

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Теория автоматического управления

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

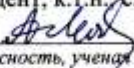
Направленность (профиль) программы (специализация)
**«Автоматизация технологических процессов и производств»,
«Комплексная автоматизация технологических процессов»**

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2020

Преподаватель (преподаватели):
Леонов А.П., доцент, к.т.н., с.н.с., кафедра автоматизации технологических процессов и
производств 

Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра; подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направле-
нию подготовки (специальности) высшего образования

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры автоматизации технологических процессов
и производств

Протокол заседания № 6 от «25» июня 2020 г.

Заведующий кафедрой


(Фамилия И.О., подпись)

Маков П.В.

Эксперт _____

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность)

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины	4
2 Объекты профессиональной деятельности	4
3 Место дисциплины в структуре ОПОП.....	4
4 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).....	5
5 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	5
6 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий	5
7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	8
8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения	9
9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине	10
10 Ресурсное обеспечение	24
11 Язык преподавания.....	25

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Теория автоматического управления» является подготовка будущего бакалавра к участию в исследованиях, разработке и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.

Задачи освоения дисциплины «Теория автоматического управления»:

Изучить:

- принципы работы и построения замкнутых САУ;
- задачи анализа САУ, типовые звенья САУ, их частотные и временные характеристики;
- критерии устойчивости линейных, нелинейных и дискретных САУ, показатели их качества, характеризующие точность и быстродействие;
- типы корректирующих звеньев и алгоритмы управления САУ, задачи и проблемы синтеза САУ, методы математического моделирования САУ, робастные, оптимальные и адаптивные САУ.

Овладеть:

- навыками построения структурных схем САУ;
- навыками построения частотных и временных характеристик отдельных звеньев и САУ в целом;
- методами расчета устойчивости и точности САУ, величины требуемого коэффициента усиления, определения параметров переходного процесса;
- навыками определения параметров корректирующих звеньев САУ и алгоритмов управления, обеспечивающих соответствие регулируемых параметров заданным техническим требованиям.

2 Объекты профессиональной деятельности

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программы бакалавриата, являются:

- системы автоматизации производственных и технологических процессов изготовления продукции различного служебного назначения, управления ее жизненным циклом и качеством, контроля, диагностики и испытаний;
- средства технологического оснащения автоматизации, управления, контроля, диагностирования, испытаний основного и вспомогательного производств, их математическое, программное, информационное и техническое обеспечение, а также методы, способы и средства их проектирования, изготовления, отладки, производственных испытаний, эксплуатации и научного исследования в различных отраслях национального хозяйства.

3 Место дисциплины в структуре ОПОП

Б1.Б.19 «Теория автоматического управления» является дисциплиной базовой части учебного плана.

К началу изучения дисциплины «Теория автоматического управления» студенты должны иметь твердые знания по дисциплинам: «Математический анализ», «Физика», «Теоретическая механика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Информатика», «Электротехника и электроника».

Входящие компетенции, сформированные в результате изучения вышеперечисленных дисциплин: ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21.

После изучения курса «Теория автоматического управления» студент будет подготовлен к освоению следующих дисциплин: «Автоматизированный электропривод», «Проектирование автоматизированных систем», «Интегрированные системы проектирования и управления», «Автоматизация управления жизненным циклом продукции», «Моделирование систем и процессов», «Средства автоматизации и управления».

4 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции <i>(код компетенции, уровень (этап) освоения)</i> <i>(последний – при наличии в карте компетенции)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<p><i>ОПК-4 - способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения. I уровень (пороговый).</i></p>	<p><i>Знать)</i> <i>З1)</i> способы анализа технической эффективности автоматизированных систем. <i>З2*)</i> отечественный и зарубежный опыт по направлению исследований в области машин, производств, систем автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. <i>Уметь)</i> <i>У1)</i> выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления. <i>У2*)</i> принимать нетрадиционные принципиальные технические решения при проектировании аппаратно-программных комплексов автоматических и автоматизированных систем механосборочных производств. <i>Владеть)</i> <i>В1)</i> навыками анализа технологических процессов как объекта управления и навыками выбора функциональных схем их автоматизации.</p>

*) результат обучения сформулирован на основании требований профессионального стандарта «Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства» № 550 (приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 8 сентября 2015 г. № 606н)

5 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых:

68 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

34 часа – лекционные занятия;

34 часа – практические занятия;

Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой

76 часов составляет самостоятельная работа обучающегося:

6 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:										
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них ¹								Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них		
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.
Базовые положения теории автоматического управления.	2	2							2			
Линейные непрерывные модели, их частотные и временные характеристики, показатели качества управления.	30	2		8					10	20		20
Характеристики типовых динамических звеньев линейных САУ, передаточные функции по управлению, ошибке и возмущению, правила преобразования структурных схем.	7	3		4					7			
Алгебраические и частотные критерии устойчивости линейных САУ, запасы устойчивости по амплитуде и фазе.	28	4		4					8	20		20
Точность линейных САУ в установившемся и вынужденном режимах. Способы устранения ошибки. Определение коэффициента усиления разомкнутой системы по заданной величине ошибки.	28	4		4					8	20		20
Схема обобщенного регулятора. Алгоритмы управления. Корректирующие звенья линейных САУ	6	4		2					6			
Основные положения теории автоматического управления нелинейных САУ.	6	4		2					6			
Классификация дискретных САУ. Теорема Котельникова для импульсных САУ. Математический аппарат теории импульсных систем, z - преобразования. Передаточные функции импульсных систем. Исследование устойчивости импульсных САУ.	26	6		4					10	16		16

¹ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Цифровые САУ. Особенности динамики цифровых систем, их математическое описание. Методика исследования цифровых САУ. Робастные системы, оптимальное и адаптивное управление.	11	5		6						11			
Форма промежуточной аттестации по дисциплине зачет с оценкой													
Итого	144	34		34						68	76		76

**Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.*

*** Промежуточная аттестация может проходить как в традиционных форма (зачет, экзамен), так и в иных формах: балльно-рейтинговая система, защита портфолио, комплексный экзамен, включающий выполнение практических заданий (возможно наряду с традиционными ответами на вопросы по программе дисциплины (модуля)).*

7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Тематика практических занятий (ПЗ) (Таблица 1)

Таблица 1

Обозначение	К-во часов	Наименование практических занятий
VI семестр		
ПЗ ₁	2	Уравнения звеньев системы, линеаризация. Передаточная функция звена. Частотные и временные характеристики
ПЗ ₂	2	Построение амплитудно-фазовых характеристик (годографов) САУ. Определение зависимости от частоты значений модуля комплексного коэффициента усиления и сдвига по фазе.
ПЗ ₃	2	Построение логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАЧХ) и логарифмических фазово-частотных характеристик (ЛФЧХ)
ПЗ ₄	2	Определение передаточных функций САУ по ЛАЧХ для минимально-фазовых звеньев
ПЗ ₅	2	Определение передаточных функций САУ по управляющему воздействию, ошибке, возмущению
ПЗ ₆	2	Решение задач на преобразование структурных схем САУ с определением передаточных функций по управляющему воздействию и ошибке
ПЗ ₇	2	Определение устойчивости САУ и расчет предельной величины коэффициента усиления с помощью критериев устойчивости Гурвица и Михайлова
ПЗ ₈	2	Определение устойчивости САУ с помощью критерия Найквиста по годографу разомкнутой системы, ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе с помощью ЛАЧХ и ЛФЧХ. Запасы устойчивости для практически приемлемых САУ
ПЗ ₉	2	Расчет точности и требуемого коэффициента усиления статических САУ в установившемся режиме
ПЗ ₁₀	2	Расчет точности САУ в вынужденном режиме при произвольных воздействиях
ПЗ ₁₁	2	Определение параметров корректирующих звеньев
ПЗ ₁₂	2	Определение абсолютной устойчивости нелинейных САУ с помощью критерия Попова
ПЗ ₁₃	2	Разностные уравнения. Определение передаточных функций разомкнутых и замкнутых импульсных САУ
ПЗ ₁₄	2	Определение устойчивости дискретных САУ
ПЗ ₁₅	2	Определение периода формирования управляющей функции для цифровой САУ. Особенности реализации цифровых САУ, интерфейсы ввода-вывода
ПЗ ₁₆	2	Интерфейсы ввода-вывода, оптимальное и адаптивное управление
ПЗ ₁₇	2	Особенности робастных САУ
Итого	34 ч.	

Методическое обеспечение практических занятий по «Теории автоматического управления» – «Конспект лекций по дисциплине «Теория автоматического управления», «Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине «Теория автоматического управления», размещенные на сервере и доступные по сети по адресу: atlas/material/кафедра АТПиП/

Тематика самостоятельных работ VI семестр

1. Контрольная работа (ПР-2.1) «Построение частотных характеристик САУ (*индивидуальное задание для каждого студента*).

Трудоемкость – 20 часов. Раздел дисциплины – «Линейные непрерывные модели, их частотные и временные характеристики, показатели качества управления».

2. Контрольная работа (ПР-2.2) «Определение устойчивости САУ с помощью критериев устойчивости Гурвица, Михайлова, Найквиста (*индивидуальное задание для каждого студента*).

Трудоемкость – 20 часов. Раздел дисциплины – «Алгебраические и частотные критерии устойчивости линейных САУ, запасы устойчивости по амплитуде и фазе».

3. Контрольная работа (ПР-2.3) «Расчет точности САУ при различных воздействиях (*индивидуальное задание для каждого студента*)

Трудоемкость – 20 часов. Раздел дисциплины – «Точность линейных САУ в установившемся и вынужденном режимах. Способы устранения ошибки. Определение коэффициента усиления разомкнутой системы по заданной величине ошибки».

4. Контрольная работа (ПР-2.4) «Определение передаточных функций и устойчивости замкнутых импульсных САУ» (*индивидуальное задание для каждого студента*)

Трудоемкость – 16 часов. Раздел дисциплины – «Классификация дискретных САУ. Теорема Котельникова для импульсных САУ. Математический аппарат теории импульсных систем, z - преобразования. Передаточные функции импульсных систем. Исследование устойчивости импульсных САУ».

Методическое обеспечение самостоятельных работ по дисциплине «Теория автоматического управления» – «Конспект лекций по дисциплине «Теория автоматического управления», «Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине «Теория автоматического управления», размещенные на сервере и доступные по сети по адресу: atlas/material/кафедра АТПиП/

8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение контрольных работ;
- сдача зачета с оценкой.

Инновационные формы проведения учебных занятий

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Теория автоматического управления» предусмотрены 15 часов инновационных форм проведения аудиторных занятий (таблица 2).

Таблица 2

Семестр	Вид занятия	Используемые образовательные технологии	Кол-во часов
VI	Лекции	Разбор конкретных ситуаций по использованию законов «Теории автоматического управления» при проектировании промышленных САУ для обеспечения требуемых точности и производительности оборудования.	6
VI	Практиче-	<u>Практические тренинги:</u>	9

	ские занятия	<p>«Как определить практическую приемлемость САУ по переходной характеристике?», «Как минимизировать зависимость напряжения на выходе генератора от нагрузки?», «Как выполнить настройку промышленного ПИД-регулятора?»</p> <p><u>Разбор конкретных ситуаций:</u></p> <p>«Откуда появляется неустойчивость САУ и почему при анализе устойчивости используется точка с координатами (-1; j0)». «Зачем нужны частотные характеристики, в том числе, ЛАЧХ и ЛФЧХ?» «Сравнительный анализ критериев устойчивости Гурвица, Михайлова и Найквиста». «Что такое управление с упреждением и его отличие от управления по отклонению?» «В чем заключается практическое применение теоремы Котельникова для цифровых САУ?»</p>	
--	--------------	--	--

9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки.

В 6 семестре максимальное количество баллов, которые студент может набрать – 100, в том числе:

1) В течение семестра студент может набрать не более 70 баллов:

- 34 балла за посещение занятий, по 1 баллу за посещение лекции или практического занятия (Лекции — 17, ПЗ — 17);
- 5 баллов за активную работу на ПЗ;
- 8 баллов за выполнение ПР-2.1 в соответствии с графиком, приведенным в Таблице 3;
- 8 баллов за выполнение ПР-2.2 в соответствии с графиком, приведенным в Таблице 3;
- 8 баллов за выполнение ПР-2.3 в соответствии с графиком, приведенным в Таблице 3;
- 7 баллов за выполнение ПР-2.4 в соответствии с графиком, приведенным в Таблице 3.

2) 30 баллов студент может набрать при сдаче зачета с оценкой.

Таблица 3

График выполнения и защит самостоятельных работ студентами в 7 семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ПР-2.1			В ПР-2.1				3 ПР-2.1										
ПР-2.2							В ПР-2.2			3 ПР-2.2							
ПР-2.3										В ПР-2.3				3 ПР-2.3			
ПР-2.4														В ПР-2.4			3 ПР-2.4

(указываются: В ПР-2 на неделю выдачи задания на самостоятельную работу, 3 ПР-2 на неделю защиты самостоятельной работы)

По результатам работы в семестре (Таблица 4) студент может получить автоматическую оценку «удовлетворительно» и может зачет с оценкой не сдавать. При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать зачет с оценкой.

Если студент не набрал минимального числа баллов (51 балл) в течение семестра, то он не допускается к экзамену.

Студент по результатам работы в семестре «зарабатывает» часть оценки, которую может повысить на зачете с оценкой.

Таблица 4

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к зачету с оценкой
в том числе: 61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к зачету с оценкой
0-50 *	Неудовлетворительно (студент не допущен к зачету с оценкой)

*Чтобы получить допуск к зачету с оценкой необходимо сдать контрольные работы и по усмотрению преподавателя выполнить часть заданий, которые рассматривались на пропущенных студентом занятиях.

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины «Теория автоматического управления»

(Полная карта компетенций приведена в документе «Матрица формирования компетенций» по направлению бакалавриата 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств).

Компетенции, усиливаемые и приобретаемые обучающимися в результате освоения дисциплины «Теория автоматического управления»:

ОПК-4 - способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения.

Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) *	Уровень освоения компетенции**	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		<i>(критерии берутся из соответствующих карт компетенций, шкала оценивания (4 или более шагов) устанавливается в зависимости от того, какая система оценивания (традиционная или балльно-рейтинговая) применяется)</i>					
		1	2	3	4	5	
(ОПК-4) Знать: 31) способы анализа технической эффективности автоматизированных систем.	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает или знает слабо, фрагментарно способы анализа технической эффективности автоматизированных систем	Удовлетворительно знает способы анализа технической эффективности автоматизированных систем	Хорошо знает способы анализа технической эффективности автоматизированных систем	Демонстрирует свободное и уверенное знание способов анализа технической эффективности автоматизированных систем	Устное собеседование на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, зачет с

							<i>оценкой</i>
<p>(ОПК-4) Знать: 32*) отечественный и зарубежный опыт по направлению исследований в области машин, производств, систем автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства</p>	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает или знает слабо, фрагментарно отечественный и зарубежный опыт по направлению исследований в области машин, производств, систем автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Удовлетворительно знает отечественный и зарубежный опыт по направлению исследований в области машин, производств, систем автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Хорошо знает отечественный и зарубежный опыт по направлению исследований в области машин, производств, систем автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Демонстрирует свободное и уверенное знание отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований в области машин, производств, систем автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	<i>Устное собеседование на практических занятиях</i>
<p>(ОПК-4) Уметь: У1) выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления</p>	I - пороговый	Отсутствие умений	Демонстрирует частичное умение выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления	Демонстрирует частичное умение выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления	Демонстрирует достаточно устойчивое умение выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления	Демонстрирует устойчивое умение выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления	<i>Устное собеседование на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, зачет с оценкой</i>
<p>(ОПК-4) Уметь: У2*) принимать нетрадиционные принципиальные технические решения при проектировании аппаратно-программных комплексов автоматических и автоматизированных систем механосборочных производств.</p>	I - пороговый	Отсутствие умений	Демонстрирует частичное умение принимать нетрадиционные принципиальные технические решения при проектировании аппаратно-программных комплексов автоматических и автоматизированных систем	Демонстрирует частичное умение принимать нетрадиционные принципиальные технические решения при проектировании аппаратно-программных комплексов автоматических и автоматических систем	Демонстрирует достаточно устойчивое умение принимать нетрадиционные принципиальные технические решения при проектировании аппаратно-программных комплексов автоматических и автоматизированных систем	Демонстрирует устойчивое умение принимать нетрадиционные принципиальные технические решения при проектировании аппаратно-программных комплексов автоматических и автоматизированных систем	<i>Устное собеседование на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, зачет с оценкой</i>

			механосборочных производств	ских и автоматизированных систем механосборочных производств	ных систем механосборочных производств	механосборочных производств	
(ОПК-4) Владеть: В1) навыками анализа технологических процессов как объекта управления и навыками выбора функциональных схем их автоматизации.	I - пороговый	Отсутствие владения	Демонстрирует низкий уровень владения навыками анализа технологических процессов как объекта управления и выбора функциональных схем их автоматизации	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками анализа технологических процессов как объекта управления и выбора функциональных схем их автоматизации	Демонстрирует хороший уровень владения навыками анализа технологических процессов как объекта управления и выбора функциональных схем их автоматизации	Демонстрирует высокий уровень владения навыками анализа технологических процессов как объекта управления и выбора функциональных схем их автоматизации	Устное собеседование на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ, зачет с оценкой

Задания на контрольные работы ПР-2.1 — ПР-2.4, вопросы к зачету с оценкой, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Задание к ПР-2.1

Задача №1. В соответствии с правилами построения амплитудно-фазовых характеристик для заданного варианта (Таблица 1) построить годограф для системы с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{(1+pT_1)(1+pT_2)}$. Использовать не менее 5-и промежуточных точек, соответствующих частотам $\omega = 0, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \infty$, заданным в таблице 1. По годографу графически (с помощью линейки) определить модули комплексного коэффициента усиления $|W(j\omega)| = A(\omega)$ при $\varphi(\omega) = -45^\circ$ и $\varphi(\omega) = -135^\circ$.

Таблица 1

Варианты заданий

№ варианта	K	T ₁ (с.)	T ₂ (с.)	ω_1	ω_2	ω_3
1	100	0.22	0.12	1	4.5	8.3
2	40	0.25	0.06	1	4.0	16.7
3	60	0.5	0.15	1	2.0	6.7
4	50	0.36	0.18	1	2.8	5.6
5	70	0.3	0.12	1	3.3	8.3

Задача №2. В соответствии с правилами построения амплитудно-фазовых характеристик для заданного варианта (Таблица 2) построить годограф для системы с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{1+2\xi pT+p^2T^2}$. Использовать не менее 6-и промежуточных точек, соответствующих частотам $\omega = 0, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \infty$, заданным в таблице 2. По

годографу графически (с помощью линейки) определить модули комплексного коэффициента усиления $|W(j\omega)| = A(\omega)$ при $\varphi(\omega) = -45^\circ$ и $\varphi(\omega) = -135^\circ$.

Таблица 2

Варианты заданий

№ варианта	K	$T(c.)$	ξ	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
1	100	0.2	0.4	1.0	3.0	5.0	10
2	40	0.15	0.2	2.0	5.0	6.6	13
3	60	0.1	0.4	2.0	8.0	10.0	20
4	50	0.05	0.16	5.0	16.0	20.0	40
5	70	0.04	0.2	8.0	20.0	25.0	50

Задача №3. В соответствии с правилами построения амплитудно-фазовых характеристик для заданного варианта (Таблица 3) построить годограф для системы с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{p(1+pT)}$. Использовать не менее 5-и промежуточных точек, соответствующих частотам $\omega = 0, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \infty$, заданным в таблице 3. По годографу графически (с помощью линейки) определить модуль комплексного коэффициента усиления $|W(j\omega)| = A(\omega)$ при $\varphi(\omega) = -135^\circ$.

Таблица 3

Варианты заданий

№ варианта	K	$T(c.)$	ω_1	ω_2	ω_3
1	60	0.1	2	10	20
2	40	0.2	1	5	10
3	80	0.05	15	20	30
4	20	0.04	10	25	40
5	30	0.02	30	50	70
6	50	0.25	1	4	15

Задача №4. Для заданного варианта построить асимптотическую ЛАЧХ для САУ с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{p(1+pT_1)(1+pT_2)}$. Рекомендуемые масштабы: по оси $\omega \rightarrow 2,5 \text{ см/декада}$; по оси $L(\omega) \rightarrow 20 \text{ дБ/см}$. По ЛАЧХ определить частоту среза ω_{CP} для данной САУ.

Для построения ЛФЧХ найти значения $\varphi(\omega)$ при $\omega = \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ (Таблица 4), округлив их с точностью до градуса. По полученным точкам построить ЛФЧХ в диапазоне от $\approx 0^\circ$ до -270° .

По критерию Найквиста определить устойчивость САУ и запасы устойчивости по фазе и амплитуде.

Таблица 4

Варианты заданий

№ варианта	K	$T_1(c.)$	$T_2(c.)$	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
1	400	0.4	0.02	1	2.5	50.0	200.0
2	100	0.2	0.02	1	5.0	50.0	400.0
3	1000	0.5	0.05	1	2.0	20.0	100.0
4	90	0.25	0.04	1	4.0	25.0	90.0
5	40	0.16	0.1	1	6.2	10.0	200.0

Задача №5. Для заданного варианта построить асимптотическую ЛАЧХ для САУ с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{(1+pT_1)(1+pT_2)(1+pT_3)}$. Рекомендуемые масшта-

бы: по оси $\omega \rightarrow 2,5 \text{ см/декада}$; по оси $L(\omega) \rightarrow 20 \text{ дБ/см}$. По ЛАЧХ определить частоту среза $\omega_{\text{ср}}$ для данной САУ.

Для построения ЛФЧХ найти значения $\varphi(\omega)$ при $\omega = \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ (Таблица 5), округлив их с точностью до градуса. По полученным точкам построить ЛФЧХ в диапазоне от $\approx 0^\circ$ до -270° .

По критерию Найквиста определить устойчивость САУ и запасы устойчивости по фазе и амплитуде.

Таблица 5

Варианты заданий

№ варианта	K	T_1 (с.)	T_2 (с.)	T_3 (с.)	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
1	600	0.5	0.15	0.02	2.0	6.7	50.0	500.0
2	200	0.4	0.2	0.05	2.5	5.0	20.0	300.0
3	900	1.0	0.4	0.1	1.0	2.5	10.0	200.0
4	300	0.5	0.1	0.02	2.0	10.0	20.0	250.0
5	400	0.2	0.16	0.01	5.0	6.2	100.0	800.0

Задача №6. Для заданного варианта построить асимптотическую ЛАЧХ для САУ с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{(1+pT_1)(1+2\xi pT_2+p^2T_2^2)}$. Рекомендуемые масштабы: по оси $\omega \rightarrow 2,5 \text{ см/декада}$; по оси $L(\omega) \rightarrow 20 \text{ дБ/см}$. По ЛАЧХ определить частоту среза $\omega_{\text{ср}}$ для данной САУ.

Для построения ЛФЧХ найти значения $\varphi(\omega)$ при $\omega = \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ (Таблица 6), округлив их с точностью до градуса. По полученным точкам построить ЛФЧХ в диапазоне от $\approx 0^\circ$ до -270° .

По критерию Найквиста определить устойчивость САУ и запасы устойчивости по фазе и амплитуде.

Таблица 6

Варианты заданий

№ варианта	K	T_1 (с.)	T_2 (с.)	ξ	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
1	400	0.5	0.1	0.2	2.0	10.0	40.0	400.0
2	100	0.4	0.05	0.1	2.5	20.0	80.0	200.0
3	800	2.0	0.2	0.5	0.5	5.0	100	600.0
4	80	1.0	0.04	0.4	1.0	25.0	90	500
5	60	0.8	0.4	0.1	1.25	2.5	50	200
6	200	0.4	0.08	0.3	2.5	12.5	100	400

Задача №7. Определить передаточную функцию $W(p)$ САУ по ЛАЧХ, приведенной на рис. 1 при заданных в Таблице 7 значениях $\omega_{\text{с1}}, \omega_{\text{с2}}, \omega_{\text{с3}}$.

Таблица 7

№ варианта	$\omega_{\text{с1}}$	$\omega_{\text{с2}}$	$\omega_{\text{с3}}$
1	2	10.0	250.0
2	1	8.0	40.0
3	1.25	25	120.0
4	0.8	62.0	500.0
5	1.5	40.0	300.0

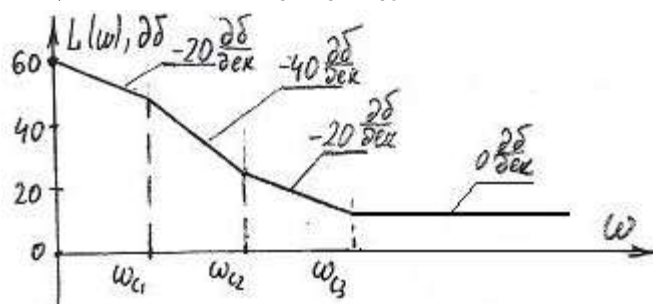


Рис. 1

Задача №8. Определить передаточную функцию $W(p)$ САУ по ЛАЧХ, приведенной на рис. 2 при заданных в Таблице 8 значениях $\omega_{\text{с1}}, \omega_{\text{с2}}, \omega_{\text{с3}}$.

Таблица 8

№ варианта	ω_{C1}	ω_{C2}	ω_{C3}
1	5.0	20.0	400.0
2	1.0	12.5	150.0
3	2.0	40.0	125.0
4	2.5	62.0	250.0
5	1.25	80.0	400.0

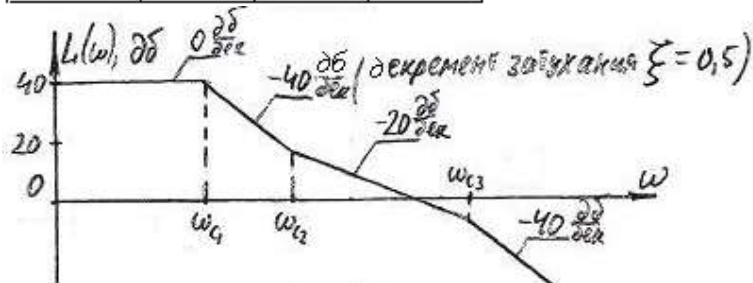


Рис. 2

Задача №9. Определить передаточную функцию $W(p)$ САУ по ЛАЧХ, приведенной на рис. 3 при заданных в Таблице 9 значениях $\omega_{C1}, \omega_{C2}, \omega_{C3}$.

Таблица 9

№ варианта	ω_{C1}	ω_{C2}	ω_{C3}
1	4.0	20.0	200.0
2	0.8	6.2	50.0
3	2.0	60.0	125.0
4	2.5	40.0	250.0
5	1.25	25.0	125.0
6	1.0	80.0	200.0

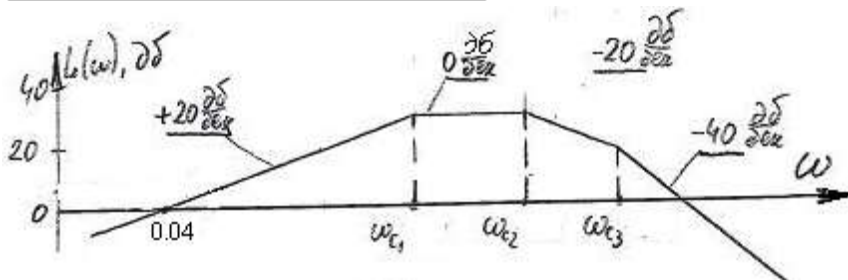


Рис. 3

Задание к ПР-2.2

Задача №1. С помощью критерия Гурвица определить устойчивость САУ, структурная схема которой представлена на рисунке 1. Варианты заданий представлены в

Таблице 1.

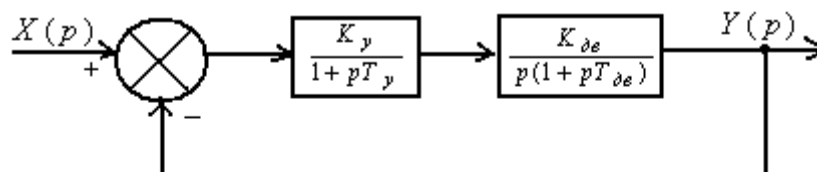


Рис. 1

Таблица 1

№ варианта	K_y	$K_{дв} [1/Вс]$	$T_y [с]$	$T_{дв} [с]$
1	10	2.4	0.15	0.4
2	8	2.3	0.05	0.3
3	15	1.8	0.04	0.2
4	12	2.1	0.08	0.5
5	6	1.5	0.02	0.1
6	18	1.4	0.03	0.2
7	14	2.0	0.01	0.9
8	20	1.9	0.06	0.8

Задача №2. С помощью критерия Гурвица определить предельное значение коэффициента усиления K_y для САУ, структурная схема которой представлена на рисунке 1. Варианты заданий представлены в Таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	$K_{дв} [1/Вс]$	$T_y [с]$	$T_{дв} [с]$
1	2.3	0.04	0.5
2	1.8	0.08	0.1
3	2.1	0.02	0.2
4	1.5	0.03	0.9
5	1.4	0.01	0.8
6	2.0	0.06	0.4
7	1.9	0.15	0.3
8	2.4	0.05	0.2

Задача №3. С помощью критерия Михайлова определите устойчивость замкнутой САУ, имеющей единичную обратную связь, если передаточная функция разомкнутой системы (звеньев, стоящих в прямой цепи). Варианты заданий приведены в Таблице 3.

$$W_{раз}(p) = \frac{K}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)(1 + pT_3)}$$

Таблица 3

№ варианта	K	$T_1 [с]$	$T_2 [с]$	$T_3 [с]$
1	20	1	0.4	0.1
2	15	1.2	0.5	0.1
3	25	1.5	0.15	0.08
4	10	2.5	0.8	0.2
5	30	2.0	0.6	0.3
6	11	1.8	1.0	0.4
7	22	0.9	0.6	0.2
8	12	1.1	1.0	0.9
9	30	1.9	0.9	0.1
10	24	0.8	0.3	0.08
11	16	1.3	0.4	0.1
12	28	1.7	0.09	0.04

13	35	2.4	0.1	0.02
14	12	1.2	0.8	0.2
15	40	0.6	0.1	0.06

Задача №4. Построить асимптотическую ЛАЧХ и участок ЛФЧХ для САУ с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{p(1+0.1p)(1+0.01p)}$. Величины K заданы в Таблице 4. При построении ЛФЧХ использовать $\omega = 10$; $\omega_{cp}; 100$. ω_{cp} определить по ЛАЧХ. Рекомендуемые масштабы: по оси $\omega \rightarrow 5 \text{ клеток/декада}$; по оси $L(\omega) \rightarrow 10 \text{ дБ/клетка}$. Определить запасы устойчивости по фазе и амплитуде.

Таблица 4

№ варианта	K
1	8
2	100
3	20
4	80
5	40
6	45
7	60
8	35
9	70
10	30
11	90
12	10
13	25
14	120
14	55
15	75

Задание к ПР-2.3

(варианты заданы в Таблице 1)

Определение точности САУ

Задача №1. Нагрузочная характеристика генератора электрического напряжения представлена на рис.1. Для статической системы управления напряжением генератора, структурная схема которой представлена на рис.2, при $X_0 = 220$; $K_{IH} = 1$ и других значениях параметров, заданных в Таблице 1, определить:

- установившееся значение выходного напряжения генератора $U_{\Gamma} = Y_{VCT}(0)$;
- составляющую ошибки $\Delta U_{\Gamma(X_0)} = X_0 - U_{\Gamma}$, обусловленную входным сигналом X_0 ;
- составляющую ошибки $\Delta U_{\Gamma(f_0)}$, обусловленную возмущением (помехой) $f_0 = \Delta I_H$;
- величину коэффициента K_{fy} .

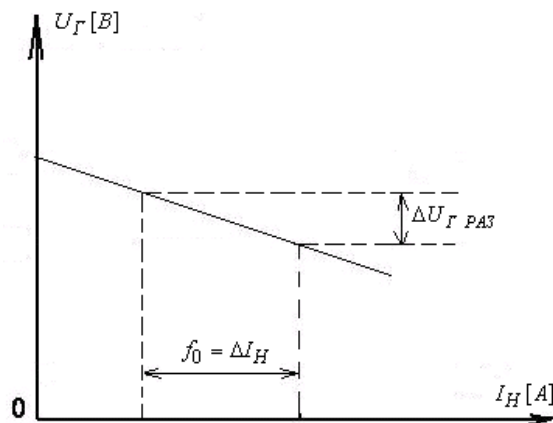


Рис. 1

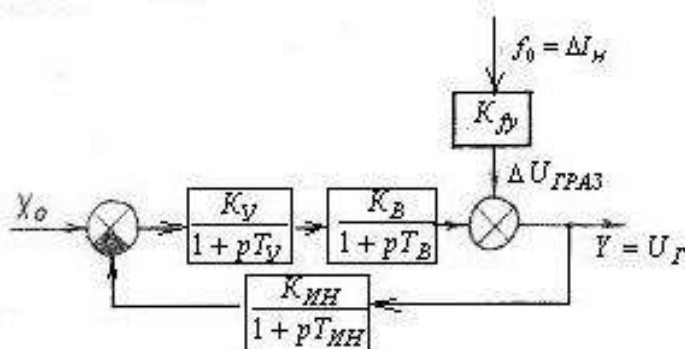


Рис. 2

Задача №2. При входном сигнале $x(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2$. Определить вынужденную ошибку $\varepsilon_{\text{вын}}(t)$ для САУ с $W(p) = \frac{K}{p^2(1+pT_1)(1+pT_2)}$. (См. Таблицу 1)

Задача №3. При входном воздействии $x(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2$, используя метод коэффициентов определить вынужденную ошибку $\varepsilon_{\text{вын}}(t)$ и сигнал на выходе $u_{\text{вын}}(t)$ для САУ с единичной обратной связью и передаточной функцией разомкнутой системы $W_P(p) = \frac{K}{p(1+pT_1)(1+pT_2)}$ при заданных в таблице 1 значениях $a_0, a_1, a_2, K, T_1, T_2$.

Таблица 1

№ варианта	Задача №1				Задача №2					
	K_y	K_B	$\Delta U_{Г\text{ раз}}$ В	ΔI_H А	K	T_1	T_2	a_0	a_1	a_2
1	100	2.5	-22	2000	100	0.12	0.17	30	3	-1
2	8	4	-52	1200	50	0.25	0.12	-20	6	-0.3
3	48	5	-43	1650	25	0.1	0.2	12	-5	0.2
4	24	2	-60	1800	125	0.22	0.11	25	10	-0.8
5	78	3.5	-27	980	75	0.12	0.06	-15	7	0.1
6	15	4.5	-36	1150	40	0.18	0.03	42	-9	-1.2
7	85	1.8	-45	1400	90	0.17	0.09	8	-3	0.1
8	32	3	-55	890	30	0.28	0.15	21	2	-0.5
9	90	2.6	-24	1850	60	0.1	0.02	-35	8	0.8
10	12	4.8	-48	1550	110	0.11	0.07	-10	4	1.4
11	65	2.2	-34	900	35	0.13	0.08	20	2	-0.9
12	18	4.6	-58	1350	95	0.26	0.12	40	4	-1.5
13	72	2.8	-65	2200	55	0.12	0.1	23	1.5	-1.1
14	28	4.2	-42	680	80	0.3	0.07	-17	8	-0.1

15	50	2.9	-38	560	120	0.2	0.1	32	12	-1.8
16	82	3.2	-54	800	70	0.35	0.2	16	-4	-0.3

Задание к ПР-2.4

Передаточные функции и устойчивость импульсных систем

Задача №1. Определить передаточные функции $W(z) = Y(z)/X(z)$ для дискретных САУ, описываемых разностными уравнениями, представленными в Таблице 1. В числителе и знаменателе $W(z)$ значения z расположить по убыванию степени.

Таблица 1

№п/п	Заданное разностное уравнение
1	$y[n] - 0.45y[n-1] - 3y[n-2] = 1.5x[n-1] + 4x[n-2]$
2	$y[n] - 0.2y[n-1] - 2y[n-2] = 15x[n-3]$
3	$y[n] = 0.1x[n] + 1.1x[n-1] - 0.2x[n-2]$
4	$y[n] - 0.33y[n-1] + 2y[n-2] = x[n] + x[n-1]$
5	$y[n] - 0.8y[n-1] - 3.2y[n-2] = x[n-1] + 2.5x[n-2]$
6	$0.005y[n] + 0.15y[n-1] + y[n-2] = 6x[n-2]$
7	$y[n] - 1.4y[n-1] + 0.24y[n-2] = 0.5x[n-1] + 0.25x[n-2]$
8	$y[n] - 3y[n-1] + 2y[n-2] = x[n-2]$
9	$y[n] = 0.5x[n-1] - 1.2x[n-2] + 0.9x[n-3]$
10	$y[n] + 0.19y[n-1] - 0.2y[n-2] = 2x[n-2] + x[n-3]$
11	$y[n] - 0.27y[n-1] + 0.135y[n-2] = 0.865x[n-1]$
12	$y[n] + 6y[n-1] + 5y[n-2] = 5x[n-3]$
13	$y[n] + 3y[n-1] + 2y[n-2] = x[n-1] + 3x[n-2]$
14	$y[n] - 0.5y[n-1] - 6y[n-2] = 4x[n-2]$
15	$2y[n] - 0.8y[n-1] + 1.5y[n-2] = 0.8x[n-1] + 4x[n-2]$
16	$y[n] - 1.1y[n-1] + 0.4y[n-2] = 0.4x[n-1] + 0.25x[n-2]$

Задача №2. Импульсной системе регулирования с единичной обратной связью соответствует передаточная функция разомкнутой системы $W_{раз}(z)$ (Таблица 2). Определить передаточную функцию замкнутой системы $\Phi(z)$ и передаточную функцию относительно ошибки $\Phi_\epsilon(z)$. Выражения в числителе и знаменателе расположить по убыванию степени z .

Таблица 2

№п/п	Заданная $W_{раз}(z)$
1	$W_{раз}(z) = \frac{0.11z}{(z-1)(z-0.78)}$
2	$W_{раз}(z) = \frac{5.4}{(z-0.12)(z-0.6)(z-1)}$
3	$W_{раз}(z) = \frac{z}{(z-1)(z-0.5)(z-0.1)}$
4	$W_{раз}(z) = \frac{7.2}{(z-1)(z-0.5)(z-0.03)}$
5	$W_{раз}(z) = \frac{25}{(z-1)(z-0.45)}$
6	$W_{раз}(z) = \frac{0.9z}{(z-1)(z-0.15)}$

7	$W_{раз}(z) = \frac{6.2}{(z-1)(z-0.7)(z-0.01)}$
8	$W_{раз}(z) = \frac{3z}{(z-1)(z-0.3)(z-0.05)}$
9	$W_{раз}(z) = \frac{9.6}{(z-1)(z-0.8)(z-0.2)}$
10	$W_{раз}(z) = \frac{16}{(z-0.9)(z-0.15)}$
11	$W_{раз}(z) = \frac{3.7z}{(z-0.9)(z-0.2)}$
12	$W_{раз}(z) = \frac{4.4}{(z-0.8)(z-0.15)(z-0.05)}$
13	$W_{раз}(z) = \frac{4.5z}{(z-1)(z-0.75)(z-0.08)}$
14	$W_{раз}(z) = \frac{12}{(z-0.9)(z-0.25)(z-0.04)}$
15	$W_{раз}(z) = \frac{7}{(z-0.8)(z-0.07)}$
16	$W_{раз}(z) = \frac{2z}{(z-1)(z-0.1)(z-0.06)}$

Задача №3. Импульсной системе регулирования с единичной обратной связью соответствует передаточная функция разомкнутой системы $W_{раз}(z)$ (Таблица 3). Определите устойчивость замкнутой импульсной САУ по критерию Гурвица.

Таблица 3

Варианты заданий	
№п/п	Заданная $W_{раз}(z)$
1	$W_{раз}(z) = \frac{5.2}{(z-1)(z-0.3)(z-0.08)}$
2	$W_{раз}(z) = \frac{0.9z}{(z-1)(z-0.6)(z-0.07)}$
3	$W_{раз}(z) = \frac{12}{(z-0.09)(z-0.6)(z-1)}$
4	$W_{раз}(z) = \frac{8.5}{(z-0.9)(z-0.25)}$
5	$W_{раз}(z) = \frac{0.25z}{(z-0.9)(z-0.65)}$
6	$W_{раз}(z) = \frac{9.5}{(z-0.9)(z-0.5)(z-0.04)}$
7	$W_{раз}(z) = \frac{3z}{(z-0.9)(z-0.4)(z-0.03)}$
8	$W_{раз}(z) = \frac{5.4}{(z-0.12)(z-0.7)(z-1)}$

9	$W_{раз}(z) = \frac{3.5}{(z-1)(z-0.35)}$
10	$W_{раз}(z) = \frac{4.2z}{(z-0.9)(z-0.54)}$
11	$W_{раз}(z) = \frac{7.2}{(z-1)(z-0.2)(z-0.06)}$
12	$W_{раз}(z) = \frac{2.5z}{(z-1)(z-0.5)(z-0.1)}$
13	$W_{раз}(z) = \frac{6.5}{(z-0.08)(z-0.2)(z-1)}$
14	$W_{раз}(z) = \frac{6.2}{(z-0.9)(z-0.75)}$
15	$W_{раз}(z) = \frac{0.75z}{(z-0.9)(z-0.24)}$
16	$W_{раз}(z) = \frac{4.5}{(z-0.6)(z-0.35)}$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

для подготовки к зачету с оценкой

1. Понятие об автоматическом управлении. Типовая функциональная схема САУ.
2. Виды воздействия на объект управления. Определение САУ. Одномерные и многомерные САУ.
3. Понятие устойчивости САУ. Переходной процесс и показатели его качества. Точность управления.
4. Анализ и синтез САУ. Функциональные и структурные схемы САУ.
5. Уравнения звеньев системы. Условия допустимости линеаризации.
6. Использование преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений. Правила записи уравнений в операторной форме.
7. Определение передаточной функции звена. Общее свойство минимально-фазовых устойчивых звеньев.
8. Определение комплексного коэффициента усиления звена. Частотные и временные характеристики звена.
9. Показатели качества переходного процесса.
10. Переходная характеристика звена и четыре варианта ее аналитического определения.
11. Определение импульсной переходной (весовой) характеристики звена. Необходимое и достаточное условие устойчивости звена.
12. Типы динамических звеньев линейных САУ.
13. Частотные и временные характеристики типовых динамических звеньев.
14. Определение передаточной функции и характеристик САУ при последовательном и параллельном соединении звеньев. Общие правила построения асимптотических ЛАЧХ последовательных звеньев.
15. Определение передаточной функции САУ по управляющему воздействию, ошибке и возмущению при параллельном встречном соединении звеньев.
16. Преобразования структурных схем. Правила 1 – 4.
17. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Условия устойчивости по Гурвицу для систем 1 – 4-го порядков.
18. Частотный критерий устойчивости Михайлова.

19. Частотный критерий устойчивости Найквиста для амплитудно-фазовых характеристик (годографов), логарифмических характеристик. Определение запасов устойчивости по фазе и амплитуде по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.
20. Определение установившегося режима и статической САУ. Точность статических САУ в установившемся режиме.
21. Способы компенсации ошибки в статической САУ.
22. Определение вынужденного режима в САУ. Порядок входного воздействия и порядок астатизма САУ. Определение вынужденной ошибки в САУ с астатизмом 0-го, 1-го, 2-го порядков при входном воздействии изменяющемся с постоянной скоростью (1-й порядок) и постоянным ускорением (2-й порядок).
23. Определение вынужденной ошибки с помощью коэффициентов ошибок при произвольном входном воздействии, аппроксимируемом полиномом.
24. Алгоритмы управления. Блок-схема обобщенного регулятора.
25. Аналоговые ПИД-регуляторы. Реализация ПИД-алгоритма в цифровых САУ (ПЦР – алгоритм).
26. Коррекция динамических свойств САУ. Типы корректирующих устройств по способу их включения.
27. Последовательные корректирующие интегрирующие, дифференцирующие, интегро-дифференцирующие звенья.
28. Встречно-параллельные корректирующие звенья (отрицательные обратные связи). Основные соотношения для жесткой и гибкой обратных связей.
29. Согласно-параллельные корректирующие звенья.
30. Характеристики типовых нелинейных звеньев.
31. Особенности установившихся и динамических режимов нелинейных САУ. Устойчивость (неустойчивость) в малом, большом, в целом, автоколебания.
32. Фазовые портреты нелинейных систем. Фазовые портреты и особые точки для нелинейных систем 2-го порядка.
33. Устойчивость положений равновесия: метод А.М. Ляпунова.
34. Исследование устойчивости нелинейных САУ с помощью критерия абсолютной устойчивости В.М. Попова.
35. Определение дискретных систем. Виды квантования сигналов.
36. Импульсные САУ. Классификация импульсных САУ по виду модуляции.
37. Амплитудно-импульсные САУ как непрерывные. Теорема Котельникова для импульсных САУ.
38. Математический аппарат теории линейных импульсных систем. Решетчатые функции. Z - преобразование Лапласа для решетчатых функций.
39. Определение передаточных функций разомкнутых и замкнутых импульсных систем.
40. Исследование устойчивости импульсных САУ. Критерий Гурвица для импульсных систем.
41. Исследование устойчивости импульсных САУ. Критерий Найквиста для импульсных систем. Определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе по годографу импульсной системы.
42. Определение цифровых САУ. Определение допустимых значений интервала дискретности T (интервала формирования управляющего кода и интервала считывания информации с датчиков).
43. Динамика цифровых САУ. Преобразование непрерывной величины в цифровой код и цифрового кода в непрерывную величину.
44. Особенности динамики цифровых САУ. Математическое описание цифровых САУ.
45. Условия сведения цифровой САУ к линейной импульсной. Условия сведения цифровой САУ к нелинейной дискретной системе.

46. Методика исследования цифровых САУ. Численные методы.
47. Основные достоинства цифровых САУ.
48. Робастные системы и их характеристики.
49. Критерии оптимальности, задачи оптимального управления, оптимальность и квази-оптимальность.
50. Цифровое адаптивное управление технологическими процессами.

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

10 Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Малафеев С.И. Теория автоматического управления : Учебник (гриф) / С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательский центр "Академия", 2014. - 384с. : ил. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-4468-0230-2.
2. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : Учебное пособие для студентов вузов / А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко. - 5-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2019. - 464с. : ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Текст: непосредственный - ISBN 978-5-8114-4200-3
3. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9294-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/450559> (дата обращения: 14.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю.

Дополнительная учебная литература

1. Водовозов, А.М. Элементы систем автоматики: Учебное пособие./ А.М. Водовозов. – 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия». 2008. – 224 с.: ил. 978-5-7659-5604-3
2. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. - СПб.: Политехника, 2001. - 302 с.: ил.; то же 2005.
3. Цветкова, О.Л. Теория автоматического управления : учебник / О.Л. Цветкова. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 207 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8334-7 — Текст : электронный // ЭБС Университетская библиотека онлайн. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 14.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю .

• Периодические издания

1. Компоненты и технологии / Учредитель: ООО «Издательство Файнстрит»; гл. ред. П. Правосудов. – СПб.: ООО «Издательство Файнстрит». – Журнал выходит 12 раз в год. – Основан в 1999 г. - ISSN 2079-6811. – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте НЭБ «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=9938
2. Современные технологии автоматизации: профессиональный научно-технический журнал. / Учредитель: ООО «СТА-ПРЕСС»; гл. ред. С. Сорокин. - М.: Издательство «СТА-ПРЕСС», - Журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1996 г. - ISSN 0206-975X. – Текст : непосредственный.
3. Информатика и системы управления: научное издание / Учредитель: Амурский государственный университет; гл. ред. Е.Л. Еремин. – Благовещенск: Амурский госу-

дарственный университет. – журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 2001 г. – ISSN: 1814-2400. - Текст : непосредственный

• **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znaniium.com»: <http://znaniium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (ПУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. [Google Scholar](https://scholar.google.ru/) - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
2. [SciGuide](http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi) - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
3. [WorldWideScience.org](http://worldwidescience.org/) - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>
4. [ArXiv.org](http://arxiv.org/) - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>, раздел [Теория автоматического управления: http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.2.17](http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.2.17)

• **Описание материально-технической базы**

Стандартная учебная аудитория и компьютерный класс с проектором. Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе, код доступа не требуется (программы Open office и VisSim).

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, по сети имеют доступ к электронным пособиям по адресу: atlas/material/кафедра АТПИП/, к «Электронной образовательной среде», а также в определенном порядке получают доступ к информационным ресурсам Интернета.

11 Язык преподавания

Русский.