход-выход-состояние.
50. Уравнение вход-выход-состояние для системы динамических звеньев.
51. Получение матрицы передаточных функций для системы динамических звеньев по уравнению вход-выход-состояние.
52. Решение системы уравнений состояния с постоянными коэффициентами.
53. Вычисление матричной экспоненты с применением теоремы Кели-Гамильтона.
54. Вычисление матричной экспоненты путем разложения в ряд.
55. Спектральное представление матричной экспоненты.
56. Изменение базиса динамической системы. Понятие моды.
57. Структурные свойства линейной системы с одним входом и одним выходом.
58. Понятие невырожденности систем.
59. Управляемость и наблюдаемость системы. Системы с минимальной реализацией.
60. Стабилизация одномерной системы.
61. Наблюдение и оценка составляющих вектора состояния системы.
62. Стабилизация системы по наблюдениям выхода.

63. Оптимальное управление линейным объектом
64. Проектирование оптимальных АСР линейным объектом.
65. Оптимальное управление линейным объектом с переменными параметрами.
66. Метод замороженных коэффициентов при синтезе управления объектом с переменными параметрами.
67. Управление объектом при наличии измеряемых возмущений. Комбинированное управление.
68. Понятие о невозмущенном и возмущенном движении в нелинейных системах. Определение устойчивости по Ляпунову.
69. Теоремы Ляпунова об устойчивости и о неустойчивости.
70. Построение функции Ляпунова для линейной системы.
71. Проблема Айзермана и ее применение для построения функции Ляпунова.
72. Методы построения функций Ляпунова.
73. Абсолютная устойчивость нелинейных систем. Системы прямого управления. Системы непрямого управления.
74. Устойчивость систем прямого управления. Теорема Попова.
75. Оптимальное управление линейным объектом при ограничениях на управление.
76. Гармоническая линеаризация нелинейностей.
77. Алгебраические способы определения автоколебаний и устойчивости в нелинейных системах с одной нелинейностью.
78. Использование кривой Михайлова для анализа устойчивости систем с одной нелинейностью.
79. Использование метода Гольдфарба для анализа устойчивости систем с одной нелинейностью.
80. Применение показателя колебательности к расчету нелинейных систем.
81. Дискретное преобразование Лапласа.
82. Понятие о дискретных и импульсных системах. Примеры импульсных систем.
83. Теорема Котельникова-Шеннона.
84. Прямое и обратное Z-преобразование.
85. Передаточные функции импульсной системы.
86. Свойства Z-преобразования.
87. Фиксирующие цепи в импульсной системе.
88. Способы выбора шага квантования по времени в импульсной системе.
89. Устойчивость дискретной системы. Понятие о бесконечной степени устойчивости.
90. Дискретные регуляторы. ПИД-закон регулирования в дискретной системе.
91. Построение дискретного регулятора в импульсной системе, максимально воспроизводящего заданный непрерывный закон регулирования.
92. Метод компенсации в дискретных и импульсных системах.
93. Синтез дискретного регулятора с бесконечной степенью устойчивости.
94. Синтез апериодического регулятора выхода.
95. Метод компенсации для дискретных и импульсных систем с запаздыванием.
96. Модифицированное Z-преобразование.
97. Управление импульсной системой при помощи непрерывного регулятора.
98. Уравнение вход-выход-состояние для дискретной системы.
99. Уравнения вход-выход-состояние для дискретных систем с запаздыванием.
100. Апериодический регулятор состояния.
101. Модальный регулятор состояния.
102. Задача фильтрации, фильтр Калмана.
103. Задача фильтрации Винера.
104. Синтез систем по критерию максимальной степени устойчивости и по критерию апериодической устойчивости.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 40 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.