МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Филиал «Протвино»
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Университет «Дубна»
(филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»)

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

УТВЕРЖДАЮ
Директор

_____ /Евсиков А.А./
подпись *Фамилия И.О.*

«_08_» _мая_ 2026 г.

Филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»

Евсиков Александр Александрович
я подтверждаю этот документ своей удостоверяющей подписью
2026-06-05 09:05:31

Рабочая программа дисциплины

Теория автоматического управления
наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
код, наименование

Уровень высшего образования
бакалавриат
бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) образовательной программы
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Форма обучения
заочная
очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2026 г.

Автор(ы) программы:

Леонов А.П., доцент, к.т.н., доцент
кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств» _____
Фамилия И.О., должность, ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), кафедра; *подпись*

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки высшего образования
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры
«Автоматизация технологических процессов и производств»
(название кафедры)

Протокол заседания № 6 от «06» мая 2026 г.

Заведующий кафедрой Евсиков А.А. _____
(Фамилия И.О., подпись)

Эксперт (рецензент):
_____
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается – подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины 4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП 4
3 Планируемые результаты обучения по дисциплине 5
4 Объем дисциплины 5
5. Содержание дисциплины 6
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине 9
7 Фонды оценочных средств по дисциплине 9
8 Ресурсное обеспечение 11
Приложение к рабочей программе дисциплины «Фонды оценочных средств» 14

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Теория автоматического управления» **имеет целью** сформировать у обучающихся общепрофессиональную ОПК-1 компетенцию в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» с учетом направленности бакалаврской программы – «Автоматизация технологических процессов и производств».

Студенты получают **навыки** работы в исследовании, проектировании и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.

Задачи освоения дисциплины «Теория автоматического управления»:

Изучить:

- принципы работы и построения 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.

Специфика курса учитывает особенности информационных технологий для студентов с ограниченными возможностями здоровья. Преподавание данного курса происходит с использованием адаптированной компьютерной техники.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются:

- системы автоматизации технологических процессов и производства продукции различного служебного назначения, управления ее жизненным циклом и качеством, автоматизированные системы контроля, диагностики и испытаний;
- автоматическое и автоматизированное оборудование систем управления, контроля, диагностирования, испытаний основного и вспомогательного производств;
- методы, способы и средства проектирования и исследования автоматизированных систем и входящего в них оборудования.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория автоматического управления» Б1.О.19 относится к обязательной части образовательной программы.

Дисциплина преподается в VII семестре IV курса.

Приступая к изучению дисциплины «Теория автоматического управления», студент имеет знания и навыки по дисциплинам: «Физика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Электротехника и электроника».

3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции *(код и наименование)*	**Индикаторы достижения компетенций** *(код и формулировка)*	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Формулирует решение стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний	Уметь использовать естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
	ОПК-1.3. Системно подходит к выбору методов моделирования и высшей математики, включая математический анализ, для решения задач профессиональной деятельности	Знать методы математического анализа
		Владеть навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования

4 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, **всего 144 академических часа**.

8 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

4 часа – лекционные занятия;

4 часа – практические занятия.

127 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

9 часов – мероприятия промежуточной аттестации (экзамен).

5. Содержание дисциплины

очная **форма обучения**

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)[1]						Самостоятельная работа обучающегося
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего	
VI семестр								
Раздел 1. Введение в теорию автоматического управления (ТАУ). Исследование линейных систем автоматического управления (САУ). Тема 1.1. Базовые положения ТАУ. Тема 1.2. Типовые динамические звенья линейных САУ. Тема 1.3. Критерии устойчивости линейных САУ. Тема 1.4. Точность линейных САУ. Тема 1.5. Алгоритмы управления САУ. Тема 1.6. Коррекция динамических свойств линейных САУ.	72	2	2	0			4	68
Раздел 2. Нелинейные САУ. Тема 2.1. Характеристики типовых нелинейностей и особенности установившихся (стационарных) и динамических режимов нелинейных САУ. Тема 2.2. Фазовые портреты, моделирование нелинейных САУ. Тема 2.3. Исследование устойчивости нелинейных САУ с помощью критерия абсолютной устойчивости Попова В.М.	25	1	1	0			2	23
Раздел 3. Дискретные САУ. Тема 3.1. Классификация дискретных САУ. Тема 3.2. Импульсные САУ. Тема 3.3. Цифровые САУ и особенности их динамики.	38	1	1	0			2	36
Промежуточная аттестация: ‘ экзамен	9[2]	X						

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

Итого по дисциплине	144	4	4	0	0		8	127

*****_КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом._

[2] Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.

Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в теорию автоматического управления (ТАУ). Исследование линейных систем автоматического управления (САУ).

Тема 1.1. Базовые положения ТАУ.

Основные понятия и определения в ТАУ. Задачи ТАУ.

Частотные и временные характеристики звеньев.

Показатели качества управления.

Тема 1.2. Типовые динамические звенья линейных САУ.

Характеристики статических, интегрирующих и дифференцирующих звеньев.

Определение передаточных функций линейных САУ по управлению, ошибке и возмущению.

Правила преобразования структурных схем.

Тема 1.3. Критерии устойчивости линейных САУ.

Алгебраические и частотные критерии устойчивости (Гурвица, Михайлова, Найквиста).

Определение запасов устойчивости по фазе и амплитуде.

Определение предельных параметров САУ.

Тема 1.4. Точность линейных САУ.

Определение точности статических САУ в установившемся режиме. Понятие статизма САУ.

Способы устранения ошибки в статической системе в установившемся режиме.

Определение точности САУ в вынужденном режиме.

Динамическая ошибка в САУ.

Тема 1.5. Алгоритмы управления САУ.

Определение алгоритма. Схема обобщенного регулятора, управление с упреждением.

Аналоговые ПИД - регуляторы.

Реализация ПИД - алгоритма в цифровых САУ, пропорционально - суммарно-разностный (ПСР) алгоритм.

Границы применения ПИД – регуляторов. Адаптивные ПИД – регуляторы.

Тема 1.6. Коррекция динамических свойств линейных САУ.

Типы корректирующих устройств (КУ). Последовательные КУ, параллельные КУ (местные отрицательные обратные связи), коррекция по возмущению.

Раздел 2. Нелинейные САУ.

Тема 2.1. Характеристики типовых нелинейностей и особенности установившихся (стационарных) и динамических режимов нелинейных САУ.

Математические выражения и графики, описывающие характеристики типовых нелинейностей.

Устойчивость в малом, устойчивость в большом, устойчивость в целом, автоколебания.

Тема 2.2. Фазовые портреты, моделирование нелинейных САУ.

Исследование нелинейных САУ с использованием фазовых портретов. Понятия асимптотической и неасимптотической устойчивости.

Построение фазовых портретов с помощью программы *Simulink* в пакете *Matlab*.

Тема 2.3. Исследование устойчивости нелинейных САУ с помощью критерия абсолютной устойчивости Попова В.М.

Критерий Попова В.М. для САУ с устойчивой линейной частью.

Критерий Попова В.М. для САУ с неустойчивой линейной частью.

Критерий Попова В.М. для особого случая.

Раздел 3. Дискретные САУ.

Тема 3.1. Классификация дискретных САУ.

Определение дискретной САУ. Виды квантования дискретных сигналов по уровню.

Релейные, импульсные и цифровые САУ.

Тема 3.2. Импульсные САУ.

Классификация импульсных САУ по виду модуляции, амплитудно-импульсная (АИМ), широтно-импульсная (ШИМ), фазово-импульсная (ФИМ), частотно-импульсная (ЧИМ).

Теорема Котельникова для импульсных САУ.

Математический аппарат теории линейных импульсных систем (решетчатая функция, Z – преобразование).

Исследование устойчивости импульсных САУ.

Тема 3.3. Цифровые САУ и особенности их динамики.

Определение цифровой САУ. Методы определение допустимого значения интервала T дискретизации цифровой САУ по времени.

Преобразование непрерывной величины в цифровой код и цифрового кода в непрерывную величину.

Особенности динамики цифровой САУ.

Математическое описание цифровой САУ и методика её исследования.

Особенности технической реализации цифровой САУ.

Робастные системы, оптимальное и адаптивное управление.

При реализации дисциплины (модуля) организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, выполнения контрольной работы по индивидуальным заданиям, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для контроля усвояемости дисциплины разработаны тесты (26 вопросов) и вопросы для диагностической работы (25 вопросов), представленные в разделе «Фонд оценочных средств».

Практическая подготовка при изучении дисциплины реализуется непосредственно в филиале в аудитории, предназначенной для проведения практических работ.

6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

Для обеспечения реализации программы дисциплины «Теория автоматического управления» разработаны:

– конспект лекций по дисциплине «Теория автоматического управления»;

– варианты индивидуальных заданий на контрольную работу ПР-2.

– тесты (26 вопросов);

– вопросы для диагностической работы (25 вопросов).

Методические материалы по дисциплине «Теория автоматического управления».

7 Фонды оценочных средств по дисциплине

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, решение задач на практических занятиях, выполнение контрольной работы ПР-2, подготовку к сдаче и сдачу экзамена, критерии оценивания (тесты, вопросы для диагностической работы), используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа,
– в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,
– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,
– в форме электронного документа,
– в форме аудиофайла.

8 Ресурсное обеспечение
Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Певзнер Л.Д. Теория систем управления [Текст]: Учебное пособие / Л.Д. Певзнер. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2021. - 424с.: ил. - ISBN 978-5-8114-1566-3.
   Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 424 с. — ISBN 978-5-8114-1566-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212207 (дата обращения: 28.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
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. - Библиогр.список:с.459.- Тем.указ.задач:с.460. - ISBN 978-5-8114-4200-3.
   Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-9549-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/200441 (дата обращения: 28.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. - СПб.: Политехника, 2001. - 302 с.: ил.; то же 2005.

Дополнительная учебная литература

4. 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-
5. 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.
6. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9294-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511430 (дата обращения: 05.05.2023).

Периодические издания

1. Робототехника и техническая кибернетика: Научно-технический журнал. / Учредитель: ЦНИИ опытно конструкторский институт робототехники и технической кибернетики; гл. ред. Лопота А.В. СПб.: ЦНИИ РТК. – журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 2013 г. - ISSN: 2310-5305 – Текст : непосредственный (подписка на печатное издание)
2. Современные технологии автоматизации: профессиональный научно-технический журнал. / Учредитель: ООО «СТА-ПРЕСС»; гл. ред. Сорокин С.А. - М.: Издательство «СТА-ПРЕСС», - Журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1996 г. - ISSN 0206-975X. – Текст : непосредственный (подписка на печатное издание).

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znanium.com»: https://znanium.com/
2. ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/
3. ЭБС «Юрайт»: https://urait.ru/
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: https://biblioclub.ru/
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «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. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. http://arxiv.org/
2. Google Scholar - 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/
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Открытое образование https://openedu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы

Проведение лекционных занятий предполагает использование комплектов слайдов и программных презентаций по рассматриваемым темам.

Проведение практических занятий по дисциплине предполагает использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих в определенном порядке доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке доступом к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы Open office, VisSim) свободная лицензия, код доступа не требуется).

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышащим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джойстик с двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

Наличие на сайте филиала справочной информации о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступной для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

Описание материально-технической базы

Для проведения лекционных занятий используется аудитория с проектором и экраном.

Для проведения практических занятий используется компьютерный класс (15 ПК) с проектором и экраном (оборудование в собственности).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скрин-ридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.
- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Приложение к рабочей программе дисциплины

Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Теория автоматического управления» программы бакалавров по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» с учетом направленности бакалаврской программы – «Автоматизация технологических процессов и производств» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция **ОПК-1** - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

код и формулировка компетенции

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Компетенция ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
ОПК-1.2. Формулирует решение стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение использовать естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение использовать естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение использовать естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное умение использовать естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности. Не допускает ошибок.
ОПК-1.3. Системно подходит к выбору методов моделирования и высшей математики, включая математический анализ, для решения задач профессиональной деятельности	Отсутствие знания	Демонстрирует частичное знание методов математического анализа. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое знание методов математического анализа. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует устойчивое знание методов математического анализа. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание методов математического анализа. Не допускает ошибок.
	Отсутствие владения	Демонстрирует частичное владение навыками работы с программной си-	Демонстрирует достаточно устойчивое владение навыками работы с про-	Демонстрирует устойчивое владение навыками работы с программной си-	Демонстрирует свободное и уверенное владение навыками работы с про-

		стемой для математического и имитационного моделирования. Допускает множественные грубые ошибки.	граммной системой для математического и имитационного моделирования. Допускает достаточно серьезные ошибки.	стемой для математического и имитационного моделирования. Допускает отдельные негрубые ошибки.	граммной системой для математического и имитационного моделирования. Не допускает ошибок.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в VI семестре является экзамен. На экзамене студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение V семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Лекционные и практические занятия (посещение)	32
2	Активная работа на практических занятиях	8
3	Выполнение контрольной работы ПР-2	30
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к экзамену.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок экзамена

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

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с приведенным ниже графиком.

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			В ПР-2														

(указываются: В ПР-2 на неделю выдачи задания на самостоятельную работу)

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в

формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

– в печатной форме,
– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

Фонды оценочных средств для дисциплины «Теория автоматического управления»

Формируемые компетенции *(код и наименование)*	**Индикаторы достижения компетенций** *(код и формулировка)*	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**	**Наименование оценочного материала**
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Формулирует решение стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний	Уметь использовать естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности	Вопросы к экзамену № 1-36 Практические работы № 1, 2 Тесты, вопросы № 1 – 26 Вопросы № 1-25 для диагностической работы
	ОПК-1.3. Системно подходит к выбору методов моделирования и высшей математики, включая математический анализ, для решения задач профессиональной деятельности	Знать методы математического анализа	Вопросы к экзамену № 5-10, 14-25, 27-29, 32-36 Практические работы № 1, 2 Контрольная работа ПР-2. Тесты, вопросы № 1 – 26 Вопросы для диагностической работы № 1-25
		Владеть навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования	

НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория автоматического управления»

1. Понятие об автоматическом управлении. Типовая функциональная схема САУ.
2. Виды воздействий 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. Необходимое и достаточное условие устойчивости звена.
9. Типы динамических звеньев линейных САУ.
10. Частотные и временные характеристики типовых динамических звеньев.
11. Определение передаточной функции и характеристик САУ при последовательном и параллельном соединении звеньев. Общие правила построения асимптотических ЛАЧХ последовательных звеньев.
12. Определение передаточной функции САУ по управляющему воздействию, ошибке и возмущению при параллельном встречном соединении звеньев.
13. Преобразования структурных схем.
14. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Условия устойчивости по Гурвицу для систем 1 – 4-го порядков.
15. Частотный критерий устойчивости Михайлова.
16. Частотный критерий устойчивости Найквиста для амплитудно-фазовых характеристик (годографов), логарифмических характеристик. Определение запасов устойчивости по фазе и амплитуде по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.
17. Определение установившегося режима и статической САУ. Точность статических САУ в установившемся режиме.
18. Способы компенсации ошибки в статической САУ.
19. 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.
20. Алгоритмы управления. Блок-схема обобщенного регулятора.
21. Аналоговые ПИД-регуляторы. Реализация ПИД-алгоритма в цифровых САУ (ПСР – алгоритм).
22. Коррекция динамических свойств САУ. Типы корректирующих устройств по способу их включения.
23. Последовательные корректирующие интегрирующие, дифференцирующие, интегродифференцирующие звенья.
24. Встречно-параллельные корректирующие звенья (отрицательные обратные связи). Основные соотношения для жесткой и гибкой обратных связей.
25. Согласно-параллельные корректирующие звенья.
26. Характеристики типовых нелинейных звеньев.
27. Особенности установившихся и динамических режимов нелинейных САУ. Устойчивость (неустойчивость) в малом, большом, в целом, автоколебания.
28. Фазовые портреты нелинейных систем. Фазовые портреты и особые точки для нелинейных систем 2-го порядка.
29. Исследование устойчивости нелинейных САУ с помощью критерия абсолютной устойчивости В.М. Попова.
30. Определение дискретных систем. Виды квантования сигналов.
31. Импульсные САУ. Классификация импульсных САУ по виду модуляции.
32. Амплитудно-импульсные САУ как непрерывные. Теорема Котельникова для импульсных САУ.

33. Математический аппарат теории линейных импульсных систем. Решетчатые функции. Z - преобразование Лапласа для решетчатых функций.
34. Определение передаточных функций разомкнутых и замкнутых импульсных систем.
35. Исследование устойчивости импульсных САУ. Критерий Гурвица для импульсных систем.
36. Исследование устойчивости импульсных САУ. Критерий Найквиста для импульсных систем. Определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе по годографу импульсной системы.
37. Определение цифровых САУ. Определение допустимых значений интервала дискретности T (интервала формирования управляющего кода и интервала считывания информации с датчиков).
38. Динамика цифровых САУ. Преобразование непрерывной величины в цифровой код и цифрового кода в непрерывную величину.
39. Особенности динамики цифровых САУ. Математическое описание цифровых САУ.
40. Условия сведения цифровой САУ к линейной импульсной. Условия сведения цифровой САУ к нелинейной дискретной системе.
41. Методика исследования цифровых САУ. Численные методы.
42. Основные достоинства цифровых САУ.
43. Робастные системы и их характеристики.
44. Критерии оптимальности, задачи оптимального управления, оптимальность и квазиоптимальность.
45. Цифровое адаптивное управление технологическими процессами.

Тематика практических занятий

1. Определение устойчивости САУ с помощью критериев устойчивости Гурвица, Михайлова, Найквиста. Определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе с помощью ЛАЧХ и ЛФЧХ.
2. Определение абсолютной устойчивости нелинейных САУ с помощью критерия Попова. Определение устойчивости импульсных САУ.

Методическое обеспечение практических занятий по дисциплине «Теория автоматического управления»

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. - Библиогр.список:с.459.- Тем.указ.задач:с.460. - ISBN 978-5-8114-4200-3.

Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-9549-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/200441 (дата обращения: 28.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. - СПб.: Политехника, 2001. - 302 с.: ил.; то же 2005.

Тематика самостоятельных работ

1. Контрольная работа ПР-2 «Построение годографов АФХ, асимптотических ЛАЧХ и ЛФЧХ» (индивидуальные задания) – 13 часов.

Методическое обеспечение самостоятельных работ по дисциплине «Теория автоматического управления»

Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. - СПб.: Политехника, 2001. - 302 с.: ил.; то же 2005.

Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9294-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511430 (дата обращения: 05.05.2023).

Конспект лекций по дисциплине «Теория автоматического управления».

Индивидуальные задания на контрольную работу ПР-2
Построение годографов АФХ, асимптотических ЛАЧХ и ЛФЧХ
(три задачи для каждого варианта, номер варианта (столбец 1 в Таблице) соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале)

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 (с.)	ξ	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
6	100	0.2	0.4	1.0	3.0	5.0	10
7	40	0.15	0.2	2.0	5.0	6.6	13
8	60	0.1	0.4	2.0	8.0	10.0	20
9	50	0.05	0.16	5.0	16.0	20.0	40
10	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 (с.)	ω_1	ω_2	ω_3
11	60	0.1	2	10	20
12	40	0.2	1	5	10
13	80	0.05	15	20	30
14	20	0.04	10	25	40
15	30	0.02	30	50	70
16	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 $\omega \to 2{,}5^{см}/_{декада}$; по оси $\mathrm{L}(\omega) \to 20^{дб}/_{см}$. 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 $\approx 0°$ до -270°.

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

Таблица 4

Варианты заданий

№ варианта	K	T_1 (с.)	T_2 (с.)	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 масштабы: по оси $\omega \to 2{,}5^{см}/_{декада}$; по оси $\mathrm{L}(\omega) \to 20^{дб}/_{см}$. 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 5), округлив их с точностью до градуса. По полученным точкам построить ЛФЧХ в диапазоне от $\approx 0°$ 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
6	600	0.5	0.15	0.02	2.0	6.7	50.0	500.0
7	200	0.4	0.2	0.05	2.5	5.0	20.0	300.0
8	900	1.0	0.4	0.1	1.0	2.5	10.0	200.0
9	300	0.5	0.1	0.02	2.0	10.0	20.0	250.0
10	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

$\omega \to 2{,}5^{см}/_{декада}$; по оси $L(\omega) \to 20^{дб}/_{см}$. 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 6), округлив их с точностью до градуса. По полученным точкам построить ЛФЧХ в диапазоне от $\approx 0°$ 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
11	400	0.5	0.1	0.2	2.0	10.0	40.0	400.0
12	100	0.4	0.05	0.1	2.5	20.0	80.0	200.0
13	800	2.0	0.2	0.5	0.5	5.0	100	600.0
14	80	1.0	0.04	0.4	1.0	25.0	90	500
15	60	0.8	0.4	0.1	1.25	2.5	50	200
16	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 $\omega_{C1}, \omega_{C2}, \omega_{C3}$.

Таблица 7

№ варианта	ω_{C1}	ω_{C2}	ω_{C3}
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

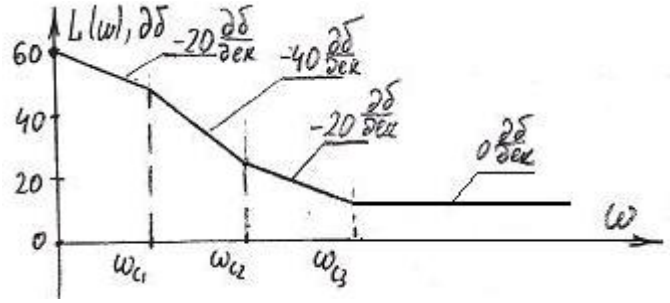


Рис. 1

Задача №8. Определить передаточную функцию $W(p)$ САУ по ЛАЧХ, приведенной на рис. 2 при заданных в Таблице 8 значениях $\omega_{C1}, \omega_{C2}, \omega_{C3}$.

Таблица 8

№ варианта	ω_{C1}	ω_{C2}	ω_{C3}
6	5.0	20.0	400.0
7	1.0	12.5	150.0
8	2.0	40.0	125.0
9	2.5	62.0	250.0
10	1.25	80.0	400.0

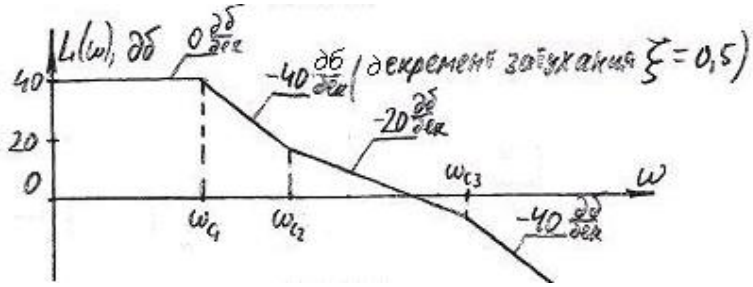


Рис. 2

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}
11	4.0	20.0	200.0
12	0.8	6.2	50.0
13	2.0	60.0	125.0
14	2.5	40.0	250.0
15	1.25	25.0	125.0
16	1.0	80.0	200.0

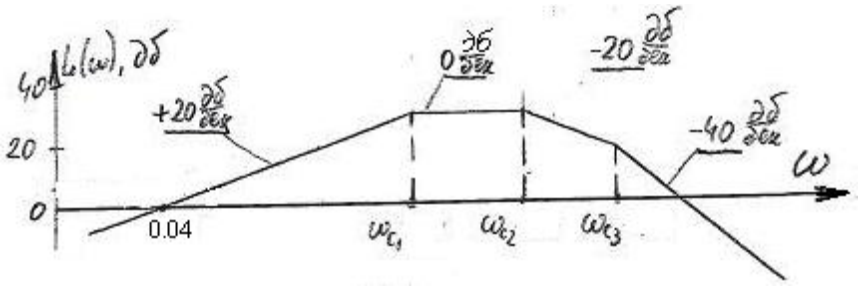


Рис. 3

ТЕСТЫ

Вопрос 1. В ТАУ используются стандартные обозначения для: управляющих воздействий (входных величин); контролируемых (измеряемых) возмущений; неконтролируемых (не измеряемых) возмущений; управляемых (регулируемых) величин. Выберите правильный вариант ответа.

Ответы: 1) управляющее воздействие – *x*; контролируемое возмущение – *y*; не контролируемое возмущение – *f*; регулируемая величина – *z;*
2) управляющее воздействие – *y*; контролируемое возмущение – *f*; не контролируемое *возмЦущение* – *z*; регулируемая величина – *x;*
3) управляющее воздействие – *x*; контролируемое возмущение – *f*; не контролируемое возмущение – *z*; регулируемая величина – *y;*
4) управляющее воздействие – *x*; контролируемое возмущение – *z*; не контролируемое возмущение – *f*; регулируемая величина – *y.*
Ответ: 3).

Вопрос 2. Что учитывается в комплексном коэффициенте усиления звена, $W(j\omega)=Y(j\omega)/X(j\omega)$?

1) отношение амплитуды выходного сигнала к амплитуде входного.
2) сдвиг по фазе между выходным сигнала и входным;
3) отношение амплитуды выходного сигнала к амплитуде входного и сдвиг по фазе между выходным сигналом и входным.
Ответ: 3).

Вопрос 3. По годографу амплитудно-фазовой характеристики (рис. 1) для частоты $\omega=1$ вычислить модуль комплексного коэффициента усиления $|W(j1)|$ и угол $\varphi_{\omega=1}$ при $U(1)=12$, $V(1)=9$. Выбрать правильный ответ.

Варианты: 1) $|W(j1)|=15$; $\varphi_{\omega=1}=36.9°$;
2) $|W(j1)|=17$; $\varphi_{\omega=1}=-40°$;
3) $|W(j1)|=15$; $\varphi_{\omega=1}=-36.9°$;
4) $|W(j1)|=17$; $\varphi_{\omega=1}=40°$.
Ответ: 3).

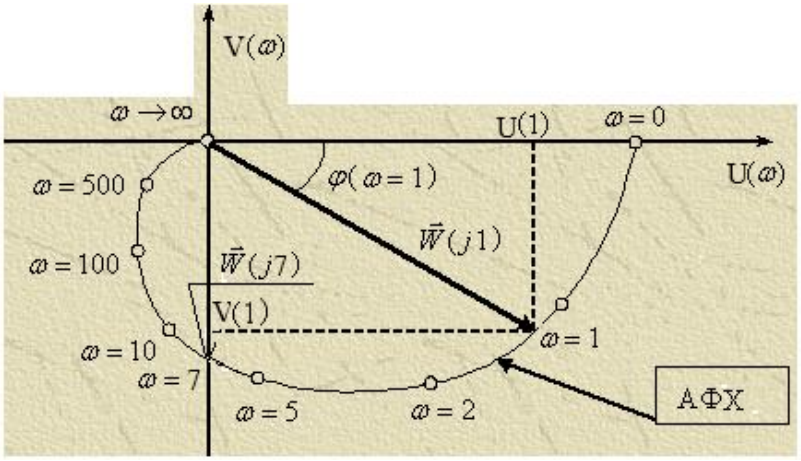


Рис. 1

Вопрос 4. Для минимально-фазовой линейной САУ по ЛАЧХ на рис. 2 определить передаточную функцию *W(p)=Y(p)/X(p)* и выбрать правильный вариант ответа.

Варианты:

1) *W(p)=1000·(1+0.0625p) / (1+0.25p) · (1+0.0125p);*
2) *W(p)=1000 / (1+0.25p) · (1+0.0625p) · (1+0.0125p);*
3) *W(p)=1000 / p · (1+0.25p) ·(1+0.0625p) (1+0.0125p);*
4) *W(p)=1000·(1+0.0625p) / p · (1+0.25p) · (1+0.0125p.*

Ответ: 4).

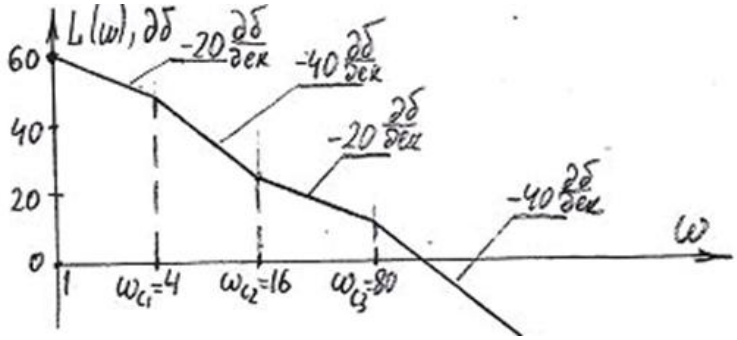


Рис. 2

Вопрос 5. По графику переходного процесса *h(t)*, представленному на рис. 3, определить величину перерегулирования *σ(t)* при $h_{уст}$*=80 рад/с,* $h_{макс1}$*=88 рад/с.*

Варианты ответов: 1) *12,5%;* 2) *10%;* 3) *7,5%;* 4) *5%.*
Ответ: 2).

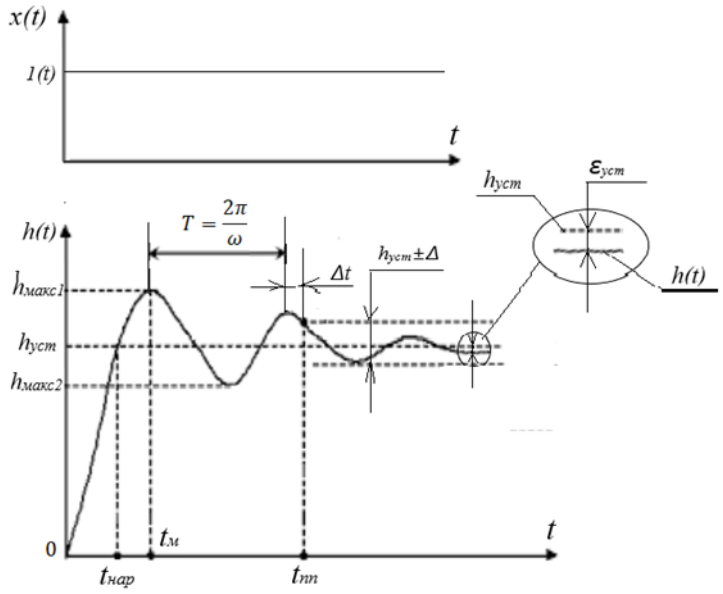


Рис. 3

Вопрос 6. Какой показатель качества управления определяет быстродействие (производительность) САУ (рис. 3)?

Варианты ответов:
1) перерегулирование σ;
2) время достижения первого максимума $t_м$;
3) время переходного процесса $t_{пп}$;
4) установившаяся ошибка $\varepsilon_{уст}$.

Ответ: 3).

Вопрос 7. Определите передаточную функцию по управляющему воздействию $W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$ для системы, структурная схема которой представлена на рис. 4.

Варианты ответов:
1) *W(p)= (1+0.5p) +(1+0.3p) + (1+0.02p) / [(1+0.5p) +(1+0.3p) +(1+0.02p) +14]*
2) *W(p)= (1+0.5p·(1+0.3p) · (1+0.02p) / [(1+0.5p) ·(1+0.3p) ·(1+0.02p) +40]*
3) *W(p)= 14 / [(1+0.5p) +(1+0.3p) +(1+0.02p) +14]*
4) *W(p)= 40/ [(1+0.5p) ·(1+0.3p) ·(1+0.02p) +40]*

Ответ: 4).

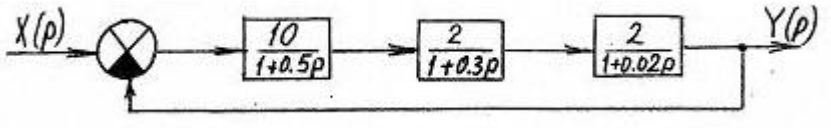


Рис.4

Вопрос 8. Определите передаточную функцию по ошибке $W_\varepsilon(p)=\varepsilon(p) / X(p)$ для системы, структурная схема которой представлена на рис. 5.

Варианты ответов:
1) *W(p)= (1+0.5p) +(1+0.3p) + (1+0.02p) / [(1+0.5p) +(1+0.3p) +(1+0.02p) +14]*
2) *W(p)= (1+0.5p·(1+0.3p) · (1+0.02p) / [(1+0.5p) ·(1+0.3p) ·(1+0.02p) +40]*
3) *W(p)= 14 / [(1+0.5p) +(1+0.3p) +(1+0.02p) +14]*
4) *W(p)= 40/ [(1+0.5p) ·(1+0.3p) ·(1+0.02p) +40]*

Ответ: 2).

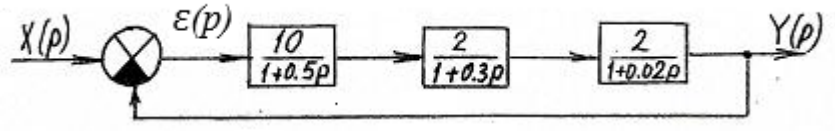


Рис. 5

Вопрос 9. Сформулируйте условия устойчивости для САУ 3-го порядка по критерию Гурвица.

Варианты ответов:

1) Все коэффициенты характеристического полинома *D(p)* замкнутой САУ больше 0.
2) Для коэффициентов характеристического полинома *D(p)* замкнутой САУ выполняется условие $a_2a_1 - a_3a_0 > 0$.
3) Все коэффициенты характеристического полинома *D(p)* замкнутой САУ больше 0 и для коэффициентов характеристического полинома выполняется условие a_2a_1-a_3a_0<0.
4) Все коэффициенты характеристического полинома *D(p)* замкнутой САУ больше 0 и для коэффициентов характеристического полинома выполняется условие $a_2a_1 - a_3a_0 > 0$.

Ответ: 4).

Вопрос 10. На рис. 6 представлены годографы характеристического полинома *D(jω)* комплексного коэффициента передачи *W(jω) = K(jω) / D(jω)* для САУ 4-го порядка. По критерию устойчивости Михайлова выберите годограф устойчивой САУ.

Варианты ответов:
1) рис. 6*а;*
2) рис. 6*б*;
3) рис. 6*а* и 6*б*;
4) рис. 6*в.*

Ответ: 4).

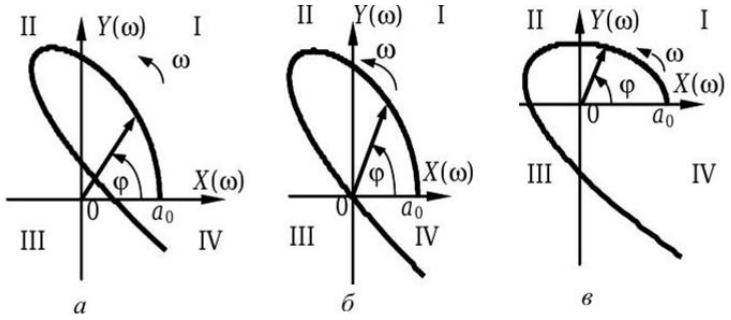


Рис. 6

Вопрос 11. Годографы амплитудно-фазовых характеристик устойчивых в разомкнутом состоянии САУ *(m=0)* приведены на рис. 7. Пользуясь критерием устойчивости Найквиста, определите номера годографов, которые соответствуют устойчивым в замкнутом состоянии САУ.

Варианты ответов:
1) 1;
2) 2;
3) 3;
4) 1 и 3.

Ответ: 2).

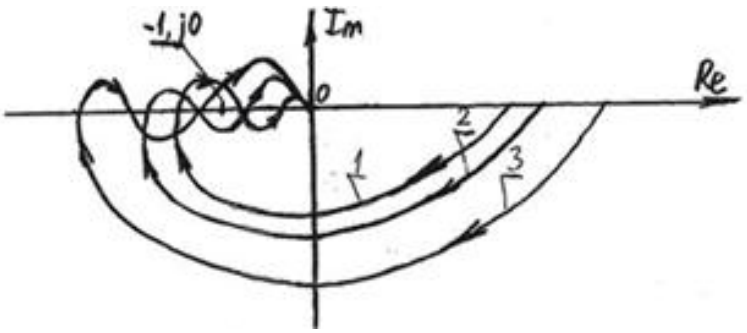


Рис. 7

Вопрос 12. По представленным на рис. 8 ЛАЧХ $L(\omega)$ и ЛФЧХ $\varphi(\omega)$ определить:

1) запасы устойчивости по фазе $\varphi_{ЗАП}$ и амплитуде $L_{ЗАП}$;
2) сделать заключение о практической применимости САУ.

Варианты ответов:

1) $\varphi_{ЗАП}$ = -45°; $L_{ЗАП}$ = - 10 дб; САУ практически не приемлема;
2) $\varphi_{ЗАП}$ = +45°; $L_{ЗАП}$ = - 10 дб; САУ практически приемлема;
3) $\varphi_{ЗАП}$ = +45°; $L_{ЗАП}$ = - 10 дб; САУ практически не приемлема;

Ответ: 3).

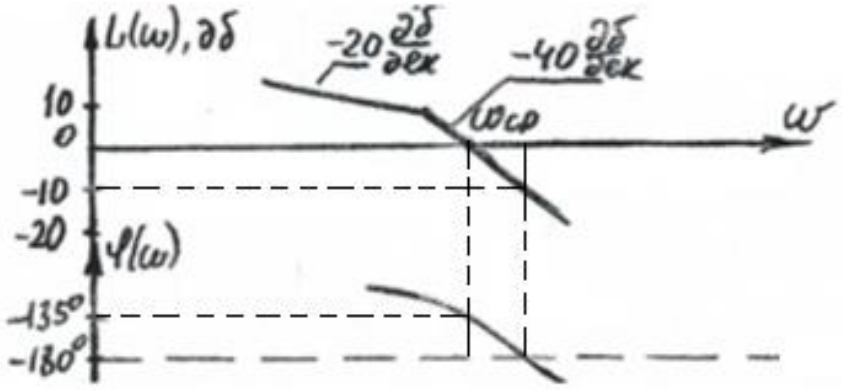


Рис. 8

Вопрос 13. Определить вынужденную ошибку $\varepsilon_{ВЫН}$ для САУ с передаточной функцией $W(p) = 50 / p^2D(p)$ при входном воздействии $x(t) = (5t^2+12)$ *рад*.

Варианты ответов:

1) $\varepsilon_{ВЫН} = 0$;
2) $\varepsilon_{ВЫН} = 0.1$ рад;
3) $\varepsilon_{ВЫН} = 0.2$ рад;
4) $\varepsilon_{ВЫН} \to \infty$.

Ответ: 3).

Вопрос 14. В статической системе выберите способы устранения установившейся ошибки $\varepsilon_{уст}$.

Варианты ответов:

1) увеличение коэффициента усиления *K;*
2) введение интегрирующего звена в систему управления (применение астатической САУ);
3) введение гибкой отрицательной обратной связи;
4) применение способа компенсации возмущений.

Ответы: 2) и 4).

Вопрос 15. На каких частотах (низких, средних или высоких) оказывают корректирующее воздействие широко распространенные в технике ПИД-регуляторы?

Варианты ответов:

1) на низких;

2) на низких и средних;
3) на средних;
4) на высоких.
Ответ: 3) – корытообразная ЛАЧХ.

Вопрос 16. При каких условиях в нелинейной САУ устанавливаются устойчивые *автоколебания*?

Варианты ответов:
1) при устойчивости в малом и неустойчивости в большом;
2) при устойчивости в малом и устойчивости в большом;
3) при неустойчивости в малом и устойчивости в большом;
4) при неустойчивости в малом и неустойчивости в большом.
Ответ: 3).

Вопрос 17. Из предложенных ниже вариантов ответов выберите верный. Используйте критерий устойчивости Попова В.М. для нелинейной САУ с устойчивой линейной частью, представленные на рис. 9 модифицированный годограф $W_л^*(j\omega)$ линейной части САУ и параметр $K_{НЗ}$, определяющий границу сектора, в котором расположена характеристика нелинейного звена.

Варианты ответов:
1) нелинейная САУ устойчива (рис. 9*а*), неустойчива (рис. 9*б*), на границе устойчивости (рис. 9*в*);
2) нелинейная САУ неустойчива (рис. 9*а*), устойчива (рис. 9б), на границе устойчивости (рис. 9в);
3) нелинейная САУ устойчива (рис. 9*а*), требуется дополнительная проверка - устойчива или неустойчива (рис. 9б), на границе устойчивости (рис. 9в);
4) нелинейная САУ устойчива (рис. 9а), требуется дополнительная проверка - устойчива или неустойчива САУ (рис. 9б), требуется дополнительная проверка - устойчива или неустойчива САУ (рис. 9в).
Ответ: 4).

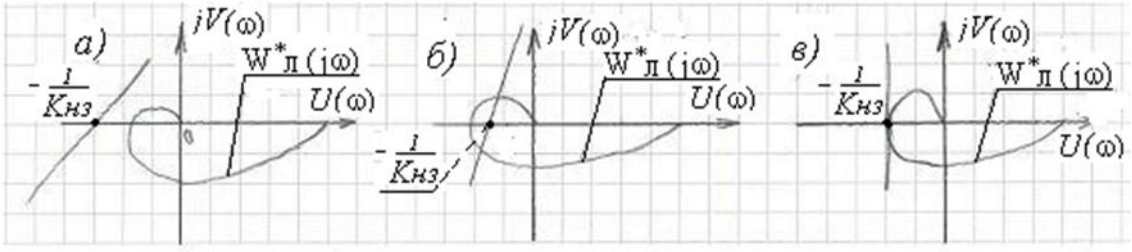


Рис. 9

Вопрос 18. Из предлагаемых ниже вариантов выберите правильный перечень параметров, характерный для САУ с широтно-импульсной модуляцией ШИМ, где A – амплитуда импульсов, T – период следования импульсов, $t_{ШИМ}$ – ширина импульсов, τ – запаздывание переднего фронта импульса относительно начала периода T.

Варианты ответов:
1) постоянные величины: *A, T:* переменные величины: τ, $t_{ШИМ}$;
2) постоянные величины: T, $\tau \neq 0$: переменные величины: A, $t_{ШИМ}$;
3) постоянные величины: A, $\tau \neq 0$: переменные величины: T, $t_{ШИМ}$;
4) постоянные величины: *A, T,* $\tau=0$: переменная величин: $t_{ШИМ}$.
Ответ: 4).

Вопрос 19. Определите передаточную функцию $W(z)=Y(z)/X(z)$ для импульсной САУ, описываемой разностным уравнением $y[n[-3y[n-1]+2y[n-2]=4x[n-2]$. Выражения в числителе и знаменателе расположить по степени убывания z.

Варианты ответов:

1) $W(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{4z}{z^2-3z+1}$;
2) $W(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{4}{z^2-3z+2}$;
3) $W(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{4}{z^2-2z+1}$;
4) $W(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{4z}{z^2-2z+2}$

Ответ: 2).

Вопрос 20. Определите передаточную функцию по управляющему воздействию *Ф(z)* импульсной САУ с единичной обратной связью, имеющей передаточную функцию разомкнутой системы $W_{раз}(z)=\frac{16}{(z-0.9)(z-0.15)}$. Смещение *σ=0.*

Варианты ответов:

1) $\Phi(z)=\frac{z^2-1.05z+0.135}{z^2-1.05z+16.135}$;
2) $\Phi(z)=\frac{16}{p^2-1.05z+16.135}$;
3) $\Phi(z)=\frac{16z^2}{z^2-1.05z+16.135}$;
4) $\Phi(z)=\frac{16z}{z^2-1.05z+16.135}$

Ответ: 2).

Вопрос 21. Определите передаточную функцию по ошибке $\Phi_\varepsilon(z)$ импульсной САУ с единичной обратной связью, имеющей передаточную функцию разомкнутой системы $W_{\text{раз}}(z)=\frac{16}{(z-0.9)(z-0.15)}$.

Варианты ответов:

1) $\Phi_\varepsilon(z)=\frac{z^2-1.05z+0.135}{z^2-1.05z+16.135}$;
2) $\Phi_\varepsilon(z)=\frac{16}{p^2-1.05z+16.135}$;
3) $\Phi_\varepsilon(z)=\frac{16z^2}{z^2-1.05z+16.135}$;
4) $\Phi_\varepsilon(z)=\frac{16z}{z^2-1.05z+16.135}$

Ответ: 1).

Вопрос 22. Какие соотношения между числом $\alpha_{цап}$ разрядов ЦАП в прямом канале и разрядностью $\alpha_{ацп}$ АЦП в обратном канале соблюдаются в реальных цифровых САУ?

Варианты ответов:

1) $\alpha_{цап} > \alpha_{ацп}$;
2) $\alpha_{цап} = \alpha_{ацп}$;
3) $\alpha_{цап} < \alpha_{ацп}$.

Ответ: 3).

Вопрос 23. Выберите допустимое значение интервала *T* дискретизации цифровой САУ по времени (интервала формирования управляющего кода).

Варианты ответов:

1) *T=0.6 (рад)/*ω_n *(рад/с),* где ω_n – полоса пропускания САУ;
2) $T=0.2t_{nn}$, где t_{nn} – время переходного процесса;
3) $T=0.05t_{nn}$.

Ответ: 3).

Вопрос 24. Какая система с адаптивным управлением называется *самоорганизующейся?*

Варианты ответов:
1) если целенаправленно изменяются параметры системы управления;
2) если целенаправленно изменяются параметры и структура системы управления;
3) если целенаправленно изменяется закон управления с использованием опыта работы;
4) если целенаправленно изменяются параметры, структура системы управления и закон управления с использованием опыта работы.

Ответ: 2)

Вопрос 25. Какая система с адаптивным управлением называется *самообучающейся?*

Варианты ответов:
5) если целенаправленно изменяются параметры системы управления;
6) если целенаправленно изменяются параметры и структура системы управления;
7) если целенаправленно изменяется закон управления с использованием опыта работы;
8) если целенаправленно изменяются параметры, структура системы управления и закон управления с использованием опыта работы.

Ответ: 4)

ВОПРОСЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Вопрос 1. Дайте определение понятия *«устойчивость САУ».*

Ответ: устойчивость – это свойство САУ возвращаться в установившееся состояние после того, как она была выведена из этого состояния каким-либо воздействием.

Вопрос 2. Для чего в ТАУ широко используется метод преобразования Лапласа?

Ответ: метод преобразования Лапласа позволяет заменить достаточно сложное решение дифференциальных уравнений относительно простым решением алгебраических уравнений.

Вопрос 3. Как устанавливается однозначное соответствие между функциями от времени *x(t)* (оригиналами) и их изображениями по Лапласу *X(p).*

Ответ: таблицами преобразований Лапласа.

Вопрос 4. Дайте определение передаточной функции *W(p)* звена.

Ответ: передаточной функцией звена *W(p)* называется отношение изображения выходной величины звена *Y(p)* к изображению его входной величины *X(p)* при нулевых начальных условиях, $W(p)=Y(p)/X(p)$.

Вопрос 5. На рис. 1 представлен вектор комплексного коэффициента усиления $W(j\omega_1)$ на частоте ω_1. Напишите формулы для определения модуля $|W(j\omega_1)|$ и угла $\varphi(\omega_1)$ сдвига по фазе между выходным и входным сигналами.

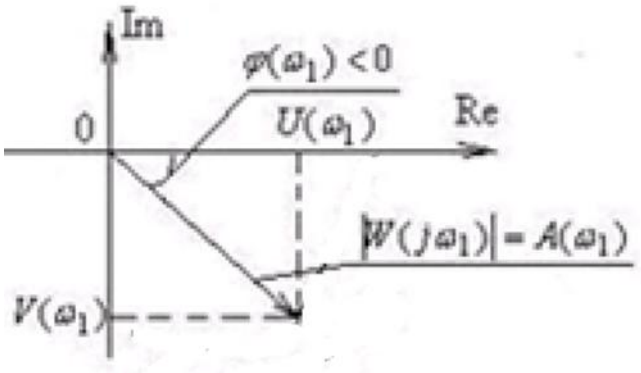


Рис. 1 Изображение вектора комплексного коэффициента усиления $W(j\omega_1)$ на комплексной плоскости

Ответ: $|W(j\omega_1)| = \sqrt{U(\omega_1)^2 + V(\omega_1)^2}$; $\phi(\omega_1) = arctg\frac{V(\omega_1)}{U(\omega_1)}$

Вопрос 7. На какие 3 группы разделяются линейные динамические звенья САУ по виду статических характеристик, *y=f(x)*, где *x* – входная (задающая) величина, *y* – выходная (регулируемая) величина?

Ответ: – статические (позиционные), *y=kx;*

– интегрирующие, $y = k\int_0^t xdt$;

– дифференцирующие, $y = k\,dx/dt$.

Вопрос 8. Назовите статические звенья с приведением их передаточных функций.

Ответ: – пропорциональное (безынерционное) звено, $W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = k$;

– инерционное звено, $W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K}{1+pT}$;

– колебательное звено, $W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K}{T^2p^2+2\xi Tp+1}$.

Вопрос 9. Перечислите частотные характеристики звеньев.

Ответ:
– амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), $|W(j\omega)| = A(\omega)$;
– фазово-частотная характеристика (ФЧХ), *φ(ω);*
– амплитудно-фазовая характеристика (АФХ), годограф *W(jω)=U(ω)+jV(ω)*;
– логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ), *20lg|W(jω)|=f(lg ω)*;
– логарифмическая фазово-частотная характеристика (ЛФЧХ), *φ(ω)= f(lg ω).*

Вопрос 10. Перечислите временные характеристики звеньев и дайте их определения.

Ответ:
– переходная характеристика *h(t)* представляет собой график изменения во времени выходной (регулируемой) величины *y(t)* при подаче на вход звена единичного ступенчатого воздействия *x(t)=1(t)* при *t≥0*;

– импульсная переходная (весовая) характеристика *w(t)* представляет собой график изменения во времени выходной (регулируемой) величины y(t) при подаче на вход звена *δ* – функции (импульса бесконечно большой амплитуды и бесконечно малой длительности, имеющего площадь, равную 1);

Вопрос 11. Как связаны единичный ступенчатый сигнал *1(t)* и *δ* – функция; *h(t)* п *w(t)*?

Ответ: δ(t)=d1(t)/dt; w(t)=dh(t)/dt.

Вопрос 12. Используя график *h(t)* на рис. 2, назовите численные показатели качества управления.

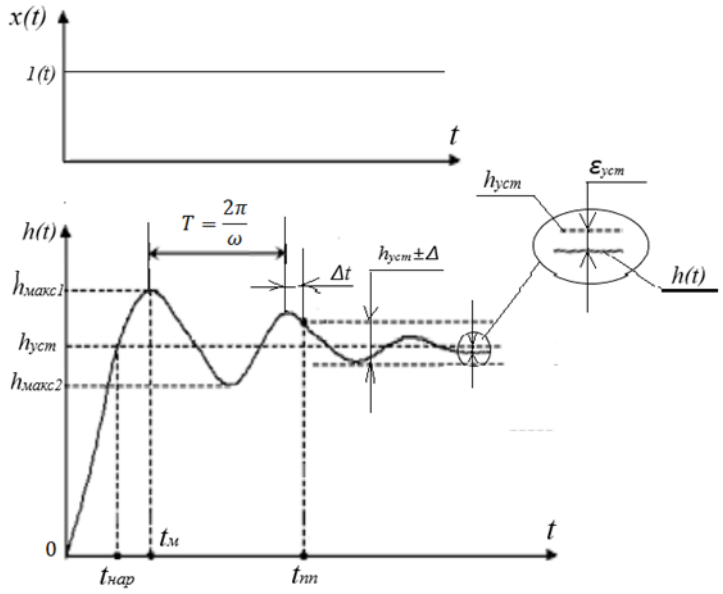


Рис. 2

Ответ:
– время переходного процесса $t_{пп}$;
– перерегулирование $\sigma=[(h_{уст1}-h_{уст})/h_{уст}]\cdot 100\%$;
– установившаяся ошибка $\varepsilon_{уст}=h_{уст}-h(t)$ при $t \geq t_{пп}$;
– число перерегулирований N при $t \leq t_{пп}$, когда $h_{уст2} \leq h_{уст}$;
– время максимального перерегулирования $t_м$.

Вопрос 13. Сформулируйте необходимое и достаточное условие устойчивости линейного звена.

Ответ: необходимым и достаточным условием устойчивости линейного звена является отрицательное значение действительной части α всех полюсов передаточной функции $W(p)$, где полюсы могут быть действительными числами $p_i=\alpha$ или комплексными $p_{1,2}=\alpha \pm j\omega$.

Вопрос 14. Сформулируйте алгебраический критерий устойчивости Гурвица для линейных САУ.

Ответ: система устойчива, если коэффициент характеристического полинома a_n при наибольшей степени p и все определители Гурвица больше нуля.

Вопрос 15. Сформулируйте частотный критерий устойчивости Михайлова для линейных САУ.

Ответ: САУ устойчива, если годограф характеристического полинома $D(j\omega)$ с ростом ω от 0 до $+\infty$, начинаясь на действительной оси, обходит последовательно в положительном направлении n квадрантов, где n – степень характеристического полинома $D(j\omega)$.

Вопрос 16. Сформулируйте частотный критерий устойчивости Найквиста для линейных САУ.

Ответ:
замкнутая САУ устойчива, если разность между числами положительных и отрицательных переходов действительной оси на участке $(-\infty, -1)$ годографом разомкнутой системы равна $m/2$, где m – число корней характеристического уравнения разомкнутой системы, лежащих в правой полуплоскости.

Вопрос 17. Дайте определение *установившегося* режима САУ. Как называется ошибка в установившемся режиме?

Ответ: установившимся называется режим, возникающий после переходного процесса, вызванного подачей постоянного во времени внешнего воздействия (ступеньки, рис. 3). Ошибка $\varepsilon_{УСТ}$, возникающая при установившемся режиме, называется статической (рис. 3).

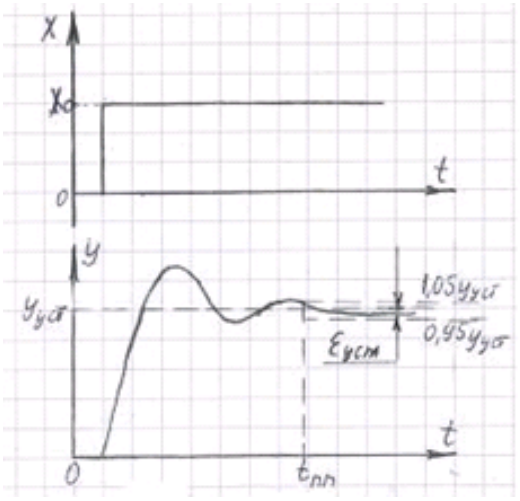


Рис. 3

Вопрос 18. САУ, состоящая из статических звеньев, в установившемся режиме имеет статическую ошибку $\varepsilon_{уст}\neq 0$. Назовите два способа устранения этой ошибки.

Ответ:

1) применение астатической системы управления (введение интегрирующего звена вне участка от места приложения помехи до выхода);
2) применение способа компенсации возмущений.

Вопрос 19. Дайте определение *вынужденного* режима САУ. Как называется ошибка в вынужденном режиме?

Ответ: вынужденным называется режим, рассматриваемый после окончания переходного процесса $t_{пп}$, вызванного изменяющимся во времени внешним воздействием $x(t)$ (рис. 4). Ошибка, возникающая при вынужденном режиме, называется динамической и обозначается как $\varepsilon_{ВЫН}$.

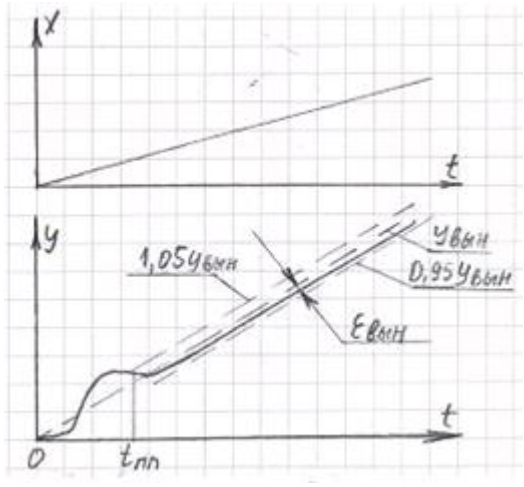


Рис. 4

Вопрос 20. Дайте определение *алгоритма (закона)* управления.

Ответ: Законом или алгоритмом управления называется функциональная связь между управляющим воздействием U на выходе устройства управления УУ и ошибкой ε на его входе, $U=f(\varepsilon)$.

Вопрос 21. Для чего используется коррекция динамических свойств САУ введением искусственных корректирующих устройств?

Ответ: искусственные корректирующие устройства позволяют без уменьшения величины заданного (расчетного) коэффициента усиления *К* (без ухудшения точности САУ) получить заданное качество переходного процесса (заданные запасы по фазе и амплитуде).

Вопрос 22. Когда в нелинейной САУ возникают автоколебания?

Ответ: при неустойчивости САУ в малом и устойчивости в большом.

Вопрос 23. Какая система называется дискретной? Назовите 3 вида квантования сигналов в дискретных САУ и соответствующие этим видам квантования типы дискретных систем.

Ответ: дискретной называется САУ, в которой хотя бы одна величина изменяется во времени дискретно (скачком). Преобразование непрерывного сигнала в дискретный называется квантованием сигнала. Существуют три вида квантования: по уровню (рис. 5*а*) – *релейные* САУ; по времени (рис. 5*б*) – *импульсные* САУ, по времени и уровню (рис. 5*в*) – *цифровые* САУ.

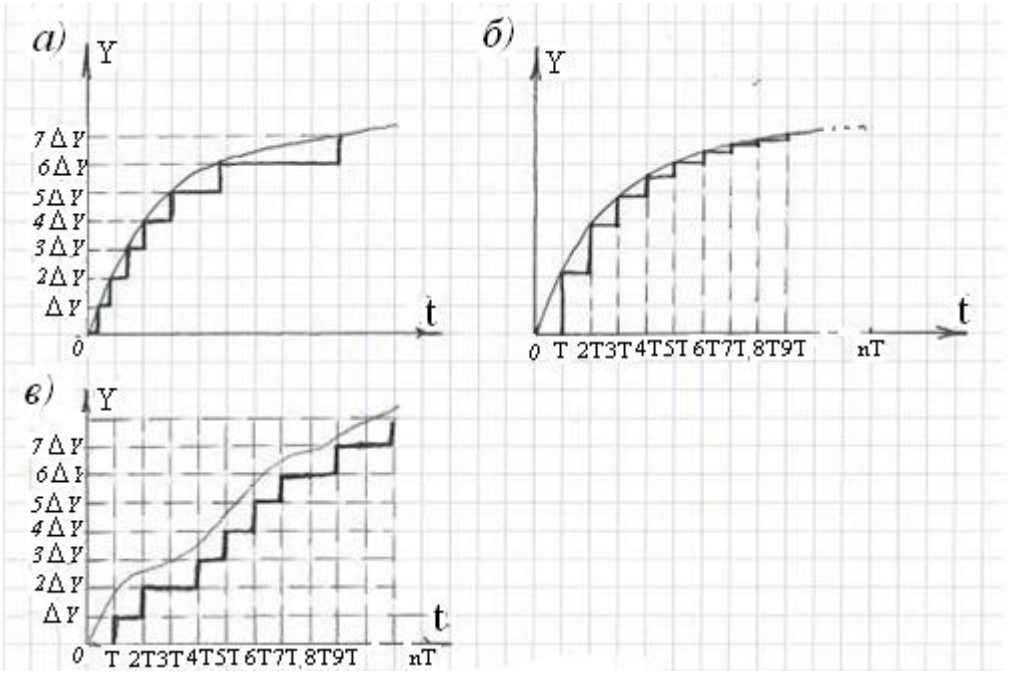


Рис. 5 Виды квантования дискретных сигналов

Вопрос 24. Приведите классификацию импульсных САУ по виду модуляции (4 вида).

Ответ: амплитудно – импульсная модуляция (АИМ); широтно – импульсная модуляция (ШИМ); фазово – импульсная модуляция (ФИМ); частотно – импульсная модуляция (ЧИМ).

Вопрос 25. Дайте определение *решетчатой функции.*

Ответ: решетчатая функция – это функция, значения которой определены только в дискретные моменты времени $t=nT_0$ (рис 6), где T_0 – интервал дискретности, n – натуральное число (0,1,2, …). Для краткости решетчатую функцию $X[nT_0]$ обозначают $X[n]$ (рис. 6б).

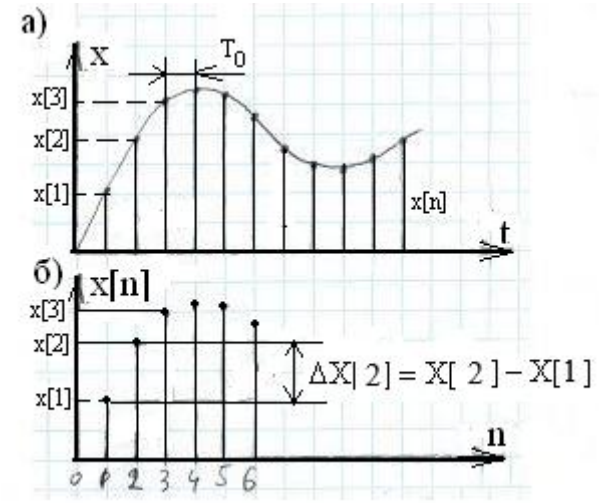


Рис. 6 К определению решетчатой функции

Вопрос 26. Чем руководствуются на практике при определении численного значения T интервала дискретности цифровой САУ (интервала формирования управляющего кода процессором)? Приведите соответствующие формулы для обоих случаев.

Ответ: руководствуются либо шириной ω_n полосы пропускания САУ, либо заданным в ТЗ временем переходного процесса t_{nn}. Для первого случая

$$T = \frac{0.15 \div 0.5 (\text{рад})}{2\pi f_{\text{п}} (\text{рад}/c)} = \frac{0.15 \div 0.5}{\omega_{\text{п}}}$$

Для второго случая

$$T \leq (0.03–0.1) \cdot t_{nn}$$

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- *посещение лекционных и практических занятий;*
- *ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;*
- *решение задач и выполнение заданий на практических занятиях;*
- *самостоятельное решение задач при выполнении домашних заданий;*
- *выполнение контрольной работы;*
- *подготовка к сдаче и сдача экзамена.*

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

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разнозологической учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

Содержание экзаменационного билета

1 вопрос – ТАУ линейными системами (знать + уметь + владеть)

2 вопрос – ТАУ нелинейными и дискретными системами (знать + уметь + владеть)

Пример экзаменационного билета

1. Частотный критерий устойчивости Найквиста для амплитудно-фазовых характеристик (годографов), логарифмических характеристик. Определение запасов устойчивости по фазе и амплитуде по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.
2. Импульсные САУ. Классификация импульсных САУ по виду модуляции..