**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лабораторные занятия | 8 | 8 | часов |
| Курсовая работа | 4 | 4 | часов |
| Самостоятельная работа | 148 | 148 | часов |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 14 | 14 | часов |
| Контрольные работы | 2 | 2 | часов |
| Подготовка и сдача зачета | 4 | 4 | часов |
| Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр | Количество |
|---|---|---|
| Зачет с оценкой | 6 | |
| Курсовая работа | 6 | |
| Контрольные работы | 6 | 1 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 66933

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью дисциплины является формирование представлений о свойствах технических систем с обратными связями, возможностях целенаправленной коррекции показателей качества функционирования таких систем и практическом применении полученных навыков на практике при изучении последующих дисциплин (методы анализа и расчета электронных схем, энергетическая электроника и так далее).

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение организации автоматического управления в технических объектах.
2. Получение частотных и временных характеристик систем управления техническими объектами.
3. Использование методов повышения качества управления техническими объектами.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.02.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 66933

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-3. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности | ОПК-3.1. Знает принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации, а также методы и средства обеспечения информационной безопасности | Студент знает принципы методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности при анализе систем автоматического управления. |
| | ОПК-3.2. Умеет работать с источниками информации и базами данных, а также решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации | Студент умеет работать с источниками информации и базами данных, а также решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации при выполнении расчётно=графических работ. |
| | ОПК-3.3. Владеет практическими навыками поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации и обеспечения информационной безопасности при решении задач в области профессиональной деятельности | Студент владеет практическими навыками поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации и обеспечения информационной безопасности при выполнении лабораторных работ. |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПКС-9. Способен использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности | ПКС-9.1. Знает основные методы работы с компьютером, методы информационных технологий и основные требования информационной безопасности | Знает основные методы работы с компьютером, методы информационных технологий и основные требования информационной безопасности при поведении расчётно-графических работ. |
| | ПКС-9.2. Умеет использовать навыки работы с компьютером, методы информационных технологий, основные требования информационной безопасности | Студент умеет использовать навыки работы с компьютером, методы информационных технологий, основные требования информационной безопасности при проведении расчётов по теории автоматического управления. |
| | ПКС-9.3. Владеет навыками работы с компьютером, методами информационных технологий и основными требованиями информационной безопасности | Студент владеет навыками работы с компьютером, методами информационных технологий и основными требованиями информационной безопасности при создании электронных моделей систем автоматического управления. |

Согласована на портале № 66933

| | | |
|---|---|---|
| ПКС-11. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ПКС-11.1. Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования | Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования при проведении лабораторных и расчётных работ. |
| | ПКС-11.2. Умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | Умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования при выполнении контрольных работ |
| | ПКС-11.3. Владеет навыками построения простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования | Студент владеет навыками построения простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования при проведении анализа и синтеза систем автоматического управления. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 28 | 28 |
| Лабораторные занятия | 8 | 8 |

Согласована на портале № 66933

| | | |
|---|---|---|
| Курсовая работа | 4 | 4 |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 14 | 14 |
| Контрольные работы | 2 | 2 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 148 | 148 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 98 | 98 |
| Подготовка к контрольной работе | 20 | 20 |
| Выполнение курсовой работы | 12 | 12 |
| Подготовка к лабораторной работе | 7 | 7 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 6 | 6 |
| Написание отчета по курсовой работе | 5 | 5 |
| **Подготовка и сдача зачета** | 4 | 4 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 5 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лаб. раб. | Контр. раб. | Курс. раб. | СРП, ч. | Сам. раб., ч | Всего часов (без промежуточной аттестации) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | | | | |
| 1 Основные понятия и определения | - | 2 | 4 | 1 | 4 | 11 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 2 Математическое описание линейных непрерывных систем | - | | | 1 | 14 | 15 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 3 Типовые звенья систем автоматического управления | 4 | | | 3 | 24 | 31 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 4 Устойчивость систем автоматического управления | 4 | | | 2 | 27 | 33 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 5 Оценка качества управления | - | | | 2 | 18 | 20 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 6 Коррекция систем автоматического управления | - | | | 2 | 10 | 12 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 7 Нелинейные системы | - | | | 1 | 48 | 49 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| 8 Системы дискретного действия. | - | | | 2 | 3 | 5 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 |
| Итого за семестр | 8 | 2 | 4 | 14 | 148 | 176 | |
| Итого | 8 | 2 | 4 | 14 | 148 | 176 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 66933

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины | СРП, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 1 Основные понятия и определения | Предмет дисциплины. Классификация систем автоматического управления (САУ). Принципы управления по отклонению и возмущению. | 1 | ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Математическое описание линейных непрерывных систем | Дифференциальные уравнения и передаточные функции. Частотные функции и характеристики. Временные функции и характеристики. | 1 | ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 1 | |
| 3 Типовые звенья систем автоматического управления | Классификация типовых динамических звеньев. Минимально фазовые динамические звенья и их характеристики. Реализация минимально фазовых звеньев на операционных усилителях. Понятие структурной схемы, элементы структурных схем, правила преобразования структурных схем. | 3 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 3 | |
| 4 Устойчивость систем автоматического управления | Физическое понятие устойчивости. Необходимое условие устойчивости линейных непрерывных систем. Критерии устойчивости (Гурвица, Михайлова, Найквиста). Понятие граничного значения варьируемого параметра. Оценка устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Понятие запасов устойчивости. | 2 | ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Оценка качества управления | Показатели качества регулирования: точность в установившемся режиме, длительность переходного процесса, перерегулирование, колебательность. Статические и астатические системы, порядок астатизма. Критерии качества переходного процесса: частотные, корневые, интегральные. | 2 | ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 66933

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Коррекция систем автоматического управления | Постановка задач стабилизации и коррекции. Последовательная и параллельная коррекция. Последовательные корректирующие звенья (регуляторы). Параллельная коррекция. Гибкие и жесткие корректирующие обратные связи. Применение типовых настроек (на симметричный и технический оптимумы) для синтеза регуляторов в системах подчиненного регулирования | 2 | ОПК-3, ПКС-9 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Нелинейные системы | Постановка задачи исследования систем с нелинейными статическими характеристиками. Метод фазовой плоскости. | 1 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 1 | |
| 8 Системы дискретного действия. | Разновидности дискретных систем: релейные, импульсные, и цифровые. Виды импульсной модуляции. Основы математического описания линейных САУ с амплитудно импульсной модуляцией:<br>уравнения в конечных разностях и дискретные<br>передаточные функции. Дискретное преобразование Лапласа, Z - преобразование и W - преобразование. Устойчивость дискретных систем. Применение критериев устойчивости для анализа дискретных САУ. Частотные характеристики | 2 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 2 | |
| | Итого за семестр | 14 | |
| | Итого | 14 | |

### 5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

| № п.п. | Виды контрольных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 1 | Контрольная работа с автоматизированной проверкой | 2 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого за семестр | 2 | |
| | Итого | 2 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |

Согласована на портале № 66933

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Типовые звенья систем автоматического управления | Моделирование и исследование характеристик типовых динамических звеньев систем автоматического управления | 4 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Устойчивость систем автоматического управления | Исследование статических и астатических систем автоматического управления. | 4 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |
| | Итого | 4 | |
| | Итого за семестр | 8 | |
| | Итого | 8 | |

### 5.5.Контроль самостоятельной работы (курсовая работа)

Содержание самостоятельной работы и ее трудоемкость, а также формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание самостоятельной работы и ее трудоемкость в рамках выполнения курсовой работы

| Содержание самостоятельной работы в рамках выполнения курсовой работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| **6 семестр** | | |

Согласована на портале № 66933

| | | |
|---|---|---|
| 1. Определение передаточной функции устройства, заданного активным или пассивным четырёхполюсником.<br>2. Определение типовых динамических звеньев, из которых<br>состоит заданная система.<br>3. Получение передаточной функций заданной системы.<br>4. По критерию устойчивости Гурвица или Михайлова<br>определить устойчивость заданной САУ, рассчитать граничный коэффициент передачи её разомкнутой цепи.<br>Для заданных варьируемых параметров x1 и x2 построить<br>границу устойчивости и определить область устойчивости<br>САУ относительно этой границы.<br>5. Для заданного запаса устойчивости по амплитуде рассчитать коэффициент передачи разомкнутой цепи.<br>Рассчитать и построить годограф Найквиста, логарифмические частотные характеристики и определить<br>запасы устойчивости для такой системы.<br>6. Рассчитать амплитудную частотную характеристику<br>(АЧХ) системы, определить по ней частоту период собственных колебаний, а также показатель колебательности и оценить по ним время переходного<br>процесса по задающему воздействию.<br>7. Рассчитать и построить переходные характеристики<br>системы по задающему и возмущающему воздействиям,<br>определить по ним основные показатели качества управления (перерегулирование и время переходного процесса).<br>8. Рассчитать и построить внешнюю статическую характеристику САУ, определить её статизм и оценить<br>статическую точность.<br>9. Путём осуществления последовательной коррекции,<br>настроить систему на заданные показатели качества управления (перерегулирование и время переходного процесса), определить и синтезировать на операционных<br>усилителях последовательное корректирующее устройство.<br>В качестве заключения по работе провести анализ полученных результатов. | 4 | ОПК-3, ПКС-9, ПКС-11 |

Согласована на портале № 66933

| | | |
|---|---|---|
| Итого за семестр | 4 | |
| Итого | 4 | |

Примерная тематика курсовых работ:

Теория автоматического управления.

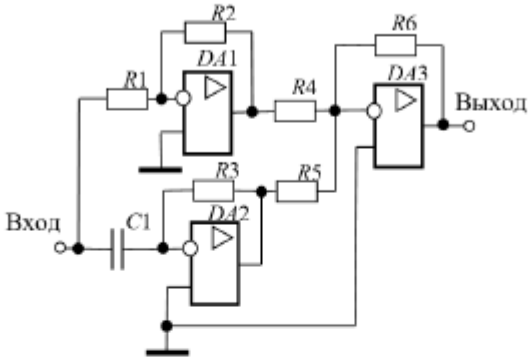
Курсовая работа посвящена анализу и синтезу заданной непрерывной системы автоматического управления (САУ). Структурная схема САУ является общей для всех вариантов заданий (их предусмотрено 20). Вариант задания выбирается по общим правилам, существующим для студентов заочного обучения с применением дистанционных технологий. Большинство расчётов выполняется в среде Mathcad.

Ниже приведены пять вариантов заданий на курсовую работу.

1.

**Вариант №1**

Схема звена с передаточной функцией $W_1(p)$ и его параметры:




| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $R_5$, кОм | $R_6$, кОм | $C_1$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 | 8 |

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W_2(p)=\frac{k_2}{T_2^2p^2+2\xi T_2p+1};\quad W_3(p)=\frac{k_3}{p};\quad W_4(p)=k_4;\quad W_{oc}(p)=\frac{k_{oc}}{T_{oc}p+1}.$$

Исходные данные для расчета:

| $k_2$ | $k_3$ $c^{-1}$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $\xi$ | $T_2$, с | $T_{oc}$, с | $g_m$ | $f_m$ | $\Delta G$, дБ | Варьир. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 1 | 40 | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,01 | 20 | 2 | 10 | $T_2$ | $k_2$ |

Параметры скорректированной САУ:

перерегулирование $\sigma = 25\ \%$,

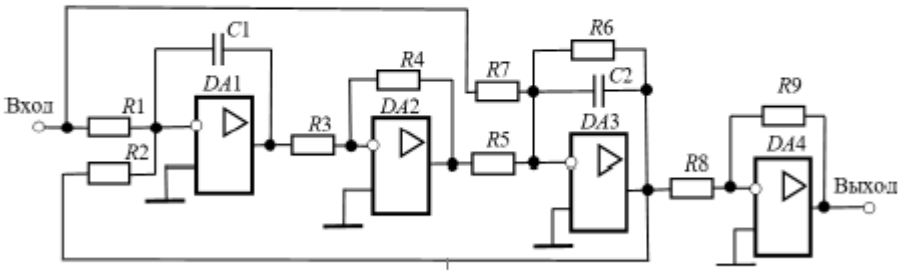
время переходного процесса $t_{пп} = 0,38$ с.

Согласована на портале № 66933

2.

**Вариант №2**

Схема звена с передаточной функцией $W_1(p)$ и его параметры:




$R_1 = R_2 = 1,25$ МОм, $R_3 = 200$ кОм, $R_4 = R_5 = 10$ кОм, $R_6 = 625$ кОм, $R_7 = 1,25$ МОм,

$R_8 = R_9 = 10$ кОм, $C_1 = C_2 = 1$ мкФ

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W_2(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}; \quad W_3(\text{p}) = k_3; \quad W_{\text{ос}}(p) = \frac{k_{\text{ос}}}{T_{\text{ос}}\, p + 1}.$$

Исходные данные для расчета:

| $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{\text{ос}}$ | $T_2$, с | $T_{\text{ос}}$, с | $g_m$ | $f_m$ | ΔG, дБ | Вар. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 40 | 5 | 2 | 0,5 | 0,1 | 0,01 | 20 | 10 | 5 | $T_2$ | $k_2$ |

Параметры скорректированной САУ:

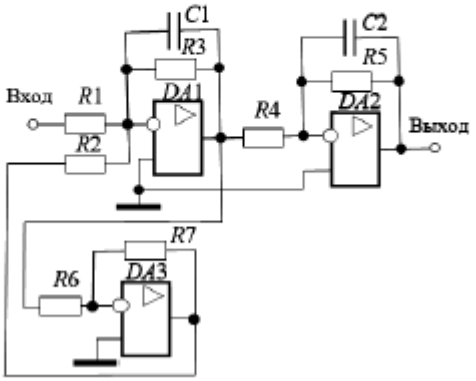
перерегулирование $\sigma = 40$ %,

время переходного процесса $t_{\text{пп}} = 0,2$ с.

Согласована на портале № 66933

3. **Вариант №3**

Схема звена с передаточной функцией $W_2(p)$ и его параметры:




| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $R_5$, кОм | $R_6$, кОм | $R_7$, кОм | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0,5 | 0,1 |

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W_1(p)=\frac{k_1}{T_1p+1};\quad W_3(p)=\frac{k_3}{T_3p+1};\quad W_{oc}(p)=k_{oc}.$$

Исходные данные для расчета:

| $k_1$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $T_1$, с | $T_3$, с | $g_m$ | $f_m$ | ΔG, дБ | Вар. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 3 | 5 | 3 | 0,3 | 0,002 | 0,1 | 15 | 3 | 5 | $T_1$ | $k_1$ |

Параметры скорректированной САУ:

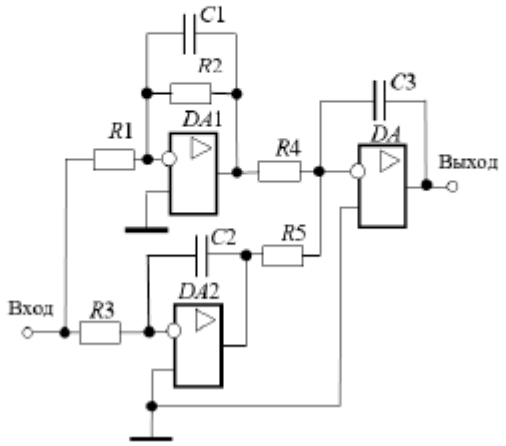
перерегулирование, $\sigma = 20$ %

время переходного процесса $t_{пп} = 0,03$ с.

Согласована на портале № 66933

4. **Вариант №4**

Схема звена с передаточной функцией $W_2(p)$ и его параметры:




| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $R_5$, кОм | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ | $C_3$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 200 | 100 | 100 | 1 | 1 | 1 |

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W2(p)=\frac{k_2(\tau_2 p+1)}{T_2 p+1}; \qquad W3p)=k_3; \qquad Woc(p)=k_{oc}$$

Исходные данные для расчета:

| $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $T_2$, с | $\tau_2$, с | $g_m$ | $f_m$ | ΔG, дБ | Варир. пар. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 2 | 5 | 5 | 0,1 | 0,55 | 0,15 | 10 | 20 | 5 | $T_2$ | $k_2$ |

Параметры скорректированной САУ:

перерегулирование, $\sigma = 40$ %

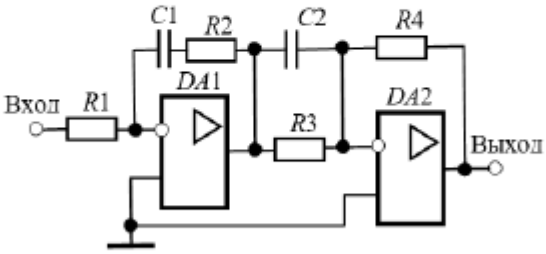
время переходного процесса $t_{пп} = 0,4$ с.

Согласована на портале № 66933

5.

**Вариант №5**

Схема звена с передаточной функцией $W_2(p)$ и его параметры:




| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 1 | 50 | 8 | 10 |

Передаточные функции остальных звеньев

$$W_2(p)=\frac{k_2}{T_2^2p^2+2\xi T_2p+1};\quad W_3(p)=\frac{k_3}{T_3p+1};\quad W_{oc}(p)=k_{oc}.$$

Исходные данные для расчета

| $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $T_2$, с | $\xi$ | $T_3$, с | $g_m$ | $f_m$ | $\Delta G$, дБ | Варьир. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 2 | 2 | 1 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,02 | 15 | 8 | 8 | $T_3$ | $k_3$ |

Параметры скорректированной САУ:

перерегулирование, $\sigma = 20$ %

время переходного процесса $t_{пп} = 0{,}16$ с.

## 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |
| 1 Основные понятия и определения | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 3 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Итого | 4 | | |

Согласована на портале № 66933

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Математическое описание линейных непрерывных систем | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 12 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 2 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Итого | 14 | | |
| 3 Типовые звенья систем автоматического управления | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 16 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Выполнение курсовой работы | 1 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Курсовая работа |
| | Подготовка к лабораторной работе | 1 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 2 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 24 | | |
| 4 Устойчивость систем автоматического управления | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 10 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе | 6 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по курсовой работе | 5 | ПКС-11, ПКС-9 | Отчет по курсовой работе |
| | Подготовка к контрольной работе | 2 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 4 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 27 | | |
| 5 Оценка качества управления | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 8 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Выполнение курсовой работы | 7 | ПКС-11, ПКС-9 | Курсовая работа |
| | Подготовка к контрольной работе | 3 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Итого | 18 | | |

Согласована на портале № 66933

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 Коррекция систем автоматического управления | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 5 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Выполнение курсовой работы | 4 | ОПК-3, ПКС-9 | Курсовая работа |
| | Итого | 10 | | |
| 7 Нелинейные системы | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 42 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 6 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Итого | 48 | | |
| 8 Системы дискретного действия. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 2 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 1 | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Контрольная работа |
| | Итого | 3 | | |
| | Итого за семестр | 148 | | |
| | Подготовка и сдача зачета | 4 | | Зачет с оценкой |
| | Итого | 152 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Лаб. раб. | Курс. раб. | Конт.Раб. | СРП | Сам. раб. | |
| ОПК-3 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовая работа, Лабораторная работа, Отчет по курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Тестирование |
| ПКС-9 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовая работа, Лабораторная работа, Отчет по курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Тестирование |
| ПКС-11 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовая работа, Лабораторная работа, Отчет по курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Согласована на портале № 66933

Рейтинговая система не используется

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления: Учебное пособие / Коновалов Б. И., Лебедев Ю. М. - Томск: Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2010. - 162 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

2. Васильев Е. М. Теория автоматического управления. Дискретные системы: учеб. пособие / Е. М. Васильев, В. Г. Коломыцев. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012 – 152 с. [Электронный ресурс] Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/160328#2.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Карпов А. Г. Математические основы теории систем: Дополнительные материалы / Карпов А. Г. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2016. – 230 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления: Учебно-методическое пособие / Коновалов Б. И., Лебедев Ю. М. - Томск: Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2010. - 62 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

2. Лебедев Ю. М. Теория автоматического управления. Методические указания по организации самостоятельной работы: Методические указания / Лебедев Ю. М. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 22 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

3. Лебедев, Ю. М. Теория автоматического управления: Методические указания к курсовому проектированию / Лебедев Ю. М. — Томск: ТУСУР, 2017. — 126 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6913.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Иное учебно-методическое обеспечение

1. Коновалов Б. И., Лебедев Ю. М. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев, – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. (доступ из личного кабинета студента) .

### 7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного

Согласована на портале № 66933

просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Основные понятия и определения | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Математическое описание линейных непрерывных систем | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Типовые звенья систем автоматического управления | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| | | Курсовая работа | Примерный перечень тематик курсовых работ |

Согласована на портале № 66933

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Устойчивость систем автоматического управления | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 5 Оценка качества управления | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Курсовая работа | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| 6 Коррекция систем автоматического управления | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Курсовая работа | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| 7 Нелинейные системы | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Системы дискретного действия. | ОПК-3, ПКС-11, ПКС-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Согласована на портале № 66933

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

Согласована на портале № 66933

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какие связи должны присутствовать в системе автоматического управления (САУ) при организации комбинированного управления?
   Варианты ответов:
   а) связь по возмущающему воздействию;
   б) обратная связь;
   в) связь по возмущающему воздействию и обратная связь;
   г) все связи отсутствуют.
2. На управляющий вход замкнутой САУ поступает случайное воздействие. Укажите, к какому типу систем относится данная САУ.
   Варианты ответов:
   а)система стабилизации;
   б) система с распределёнными параметрами;
   в) следящая система;
   в) система с программным управлением.
3. Звено описано передаточной функцией $W(p)=\frac{10}{0,25p^2+1}$. Какой характер должен иметь переходный процесс на выходе этого звена?
   Варианты ответов:
   а) затухающие колебания;
   б) незатухающие колебания;
   в) апериодический;
   г) линейно нарастающий.
4. Асимптотическая логарифмическая амплитудная частотная характеристика (ЛАЧХ) звена имеет начальный наклон +20 дБ/дек и нулевой наклон после частоты сопряжения. Какое типовое динамическое звено имеет данную ЛАЧХ?
   Варианты ответов:
   а) инерционное форсирующее;
   б) изодромное;
   в) реальное дифференцирующее;
   г) колебательное.
5. Характеристическое уравнение замкнутой САУ имеет корни $p_1=-234,\ p_2-10,\ p_3=5i,$ $p_4=-5i$. Какой является данная система?
   Варианты ответов:
   а) устойчивой;
   б) условно устойчивой;
   в) неустойчивой;
   г) работающей на границе устойчивости.
6. Заданы координаты точек A(80, 0j), B(0, 10j), C(2, 0j), D(-10, -5j), через которые проходит годограф Михайлова для САУ четвертого порядка при изменении частоты от нуля до бесконечности. Определить устойчивость САУ.
   Варианты ответов:
   а) устойчива;
   б) неустойчива;
   в) условно устойчива;
   г) работает на границе устойчивости.
7. В САУ, охваченной единичной обратной связью, после точки приложения задающего воздействия g = 10 включено звено с передаточной функцией $W_1(p)=\frac{5(0,2p+1)}{0,3p+1}$, а после точки приложения возмущающего воздействия f = 5 включено звено с передаточной функцией $W_2(p)=\frac{3}{p}$. Чему будет равно значение отклонения выходной величины при заданном значении возмущающего воздействия?
   Варианты ответов:
   а) 0;

Согласована на портале № 66933

б) 2;
в) 1;
г) 5.

8. Амплитудная частотная характеристика замкнутой САУ характеризуется показателем колебательности М = 5,2 и периодом собственных колебаний переходных характеристик Тк = 0,2 с. Какая оценка времени переходного процесса по задающему воздействию будет наиболее точной?
Варианты ответов:
а) 0,6 с;
б) 1,04 с;
в) 0,9 с;
г) 1,26 с.
9. При каком наклоне асимптотической логарифмической частотной характеристики (ЛАЧХ) в области частоты среза обеспечиваются в САУ наилучшие показатели качества регулирования?
Варианты ответов:
а) минус 40 дБ/дек;
б) минус 20 дБ/дек;
в) минус 60 дБ/дек;
г) 0 дБ/дек.
10. Пропорционально интегро-дифференциальный (ПИД) регулятор состоит из пропорционального, идеального дифференцирующего и интегрирующего звеньев. Как соединены между собой эти звенья?
Варианты ответов:
а) последовательно;
б) с помощью отрицательной обратной связи;
в) с помощью положительной обратной связи;
г) параллельно.
11. Какой начальный наклон имеет асимптотическая ЛАЧХ системы, настроенной на технический оптимум?
Варианты ответов:
а) 0 дБ/дек;
б) плюс 20 дБ/дек;
в) минус 20 дБ/дек;
г) минус 40 дБ/дек
12. Каким типовым динамическим звеном является однозвенный фильтр?
Варианты ответов:
а) инерционным;
б) инерционным форсирующим;
в) изодромным;
г) реальным дифференцирующим.
13. Пропорционально интегральный (ПИ) регулятор состоит из пропорционального и интегрирующего звеньев. Как соединены между собой эти звенья?
Варианты ответов:
а) последовательно;
б) параллельно:
в) с помощью отрицательной обратной связи;
г) с помощью положительной обратной связи.
14. Пропорционально интегро-дифференциальный (ПИД) регулятор состоит из пропорционального, идеального дифференцирующего и интегрирующего звеньев. Как соединены между собой эти звенья?
Варианты ответов:
а) последовательно;
б) параллельно;
в) с помощью отрицательной обратной связи;
г) с помощью положительной обратной связи.
15. Каким будет переходный процесс в САУ, работающей на колебательной границе

Согласована на портале № 66933

устойчивости?
Варианты ответов:
а) иметь вид незатухающих колебаний;
б) иметь вид затухающих колебаний;
в) апериодическим;
г) расходящимся.

16. Как называется показатель качества регулирования, представляющий собой разность между максимальным и установившемся значениями выходной величины, отнесённый к её установившемуся значению и выраженный в процентах?
Варианты ответов:
а) колебательность;
б) показатель колебательности;
в) перерегулирование;
г) время переходного процесса.

17. Инерционное звено с передаточной функцией $W(p)=\frac{k}{Tp+1}$ охвачено жёсткой положительной обратной связью с коэффициентом передачи Кс. Каким будет эквивалентное звено, если $K_c=\frac{1}{k}$?
Варианты ответов:
а) инерционным;
б) интегрирующим;
в) неминимально фазовым устойчивым;
в) неминимально фазовым неустойчивым.

18. В дискретной САУ реализована широтно-импульсная модуляция входного сигнала. Какой параметр импульсов должен изменяться при осуществлении регулирования?
Варианты ответов:
а) частота;
б) фаза;
в) ширина;
г) амплитуда.

19. Система с амплитудной импульсной модуляцией описана с помощью Z-преобразования. Где должны располагаться корни её характеристического уравнения A(z) = 0 $z_1, z_2, \ldots, z_n$, чтобы система была устойчивой?
Варианты ответов:
а) внутри окружности единичного радиуса с центром в начале координат на комплексной плоскости;
б) снаружи окружности единичного радиуса с центром в начале координат на комплексной плоскости;
в) слева от мнимой оси на комплексной плоскости;
г) в начале координат на комплексной плоскости.

20. Система с амплитудной импульсной модуляцией третьего порядка описана с помощью дискретного преобразования Лапласа. Через сколько квадрантов комплексной плоскости должен последовательно, в положительном направлении, пройти годограф Михайлова, чтобы система была устойчивой?
Варианты ответов:
а) 2;
б) 3;
в) 5;
г) 6.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Какое типовое воздействие подаётся на вход системы автоматического управления (САУ) при экспериментальном снятии её частотных характеристик?
Варианты ответов:

а) единичное ступенчатое;
б) гармоническое;
в) единичное импульсное;
г) произвольное.

2. К какой группе звеньев относится звено чистого запаздывания?
Варианты ответов:
а) неминимально-фазовым звеньям;
б) минимально-фазовым;
в) иррациональным звеньям;
г) трансцендентным звеньям.

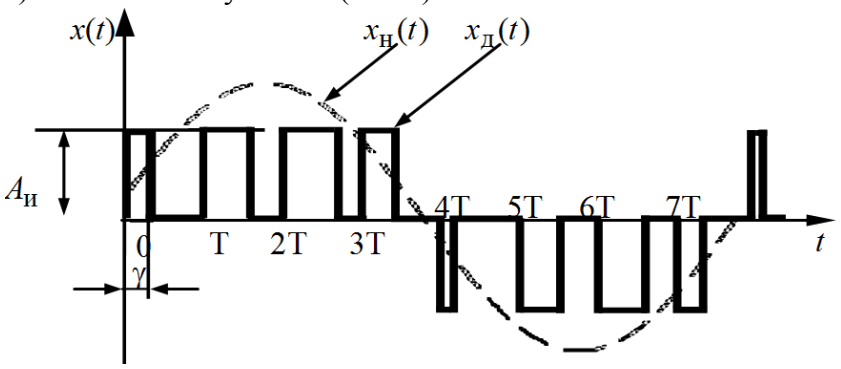
3. Что такое характеристический полином системы автоматического управления (САУ)?
Варианты ответов:
а) знаменатель передаточной функции её разомкнутой цепи;
б) числитель передаточной функции замкнутой по задающему воздействию;
в) знаменатель передаточной функции замкнутой по задающему воздействию;
г) знаменатель передаточной функции разомкнутой системы по задающему воздействию.

4. Как осуществляется параллельная коррекция САУ?
Варианты ответов:
а) путём подключения корректирующего устройства параллельно одному и нескольким её звеньев;
б) путём введения корректирующего устройства в разомкнутую цепь системы;
в) путём введения корректирующего устройства в цепь возмущающего воздействия;
г) путём введения корректирующего устройства в цепь местной обратной связи.

5. Чем определяется порядок астатизма системы?
Варианты ответов:
а) общим количеством интегрирующих звеньев в системе;
б) общим количеством интегрирующих звеньев, включённых до точки приложения возмущающего воздействия;
в) общим количеством дифференцирующих звеньев в системе;
г) общим количеством инерционных звеньев, включённых до точки приложения возмущающего воздействия

6. Какие способы квантования непрерывного сигнала не используются в дискретных системах?
Варианты ответов:
а) квантование по уровню;
б) квантование по времени;
в) квантование по уровню и времени;
г) квантование по выбранному закону.

7. Какой способ модуляции осуществляется в системе для дискретизации синусоидального сигнала, изображённого на рисунке ниже?
Варианты ответов:
а) амплитудно-импульсная (АИМ):
б) широтно-импульсная (ШИМ);
в) фазо-импульсная (ФИМ);
г) частотно-импульсная (ЧИМ).




8. Что представляет собой математически дискретное преобразование Лапласа?

Согласована на портале № 66933

Варианты ответов:
а) интеграл Лапласа;
б) функциональный степенной ряд;
в) функциональный экспоненциальный ряд;
г) дискретное преобразование Фурье.

9. С помощью чего осуществляется требуемый способ модуляции в дискретной САУ?
Варианты ответов:
а) с помощью идеального импульсного элемента;
б) с помощью формирующего элемента;
в) с помощью приведённой непрерывной части;
г) с помощью непрерывной части

10. Основное свойство частотных характеристик систем с амплитудной частотной импульсной модуляцией (АИМ).
Варианты ответов:
а) их непрерывность;
б) их монотонность;
в) их периодичность;
г) их гладкость.

### 9.1.3. Примерный перечень тематик курсовых работ

Теория автоматического управления.

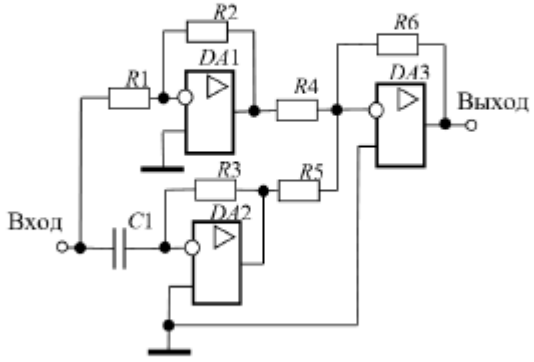
Курсовая работа посвящена анализу и синтезу заданной непрерывной системы автоматического управления (САУ). Структурная схема САУ является общей для всех вариантов заданий (их предусмотрено 20). Вариант задания выбирается по общим правилам, существующим для студентов заочного обучения с применением дистанционных технологий. Большинство расчётов выполняется в среде Mathcad.

Ниже приведены пять вариантов заданий на курсовую работу.

Согласована на портале № 66933

**Вариант №1**

Схема звена с передаточной функцией $W_1(p)$ и его параметры:




1.

| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $R_5$, кОм | $R_6$, кОм | $C_1$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 | 8 |

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W_2(p)=\frac{k_2}{T_2^2p^2+2\xi T_2p+1};\quad W_3(p)=\frac{k_3}{p};\quad W_4(p)=k_4;\quad W_{oc}(p)=\frac{k_{oc}}{T_{oc}p+1}.$$

Исходные данные для расчета:

| $k_2$ | $k_3$ $c^{-1}$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $\xi$ | $T_2$, с | $T_{oc}$, с | $g_m$ | $f_m$ | $\Delta G$, дБ | Варьир. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 1 | 40 | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,01 | 20 | 2 | 10 | $T_2$ | $k_2$ |

Параметры скорректированной САУ:

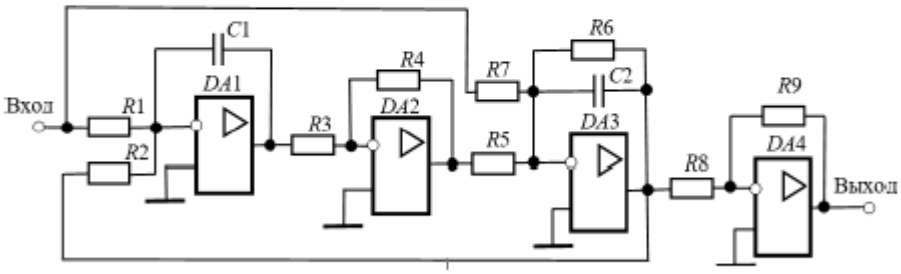
перерегулирование $\sigma = 25\ \%$,

время переходного процесса $t_{пп} = 0,38$ с.

Согласована на портале № 66933

**Вариант №2**

Схема звена с передаточной функцией $W_1(p)$ и его параметры:




2. $R_1 = R_2 = 1,25$ МОм, $R_3 = 200$ кОм, $R_4 = R_5 = 10$ кОм, $R_6 = 625$ кОм, $R_7 = 1,25$ МОм,

$R_8 = R_9 = 10$ кОм, $C_1 = C_2 = 1$ мкФ

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W_2(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}; \quad W_3(\text{p}) = k_3; \quad W_{\text{ос}}(p) = \frac{k_{\text{ос}}}{T_{\text{ос}}\, p + 1}.$$

Исходные данные для расчета:

| $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{\text{ос}}$ | $T_2$, с | $T_{\text{ос}}$, с | $g_m$ | $f_m$ | ΔG, дБ | Вар. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 40 | 5 | 2 | 0,5 | 0,1 | 0,01 | 20 | 10 | 5 | $T_2$ | $k_2$ |

Параметры скорректированной САУ:

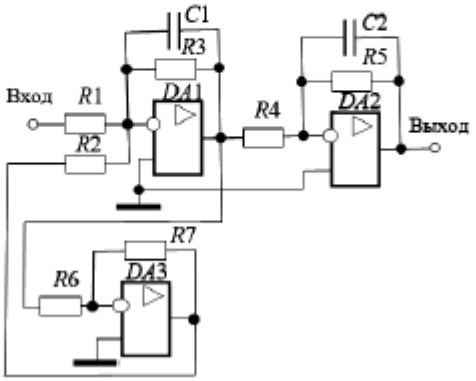
перерегулирование $\sigma = 40$ %,

время переходного процесса $t_{\text{пп}} = 0,2$ с.

Согласована на портале № 66933

**Вариант №3**

Схема звена с передаточной функцией $W_2(p)$ и его параметры:




3.

| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $R_5$, кОм | $R_6$, кОм | $R_7$, кОм | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0,5 | 0,1 |

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W_1(p)=\frac{k_1}{T_1p+1};\quad W_3(p)=\frac{k_3}{T_3p+1};\quad W_{oc}(p)=k_{oc}.$$

Исходные данные для расчета:

| $k_1$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $T_1$, с | $T_3$, с | $g_m$ | $f_m$ | ΔG, дБ | Вар. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 3 | 5 | 3 | 0,3 | 0,002 | 0,1 | 15 | 3 | 5 | $T_1$ | $k_1$ |

Параметры скорректированной САУ:

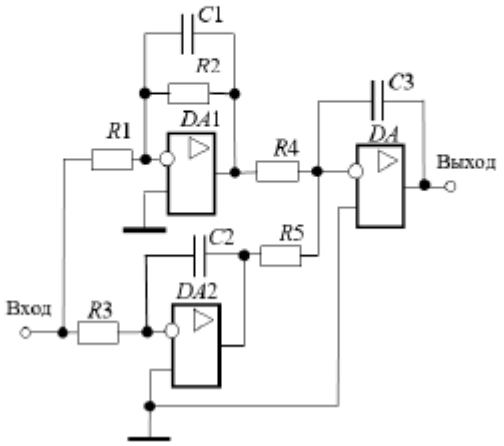
перерегулирование, $\sigma = 20$ %

время переходного процесса $t_{пп} = 0,03$ с.

**Вариант №4**

Схема звена с передаточной функцией $W_2(p)$ и его параметры:

4.




| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $R_5$, кОм | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ | $C_3$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 200 | 100 | 100 | 1 | 1 | 1 |

Передаточные функции остальных звеньев:

$$W2(p)=\frac{k_2(\tau_2 p+1)}{T_2 p+1}; \qquad W3p)=k_3; \qquad Woc(p)=k_{oc}$$

Исходные данные для расчета:

| $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $T_2$, с | $\tau_2$, с | $g_m$ | $f_m$ | ΔG, дБ | Варир. пар. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 2 | 5 | 5 | 0,1 | 0,55 | 0,15 | 10 | 20 | 5 | $T_2$ | $k_2$ |

Параметры скорректированной САУ:

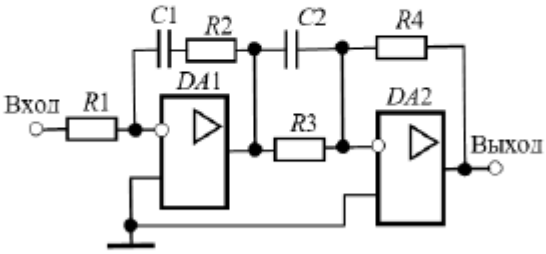
перерегулирование, $\sigma = 40$ %

время переходного процесса $t_{пп} = 0,4$ с.

Согласована на портале № 66933

**Вариант №5**

Схема звена с передаточной функцией $W_2(p)$ и его параметры:




5.

| $R_1$, кОм | $R_2$, кОм | $R_3$, кОм | $R_4$, кОм | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 1 | 50 | 8 | 10 |

Передаточные функции остальных звеньев

$$W_2(p)=\frac{k_2}{T_2^2p^2+2\xi T_2p+1};\quad W_3(p)=\frac{k_3}{T_3p+1};\quad W_{oc}(p)=k_{oc}.$$

Исходные данные для расчета

| $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_{oc}$ | $T_2$, с | $\xi$ | $T_3$, с | $g_m$ | $f_m$ | $\Delta G$, дБ | Варьир. парам. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | $x_1$ | $x_2$ |
| 2 | 2 | 1 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,02 | 15 | 8 | 8 | $T_3$ | $k_3$ |

Параметры скорректированной САУ:

перерегулирование, $\sigma = 20$ %

время переходного процесса $t_{пп} = 0{,}16$ с.

### 9.1.4. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Теория автоматического управления.

Примерный перечень тестовых заданий на контрольную работу:

1. По заданной передаточной функции разомкнутой цепи системы указать (через знак «;») последовательность наклонов (в дБ/дек) её асимптотической ЛАЧХ. При положительном наклоне знак «+» не устанавливать, размерность наклонов не указывать.

$$W(p)=\frac{k(\tau_1p+1)(\tau_2p+1)}{p^2(T_1^2p^2+2\xi T_1p+1)(T_2p+1)};$$

$k=100$ с$^{-2}$, $T_1=0.5$ с, $\xi=0.8$, $\tau_1=0.8$ с, $\tau_2=0.3$ с, $T_2=0.05$ с

Варианты ответов:

а) 0;-40;-20;-40;-60.

б) -40;-20;-60;-40;-60.

в) -20;0;-40;-20;-40.

г) -40;-80;-60;-40;--60.

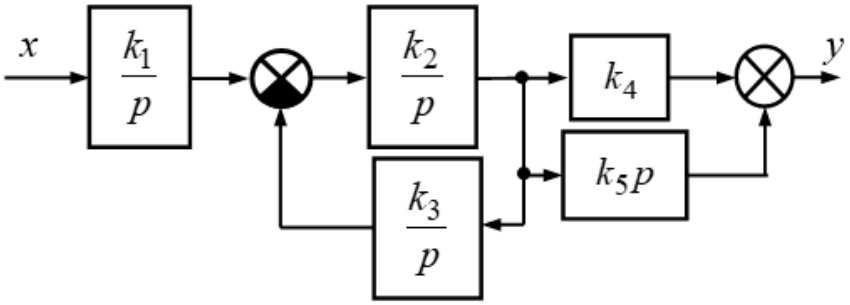
2. По заданной передаточной функции разомкнутой цепи системы указать (через знак «;») последовательность наклонов (в дБ/дек) её асимптотической ЛАЧХ. При положительном наклоне знак «+» не устанавливать, размерность наклонов не указывать.

$$W(p)=\frac{k(\tau_1 p+1)(\tau_2 p+1)}{p(T_1 p+1)(T_2 p+1)(T_3 p+1)};$$

$k=80$ с$^{-1}$, $T_1=0.3$ с, $T_2=0.1$ с, $T_3=0.05$ с, $\tau_1=0.7$ с, $\tau_2=0.02$ с

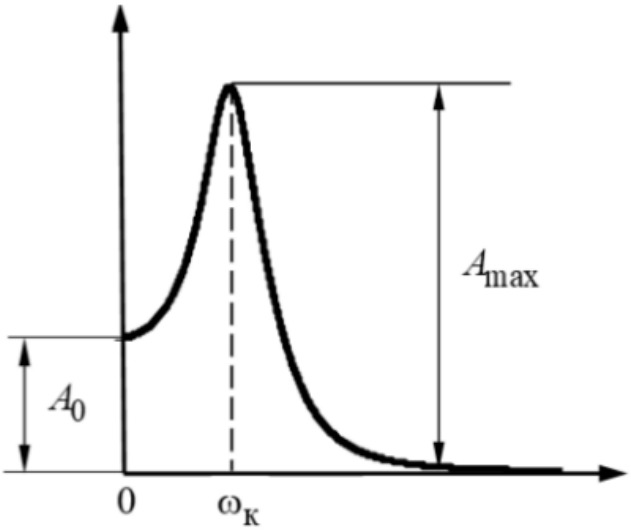
Варианты ответов:
а) -20;0;-20;-40;-60;-40.
б) -20;-40:--20;0;-20.
в) 0;-20;0; -20;-40;-20.
г) 20;0;-20;-40;-20;-40.

3. Какие последовательно соединённые типовые динамические звенья реализованы в устройстве, принципиальная электрическая схема которого приведена на рисунке?




Варианты ответов:
а) инерционное;
б) форсирующее;
в) инерционное форсирующее;
г) интегрирующее;
д) идеальное дифференцирующее;
е) колебательное;
ж) консервативное.

4. Амплитудная частотная характеристика (АЧХ) замкнутой САУ имеет вид, показанный на рисунке ниже. По её параметрам $A_0=1$; $A_{max}=2$; $\omega_к=125{,}6$ рад/с определите время переходного процесса в системе.

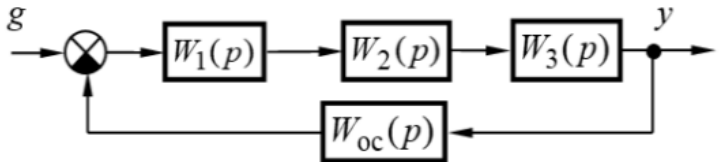



Варианты ответов:
а) 0,07 с;
б) 0,1 с;
в) 0,12 с;
г) 0,15 с.

5. Заданы координаты точек A(75, 0j), B(0, -50j), C(-1,5, 0j) и D(0,0j), через которые проходит годограф Найквиста при изменении частоты от нуля до бесконечности. Определить устойчивость САУ.
Варианты ответов:

а) устойчива;
б) условно устойчива;
в) неустойчива;
г) на границе устойчивости.

6. На рисунке задана замкнутая система автоматического управления (САУ).




При этом передаточные функции системы и их параметры такие:

$$W_1(p)=\frac{k_1(\tau_1 p+1)}{p},\ W_2(p)=\frac{k_2}{T_2{}^2p^2+2\xi T_2 p+1},\ W_3(p)=k_3,$$

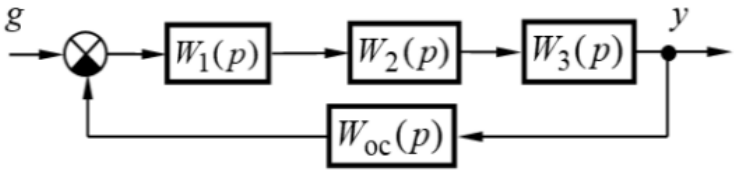
$$W_{oc}(p)=k_{oc};$$

$k_1=4$ с$^{-1}$, $k_2=5$, $k_3=2$, $k_{oc}=0{,}3$, $\tau_1=0{,}05$ с, $T_2=0{,}1$ с, $\xi=0{,}6$.

Определите граничный коэффициент передачи САУ.

Варианты ответов:
а) 25;
б) 30;
в) 40;
г) 44.

7. На рисунке задана замкнутая система автоматического управления (САУ).



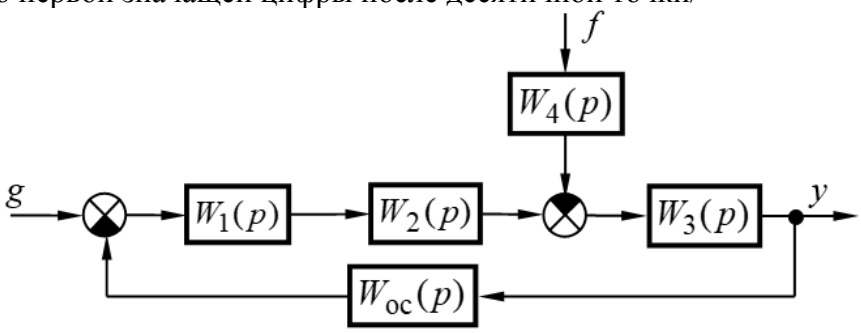

Определите её граничный коэффициент передачи (с точностью до 0,1) при следующих передаточных функциях и их параметрах:

$$W_1(p)=\frac{k_1}{T_1p+1},\ W_2(p)=\frac{k_2}{T_2p+1},\ W_3(p)=\frac{k_3(\tau_3p+1)}{T_3p+1},\ W_{oc}(p)=k_{oc};$$

$k_1=3$, $k_2=2$, $k_3=5$, $k_{oc}=0{,}8$, $T_1=0{,}4$ с, $T_2=0.2$ с, $T_3=0.1$ с, $\tau 3=0{,}04$ с.

Варианты ответов:
а) 42,2;
б) 39,8;
в) 36,4;
г) 35, 5.

8. Для системы, структурная схема которой приведена на рисунке, расположенном ниже, рассчитать отклонение выходной величины под действием возмущения f при заданных значений задающего g и возмущающего f воздействий. Результат округлить с точностью до первой значащей цифры после десятичной точки/



$$W_1(p)=k_1,\ W_2(p)=\frac{k_2(\tau_2 p+1)}{T_2 p+1},\ W_3(p)=\frac{k_3}{T_3^2 p^2+2\xi T_3 p+1},\ W_4(p)=k_4,$$

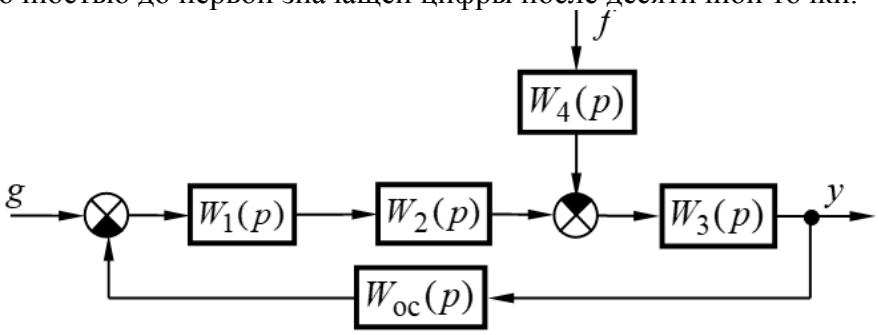
$$W_{oc}(p)=\frac{k_{oc}}{T_{oc}p+1};$$

$$k_1=5,\ k_2=10,\ k_3=7,\ k_4=6,\ k_{oc}=0,497,\ \tau_2=0{,}07\ \text{с},\ T_2=0{,}7\ \text{с},\ T_3=0{,}05\ \text{с},$$

$$\xi=0.7,\ T_{oc}=0{,}2\ \text{с},\quad g=6,\ f=15\ .$$

Варианты ответов:
а) 5,9;
б) 4,8;
в) 3.6;
г) 2,8.

9. Для системы, структурная схема которой приведена на рисунке, расположенном ниже, рассчитать значение статизма её внешней статической характеристики (в процентах) при заданных значений задающего g и возмущающего f воздействий. Результат округлить с точностью до первой значащей цифры после десятичной точки.



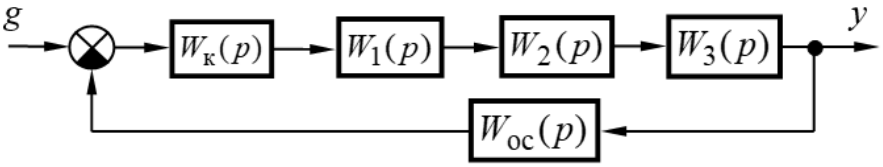

$$W_1(p)=\frac{k_1}{T_1 p+1},\ W_2(p)=\frac{k_2}{T_2 p+1},\ W_3(p)=\frac{k_3}{T_3 p+1},\ W_4(p)=k_4,\ W_{oc}(p)=\frac{k_{oc}p}{T_{oc}p+1};$$

$$k_1=5,\ k_2=2,\ k_3=5,\ k_4=2,\ k_{oc}=0{,}4,\ T_1=0{,}5\ \text{с},\ T_2=0{,}7\ \text{с},\ T_3=0{,}2\ \text{с},,$$

$$T_{oc}=0{,}002\ \text{с},\ g=4,\ f=5\ .$$

Варианты ответов:
а) 10;
б) 20;
в) 30;
г) 40.

10. Какой типовой регулятор применён в системе, структурная схема, передаточные функции и их параметры которой приведены ниже при её настройке на технические оптимум, если некомпенсируемая постоянная времени $T_\mu=T_2=0{,}03$ с.




$$W_1(p)=\frac{k_1}{T_1 p+1},\ W_2(p)=\frac{k_2}{T_2 p+1},\ W_3(p)=k_3,\ W_{oc}(p)=k_{oc},$$

$$k_1=10,\ k_2=2,\ k_3=3,\ k_{oc}=0.5,\ T_1=0.05\ \text{с},\ T_2=0.03\ \text{с}.$$

Варианты ответов:
а) пропорциональный (П) регулятор;
б) пропорционально дифференцирующий (ПД) регулятор;
в) интегрирующий (И) регулятор;
г) пропорционально интегрирующий (ПИ) регулятор;
е) пропорционально интегро дифференцирующий (ПИД) регулятор;

Согласована на портале № 66933

ж) фильтр.

### 9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Моделирование и исследование характеристик типовых динамических звеньев систем автоматического управления
2. Исследование статических и астатических систем автоматического управления.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе по дисциплине.

## 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |

Согласована на портале № 66933

| | | |
|---|---|---|
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 66933

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 12 от «14» 12 2020 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Декан ФДО | И.П. Черкашина | Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22-bda1-21376d739cfc |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. ТЭО | А.В. Гураков | Согласовано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91 |
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ПрЭ | Ю.М. Лебедев | Разработано, 63862d15-855b-4ea4-8a88-01a8f1896395 |

Согласована на портале № 66933