

*Приложение 41*  
к ОПОП по специальности  
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации  
технологических процессов и производств (по  
отраслям)

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области  
Государственное автономное профессиональное образовательное  
учреждение  
Свердловской области «Сухоложский многопрофильный техникум»

**Контрольно-оценочные средства  
на промежуточную аттестацию  
учебного предмета**

**ПМ 01 РАЗРАБОТКА И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ С УЧЕТОМ  
СПЕЦИФИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Контрольно-оценочные средства учебного предмета разработаны на основе требований

- Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям);
- Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования;
- Федеральной образовательной программы среднего общего образования и с учетом
- Рабочей программы воспитания по специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям);
- Рекомендаций по реализации среднего общего образования в пределах освоения образовательной программы среднего профессионального образования;
- Примерной рабочей программы общеобразовательной дисциплины «Разработка и компьютерное моделирование элементов систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов» для профессиональных образовательных организаций.

Разработчик: Быкова Н.А., преподаватель ГАПОУ СО «Сухоложский многопрофильный техникум»

## I. Паспорт комплекта контрольно-измерительных материалов

Комплект контрольно-оценочных средств предназначен для оценки результатов освоения  
 ПМ01 РАЗРАБОТКА И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ  
 АВТОМАТИЗАЦИИ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Таблица 1

Объекты оценивания	Показатели Что делает	Критерии Как делает по шагам действиям	Тип задания; № задания	Форма аттестации (в соответствии с учебным планом)
<b>Умения:</b>				
- анализировать имеющиеся решения по выбору программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации; - выбирать и применять программное обеспечение для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания; - создавать и тестировать модели элементов систем автоматизации на основе технического задания.	Демонстрация правильного выбора программного обеспечения для тестирования схем автоматизации	Выбрано программное обеспечение, спроектирована и проанализирована схема автоматизации	МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.01  2.1 2.2	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль

<p>- разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; использовать методику построения виртуальной модели; использовать пакеты прикладных программ (CAD/CAM – системы) для разработки виртуальной модели элементов систем автоматизации использовать автоматизированные рабочие места техника для разработки виртуальную модель</p>	<p>Демонстрация проектирования схемы автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; использовать методику построения виртуальной модели; использовать пакеты прикладных программ</p>	<p>Спроектирована схема автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; Использована методика построения виртуальной модели; Использовано прикладного программного обеспечения</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.01  2.1 2.2</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
--	---	--	--	---

<p>элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания;</p>				
<p>проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации; проводить оценку функциональности компонентов использовать автоматизированные рабочие места техника для виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов;</p>	<p>Демонстрация знаний теории автоматического управления</p>	<p>Осуществляется виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации; проводить оценку функциональности компонентов использовать автоматизированные рабочие места техника для виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02  2.3 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>

		функциональности компонентов;		
использовать пакеты прикладных программ (CAD/CAM – системы) для разработки технической документации на проектирование элементов систем автоматизации; оформлять техническую документацию на разработанную модель элементов систем автоматизации, в том числе с использованием средств САПР; читать и понимать чертежи и технологическую документацию;	Демонстрация знаний теории автоматического управления с использованием прикладного программного обеспечения (MathCad, MathLab, Altium Designer)	Используется прикладное программное обеспечение (MathCad, MathLab, Altium Designer) для разработки технической документации на проектирование элементов систем автоматизации; оформлять техническую документацию на разработанную модель элементов систем автоматизации, в том числе с использованием средств САПР; читать и понимать чертежи и технологическую документацию;	МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02  2.3 2.4	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль
<b>Знания:</b>				

<p>- современного программного обеспечения для создания и выбора систем автоматизации;</p> <p>- критериев выбора современного программного обеспечения для моделирования элементов систем автоматизации; - теоретических основ моделирования; - назначения и области применения элементов систем автоматизации; - содержания и правил оформления технических заданий на проектирование.</p>	<p>Демонстрация правильного выбора программного обеспечения для тестирования схем автоматизации</p>	<p>Выбрано программное обеспечение, спроектирована и проанализирована схема автоматизации</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 2.2</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>методик построения виртуальных моделей; программного обеспечения для построения виртуальных моделей; теоретических основ моделирования; назначения и области применения элементов систем автоматизации методики разработки и внедрения управляющих программ для тестирования разработанной модели элементов систем автоматизированного оборудования, в том числе с применением CAD/CAM/CAE систем;</p>	<p>Демонстрация проектирования схемы автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; использовать методику построения виртуальной модели; использовать пакеты прикладных программ</p>	<p>Спроектирована схема автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; Использована методика построения виртуальной модели; Использовано прикладного программного обеспечения</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 2.2</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>

<p>функционального назначения элементов систем автоматизации; основ технической диагностики средств автоматизации; основ оптимизации работы компонентов средств автоматизации</p>	<p>Демонстрация знаний теории автоматического управления</p>	<p>Осуществляется виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации; проводить оценку функциональности</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02  2.3 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических</p>
<p>состава, функций и возможностей использования средств информационной поддержки элементов систем автоматизации на всех стадиях жизненного цикла (CALS-технологии) классификацию, назначение, область применения и технологические возможности элементов систем автоматизации;</p>		<p>компонентов использовать автоматизированные рабочие места техника для виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов;</p>		<p>работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>служебного назначения и конструктивно технологических признаков разрабатываемых элементов систем автоматизации; требований ЕСКД и ЕСТД к оформлению технической документации для элементов систем автоматизации; состава, функций и возможностей использования средств информационной поддержки изделий на всех стадиях жизненного цикла (CALS-технологии)</p>	<p>Демонстрация знаний теории автоматического управления с использованием прикладного программного обеспечения (MathCad, MathLab, Altium Designer)</p>	<p>Используется прикладное программное обеспечение (MathCad, MathLab, Altium Designer) для разработки технической документации на проектирование элементов систем автоматизации; оформлять техническую документацию на разработанную модель элементов систем автоматизации, в том числе с использованием средств САПР; читать и понимать чертежи и</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02  2.3 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>

		технологическую документацию;		
--	--	-------------------------------	--	--

**Практический опыт**

Выбор программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания.	Демонстрация правильного выбора программного обеспечения для тестирования схем автоматизации	Выбрано программное обеспечение, спроектирована и проанализирована схема автоматизации	МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 2.2	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль
Разработка	Демонстрация	Спроектирована	МУ к	Наблюдение

<p>виртуальных моделей элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания.</p>	<p>проектирования схемы автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; использовать методику построения виртуальной модели; использовать пакеты прикладных программ</p>	<p>схема автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; Использована методика построения виртуальной модели; Использовано прикладного программного обеспечения</p>	<p>практическим и лабораторным работам 2.1 2.2</p>	<p>за деятельность студента при выполнении лабораторных и практически работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>Проведение виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов</p>	<p>Демонстрация знаний теории автоматического управления</p>	<p>Осуществляется виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации; проводить оценку функциональности компонентов использовать автоматизированные рабочие места техника для виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов;</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02 2.3 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практически работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>Формирование пакетов технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации</p>	<p>Демонстрация знаний теории автоматического управления с использованием прикладного программного обеспечения (MathCad, MathLab, Altium Designer)</p>	<p>Используется прикладное программное обеспечение (MathCad, MathLab, Altium Designer) для разработки технической документации на проектирование элементов систем автоматизации; оформлять техническую</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02 2.3 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практически работ; экзамен; текущий контроль</p>

		документацию на разработанную		
		модель элементов систем автоматизации, в том числе с использованием средств САПР; читать и понимать чертежи и технологическую документацию;		

**Профессиональные компетенции**

ПК 1.1. Осуществлять анализ имеющихся решений для выбора программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания.	Демонстрация правильного выбора программного обеспечения для тестирования схем автоматизации	Выбрано программное обеспечение, спроектирована и проанализирована схема автоматизации	МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 2.2	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль
--	--	--	--	--

<p>ПК 1.2. Разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания.</p>	<p>Демонстрация проектирования схемы автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; использовать методику построения виртуальной модели; использовать пакеты прикладных программ</p>	<p>Спроектирована схема автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; Использована методика построения виртуальной модели; Использовано прикладного программного обеспечения</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 2.2</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>ПК 1.3. Проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов.</p>	<p>Демонстрация проектирования схемы автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; использовать методику построения виртуальной модели; использовать пакеты прикладных программ</p>	<p>Спроектирована схема автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания; Использована методика построения виртуальной модели; Использовано прикладного программного обеспечения</p>	<p>МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 2.2</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
		<p>программного обеспечения</p>		

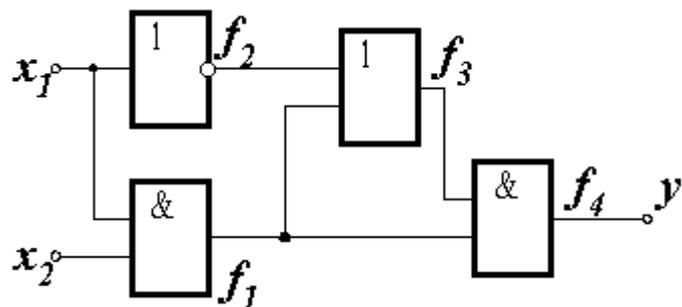
ПК 1.4. Формировать пакет технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации.	Демонстрация знаний теории автоматического управления	Осуществляется виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации; проводить оценку функциональности компонентов использовать автоматизированные рабочие места техника для виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов;	МУ к практическим и лабораторным работам по МДК01.02  2.3 2.4	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль
<b>Общие компетенции</b>				
ОК1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.	Выбор способа решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.		МУ к практическим и лабораторным работам  2.1 - 2.4	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль
ОК2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.	Демонстрация информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.		МУ к практическим и лабораторным работам  2.1 - 2.4	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль
. Планировать и реализовывать собственное	Самостоятельное решение профессиональной		МУ к практическим и	Наблюдение за деятельностью

<p>профессиональное и личностное развитие.</p>	<p>задачи</p>		<p>лабораторные работы</p> <p>2.1 - 2.4</p>	<p>ю студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>ОК4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.</p>	<p>Эффективно взаимодействует с субъектами профессиональной деятельности в соответствии с нормами межличностного общения</p>		<p>МУ к практическим и лабораторным работам</p> <p>2.1 - 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>ОК5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.</p>	<p>Демонстрация коммуникации на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.</p>		<p>МУ к практическим и лабораторным работам</p> <p>2.1 - 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>
<p>ОК6. Проявлять гражданскопатриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.</p>	<p>Демонстрация гражданскопатриотической позиции, осознанного поведения на основе традиционных общечеловеческих ценностей.</p>		<p>МУ к практическим и лабораторным работам</p> <p>2.1 - 2.4</p>	<p>Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль</p>

ОК7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных	Демонстрация содействия сохранения окружающей среды, ресурсосбережения.		МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 - 2.4	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных
ситуациях.				и практических работ; экзамен; текущий контроль
ОК9. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.	Демонстрация использования в работе и общении различных современных средств коммуникации		МУ к практическим и лабораторным работам 2.1 - 2.4	Наблюдение за деятельностью студента при выполнении лабораторных и практических работ; экзамен; текущий контроль

**2. Банк контрольно-оценочных средств 2.1.Задания для проведения текущего контроля по МДК01.01**

1. Блок аккумуляторной батареи состоит из 3 элементов питания по 1.2В, соединённых параллельно друг с другом. Какое напряжение у такого блока. Спроектировать аккумуляторный блок на 7.2В.
2. Разработать электронные схемы на микросхемах 7400 и 4011 с аварийным питанием. Замерить питание в различных контрольных точках.
3. Спроектировать схему усилителя микросхемы LM324 и LM358 с одним неиспользуемым усилителем.
4. Спроектировать схему аналогового компаратора на операционном усилителе.
5. Спроектировать схему аналогового компаратора на биполярном транзисторе.
6. Спроектировать схему подключения индикаторов.
7. Спроектировать схему управления электродвигателя, который включается и выключается через 10 секунд. При проектировании использовать таймер NE555 и счетчик ИЕ2.
8. Для какой цели заземляют устройства?
9. Где применяются баонетные каоксиальные соединители?
10. Как проверить исправность клавишного выключателя с помощью мультиметра?
11. Частота прямоугольных колебаний составляет 1 кГц. Чему равны время импульса и паузы, если  $\square_{и}=0,1 t_{и}$ ? Найти скважность импульсов при  $\square_{и}=0,1 t_{и}$ ,  $\square_{и}= t_{и}$ ,  $\square_{и}=10 t_{и}$ .. Спроектировать схему такого генератора на таймере NE555.
12. Собрать схему двуполупериодного выпрямителя на полупроводниковом диоде с активной нагрузкой (резистор 10 Ом) и Г образном L-C фильтром с  $L=1H$  и  $C=1000\mu F$ , измерить ток и напряжение в нагрузке, определить коэффициент сглаживания, снять осциллограмму выпрямленного напряжения на нагрузке.  $U=220 V 50Hz$ .
13. Собрать схему однополупериодного выпрямителя на полупроводниковом диоде с активной нагрузкой (резистор 10 Ом) и Г образном L-C фильтром с  $L=1H$  и  $C=1000\mu F$ , измерить ток и напряжение в нагрузке, определить коэффициент сглаживания, снять осциллограмму выпрямленного напряжения на нагрузке.  $U=220 V 50Hz$ .
14. Дана функциональная схема. Определить булеву функцию, которой описывается функционирование этой схемы. Исследовать в программе EWB5.12, подключить аналоговый анализатор.



15. Булева функция  $f(x_1, x_2, x_3)$  задана таблицей истинности. Спроектировать принципиальную схему устройства на микросхемах логики.

Номер набора	$x_1 x_2 x_3$	$f(x_1 x_2 x_3)$
0	0 0 0	0
1	0 0 1	0
2	0 1 0	1
3	0 1 1	0
4	1 0 0	0
5	1 0 1	1

6	1 1 0	1
7	1 1 1	0

16. Спроектировать принципиальную схему для реализации логической функции с помощью базового элемента «И-НЕ». Базовый элемент имеет два или четыре входа. Функция должна иметь минимальное число базовых элементов. Логическая функция :  $Y = (A+B)*(C+D)*E$ .

17. Спроектировать в EWB5.12 (две схемы: на логике и на микросхеме) и собрать на макетной плате генератор тактовых сигналов на 2И-НЕ (микросхема К155ЛА3 или аналог). Определить частоту генерации сигнала.

18. Спроектировать в EWB5.12 (две схемы: на логике и на микросхеме) и собрать на макетной плате генератор тактовых сигналов на НЕ (микросхема К155ЛН1 или аналог). Определить скважность выходного сигнала.

19. Спроектировать в EWB5.12 и собрать на макетной плате тактовый генератор на таймере NE555. Определить период, частоту и скважность.

20. Спроектировать в EWB5.12 (две схемы: на D-триггерах и на микросхеме 7474 или аналог) и собрать на макетной плате схему 3-х разрядного последовательного регистра. Зарисовать временную диаграмму работы регистра.

21. Спроектировать в EWB5.12 (две схемы: на D-триггерах и на микросхеме 7474 или аналог) и собрать на макетной плате схему 3-х разрядного суммирующего счетчика. Зарисовать временную диаграмму работы счетчика.

22. Спроектировать в EWB5.12 (на микросхеме К155ИЕ2 или аналог) и собрать на макетной плате схему делителя на 6. Зарисовать временную диаграмму работы делителя.

23. Спроектировать в EWB5.12 (на микросхеме К155ИЕ2 или аналог) и собрать на макетной плате схему делителя на 8. Зарисовать временную диаграмму работы делителя.

24. Спроектировать в EWB5.12 (на микросхеме К155ИЕ2 или аналог) и собрать на макетной плате схему делителя на 10. Зарисовать временную диаграмму работы делителя.

25. Спроектировать в EWB5.12 (на микросхеме 4008) схему четырёхразрядного полного сумматора и собрать на макетной плате схему сумматора на микросхеме К155ИМ3. Сравнить работу этих микросхем.

## 2.2. Задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена по МДК01.01

1. По разработанной схеме электрической принципиальной системы управления шагового двигателя произвести монтаж компонентов на макетную плату XY-201 и проверить ее работоспособность.

2. Разработать печатную плату для собранного устройства системы управления шагового двигателя.

Спроектированная схема выполняется на микросхемах среднего уровня интеграции и состоит из: **тактового генератора**, выполненного на микросхеме NE555— аналого-цифровая интегральная схема, **универсального таймера** — устройство для формирования (генерации) одиночных и повторяющихся импульсов со стабильными временными характеристиками, **счётчика** — переключателя обмоток шагового двигателя и **драйвера двигателя, светодиодной индикации**.

3. Разработать программное обеспечение для системы управления шагового двигателя. В UART отправляются сообщения об измеренных значениях обмоток двигателя каждую 1 секунду. Для этого выходы с драйвера (через резисторы) подключается к любым четырем пинам контроллера STM32 Nucleo-F030R8 (например, PA5, PA6, PA7, PB6). Питание макетной платы подать с контроллера двумя проводами (+5 В и GND). Драйвер умеет работать с 5 и 12 вольтовыми версиями 28BYJ-48, для переключения уровней питания на плате нужно перекинуть переключку. **Описание рабочего места.**

Для выполнения задания на каждом рабочем месте используются следующая документация и оборудование:

- Таймер NE555 – 1 шт.
- Постоянные резисторы 1 кОм и 10 кОм (можно переменный).
- Поляризованный (Полярный электролитический) конденсатор постоянной емкости 100 мкФ х 10 в.
- Керамический конденсатор (типа КМ5, КМ6), емкостью 10 нанофарад (0,01 мкФ).
- Микросхема с двумя независимыми D-триггера, срабатывающих по положительному фронту тактового сигнала К155ТМ2 (или аналог) – 1 шт.
- Драйвер двигателя L293D – 1 шт.
- Комплект джемперов (перемычек).
- Макетная плата ZY-201 с источниками питания +5В.
- Технические описания электронных элементов.
- Персональный компьютер с установленным ПО.

Для выполнения задания студенты могут воспользоваться оборудованием на рабочем месте экспертов:

- Шаговый двигатель – 1 шт.
- Осциллограф PDS-5022S или АКИП-4115/2.
- Мультиметр МУ-64.
- Частотомер ЧЗ-63.
- Набор монтажных перемычек и монтажный инструмент.

#### **Порядок выполнения задания**

1. Перед выполнением задания пройти инструктаж по технике безопасности и при выполнении задания его строго соблюдать.

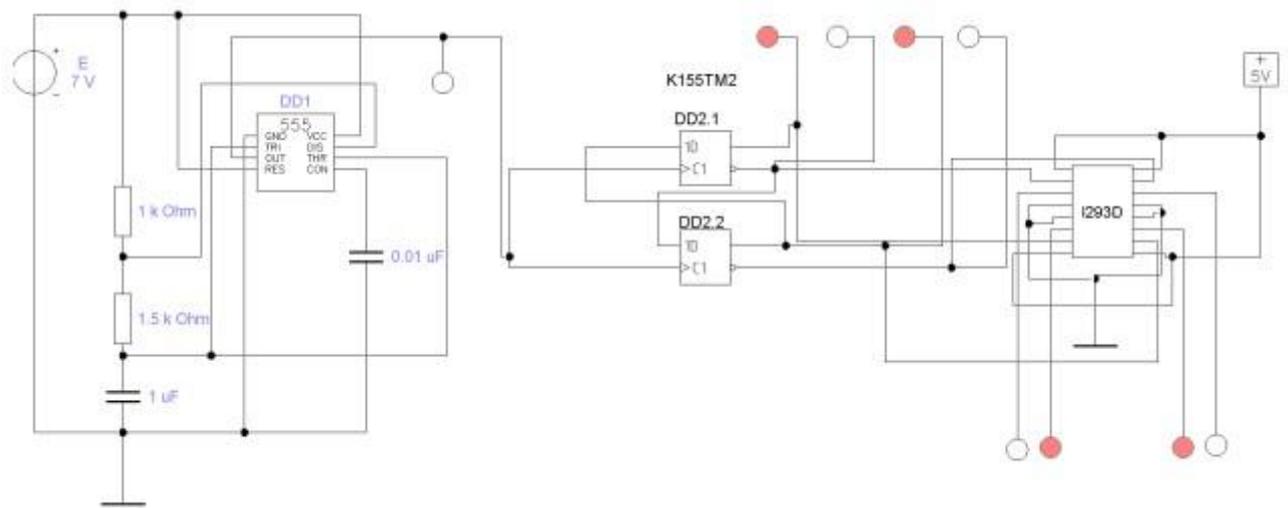
2. По технической документации, предоставленной студентам в электронном и бумажном виде, выполнить монтаж схемы системы управления шагового двигателя на макетной плате ZX-206, без применения пайки, с использованием промышленных электронных элементов.

Функциональная схема системы управления шаговым двигателем с использованием драйвера двигателя изображена на рисунке:



Рисунок 1 – Блок-схема системы управления шаговым двигателем

Сборку схемы производится в свободной форме с соблюдением требования охраны труда и техники безопасности. При необходимости можно проводить любую необходимую настройку и регулировку устройства согласно разработанной схеме электрической принципиальной. Использование приборов и устройств при контрольных измерениях элементов схемы разрешается. Расположение элементов и связей между ними на плате должно быть оптимальным, необходимо оставлять свободный доступ к элементам устройства.



ИЛИ

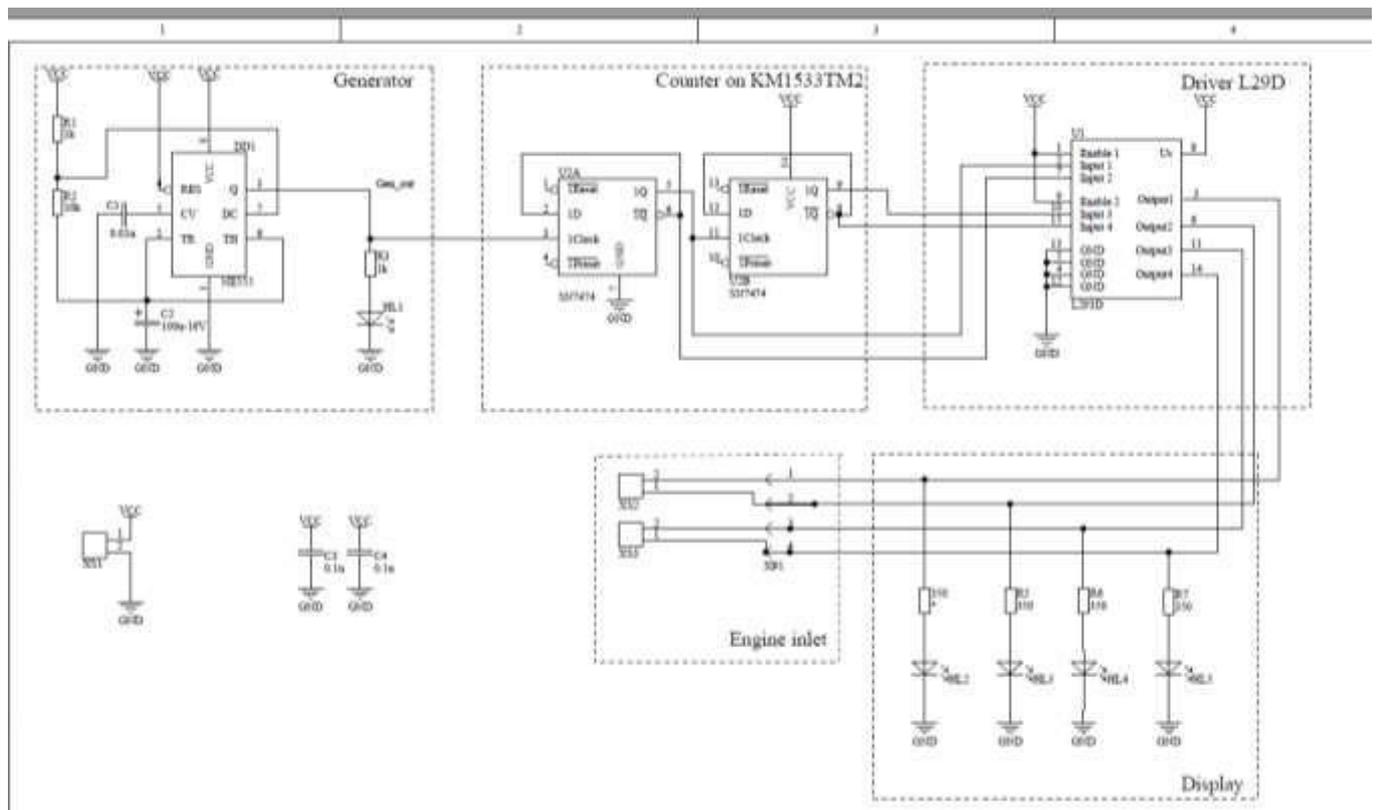


Рисунок 2 Принципиальные схемы системы управления шаговым двигателем  
 Результаты моделирования демонстрируются комиссии для оценки.

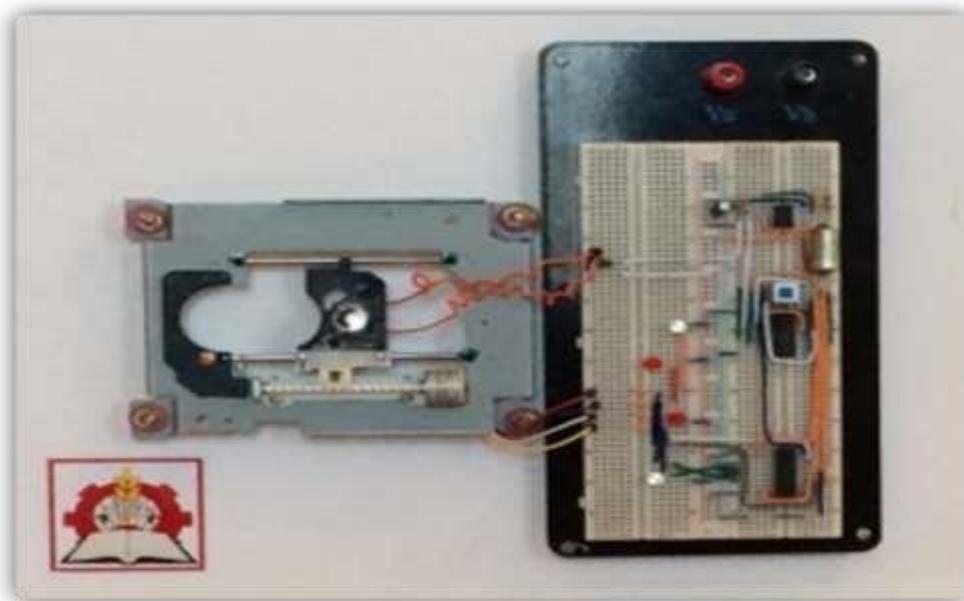


Рисунок 3 Пример готового устройства

3. Выполнить настройку и исследование собранной схемы с помощью мультиметра, осциллографа, частотомера, с подключением шагового двигателя на рабочем месте эксперта. Результат проделанной работы зафиксировать у экспертов.

4. Разработать печатную плату системы управления шагового двигателя.

Спроектируйте размещение радиоэлементов и разводку проводников двухсторонней печатной платы на основе электрической принципиальной схемы управления шаговым двигателем, используя пакет программного обеспечения Altium Designer.

Заготовка проекта будет предоставлена. В состав заготовки входят неполные файлы библиотеки, частично выполненная принципиальная схема и плата. Размеры платы, крепежные отверстия показаны на рисунке 3. Диаметр всех отверстий – 3мм.

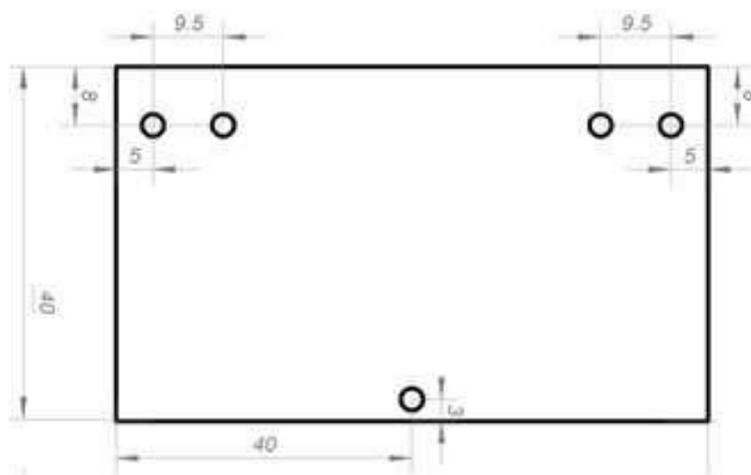


Рисунок 3 – Габаритный чертеж платы Произведите трассировку согласно минимальным допускам:

- минимальная ширина проводников 0,3мм;
- минимальная ширина линий питания 0,8мм;
- минимальный зазор между элементами печатного монтажа 0,3мм;
- минимальный диаметр отверстия 0,8мм;
- минимальная разница между диаметром контактной площадки и диаметром отверстия — 0,6 мм;
- диаметр площадки переходного отверстия 1,6мм, диаметр переходного отверстия – 0,8мм;
- минимальное расстояние между краем печатной платы и элементом печатного монтажа 0,3мм.

При разработке печатной платы учитывать следующие нормы и правила: - IPC-A-610F (Правила приема электронных сборок); - лучшие практики проектирования.

При проектировании печатной платы необходимо соблюдать следующие требования:

- следует использовать минимальное количество переходных отверстий;
- печатная плата должна иметь два слоя печатных проводников;
- выводные компоненты должны быть расположены только на верхней стороне печатной платы;
- SMD компоненты должны быть размещены только с нижней стороны печатной платы;
- применение проволочных перемычек допускается;
- в среде проектирования Altium Designer должна быть связь цепей и компонентов принципиальной схемы и печатной платы;
- на обратной стороне плате должен быть полигон, подключенный к цепи GND;
- все компоненты должны содержать эскизные модели корпусов. Выполните Gerber файлы, файл сверловки и один pdf файл, содержащий виды печатной платы и BOM.

Gerber файлы должны содержать следующее:

- файл с границами печатной платы;
- файл с рисунком печатных проводников снизу печатной платы;
- файл с рисунком печатных проводников сверху печатной платы;
- файл шелкографии снизу печатной платы; - файл шелкографии сверху печатной платы; - файл сверловки.

Файл pdf должен содержать страницы со следующей информацией:

- схема электрическая принципиальная;
- список компонентов схемы;
- рисунок печатных проводников сверху печатной платы и контур печатной платы;
- рисунок печатных проводников снизу печатной платы в зеркальном отображении и контур печатной платы в зеркальном отображении;
- контур печатной платы и размещение компонентов на печатной плате сверху с нанесением позиционных обозначений;
- контур печатной платы и размещение компонентов на печатной плате снизу в зеркальном отображении с нанесением позиционных обозначений;

Условия выполнения задания:

1. Место (время) выполнения: аудитория
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин

### **2.3. Задания для проведения текущего контроля по МДК01.02**

#### **2.3.1. Пояснить по теме:**

- 1 Основные понятия и элементы САУ.
- 2 Классификация САУ.
- 3 Замкнутые и разомкнутые системы управления.
- 4 Дифференцирование преобразование элементов систем управления.
- 5 Основные свойства объектов регулирования.
- 6 Статический и динамический режимы работы системы.
- 7 Законы регулирования.
- 8 Соединение звеньев.
- 9 Типовые звенья и их параметры.
- 10 Функциональные элементы и схемы САУ.
- 11 Построение годографов переходных функций объектов.
- 12 Спектральный метод анализа переходных функций.

- 13 Преобразование Фурье и его свойства.
- 14 Кривая разгона управления объектов управления.
- 15 Линейные законы управления (П-, И-, ПИД-).
- 16 Корректирующие устройства.
- 17 Структурные схемы.
- 18 Динамические процессы и в системах АУ.
- 19 Понятие об устойчивости линейных систем. Принцип устойчивости.
- 20 Комплексные частотные характеристики. Правило эквивалентного преобразования первичных функций.
- 21 Понятие о запасе устойчивости.
- 22 Комплексные частотные характеристики.
- 23 Показатели качества САУ.
- 24 Основные критерии качества переходящих процессов.
- 25 Методы коррекции САУ.
- 26 Последовательно-корректирующие устройства.
- 27 Параллельно-корректирующие устройства.
- 28 Общие характеристики автоматических регуляторов.
- 29 Регуляторы непрерывного и дискретного действия.
- 30 Интегральные регуляторы.
- 31 Регуляторы давления, расхода, уровня, температуры.

### 2.3.2. Решение задач

1. Составить передаточные функции, структурные схемы типовых передаточных функций.
2. Исследование устойчивости нескорректированной системы по критерию Найквиста.
3. Определение предполагаемой или действительной области устойчивости типовых передаточных функций для одного или двух искомых параметров.
4. Выбор величин искомых параметров по заданному критерию качества системы.
5. Расчет и построение логарифмических частотных характеристик типовых передаточных функций.
6. Определение временных и частотных показателей качества типовых передаточных функций.

#### 7. Задание:

Построить структурную схему исполнительного механизма и рассчитать параметры схемы.

Исходные данные:

Масса стола  $m_c = 300$  кг; масса детали  $m_d = 400$  кг; усилие резанья  $F_p = 10000$  Н; коэффициент трения в направляющих  $f = 0,1$ ; передаточное число между валом двигателя и звеном подачи стола  $q = 1258$  рад/м. Характеристики двигателя:  $\omega_{дв} = 60$  рад/с;  $U_{дв} = 47$  В;  $I_{дв} = 29$  А;  $M_{дв} = 17,5$  Н·м;  $R_{дв} = 0,12$  Ом;  $J_{дв} = 4,2 \cdot 10^{-2}$  кг·м<sup>2</sup>;  $T_s = 0,0073$  с;  $T_m = 0,01$  с;  $\eta = 0,92$ . Эквивалентная схема исполнительного механизма: рисунок 1.6.

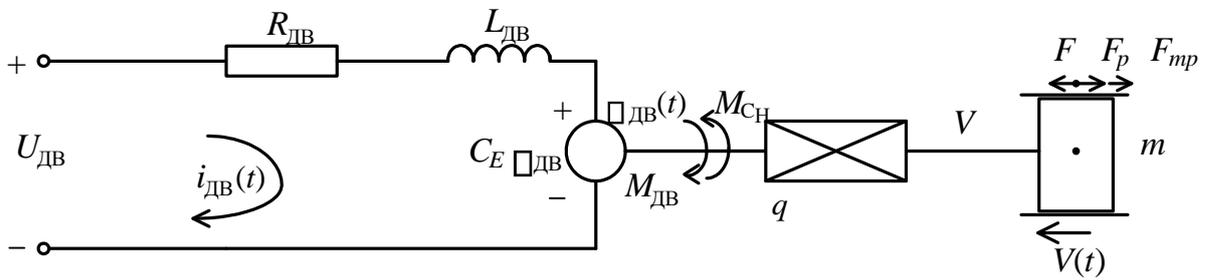


Рисунок 1.6

8. Построить структурную схему системы с единичной отрицательной обратной связью по дифференциальным уравнениям:

$$a) \frac{dy}{dt} = 10y - u(t) - f(t); \quad 0,01 \frac{du}{dt} = u(t) - 10v(t) - 10y(t)$$

$$b) \frac{d^2y}{dt^2} + 20 \frac{dy}{dt} + 40y = u(t); \quad \frac{dv}{dt} = 0,5 \frac{du}{dt} - 5v(t); \quad v(t) = e^{-t} + e^{-2t} + v(t)$$

$$c) \frac{d^2y}{dt^2} + 2 \frac{dy}{dt} + y = u(t); \quad 20 \frac{dv}{dt} = 100v(t) - v(t)$$

9. Даны два параллельно соединенных звена с передаточными функциями: для первого звена  $W_1(s)$ ; для второго звена  $W_2(s)$ . Определить передаточную функцию  $W(s)$  соединённых звеньев по следующим передаточным функциям:

- а)  $W_1(s) = 4$ ;  $W_2(s) = 1/0,1s$ ;
- б)  $W_1(s) = 4/(0,1s+1)$ ;  $W_2(s) = 1/0,1p$ ;
- в)  $W_1(s) = 4/(0,1s+1)$ ;  $W_2(s) = 1/(0,2s+1)$ .

10. По структурной схеме фильтра, изображенной на рисунке 1.10, записать передаточную функцию фильтра при следующих данных:

- а)  $W_1(s) = 1, 2$ ; б)  $W_1(s) = 0,1, W_2(s) = s$ ; в)  $W_1(s) = 2, W_2(s) = s$ .

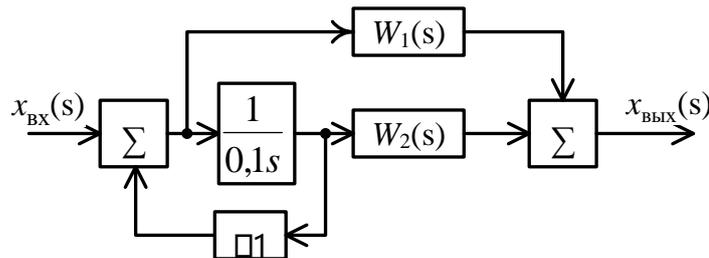


Рисунок 1.10

11. Для структурной схемы, изображенной на рисунке 1.11, найти передаточную функцию  $W(s)$  разомкнутой системы и изображение ошибки управления  $e(s)$  при следующих исходных данных: 2 0,2

а)  $T = 0,52$  с,  $v(s) = \frac{1}{s}$ ; б)  $T = 0,42$  с,  $v(s) = \frac{1}{s}$ .

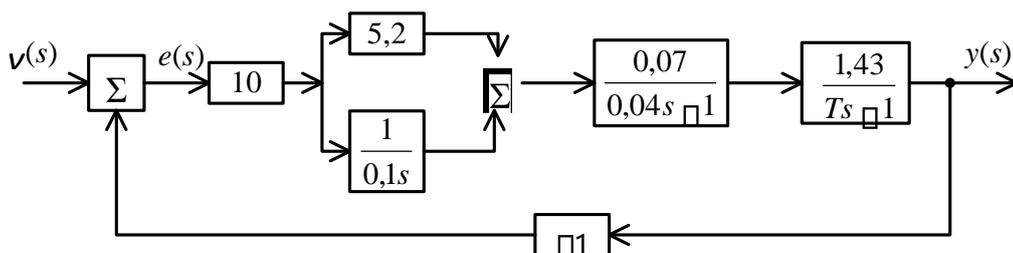


Рисунок 1.11

12. Структурная схема системы автоматического управления показана на рисунке 1.12. Найти характеристическое уравнение  $D(s) = 0$  и изображение ошибки по воздействию  $f(s)$ , если дано:

а)  $T = 0,1$  с,  $f(s) = \frac{1}{s}$ ; б)  $T = 0,2$  с,  $f(s) = \frac{1}{s}$ .

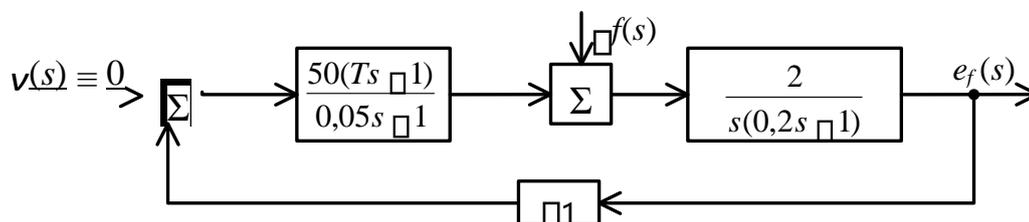


Рисунок 1.12

13. Задано характеристическое уравнение системы

$$0,8 \cdot 10^4 s^4 + 0,9 \cdot 10^3 s^3 + 0,18 s^2 + 1 s + 0,21 K = 0.$$

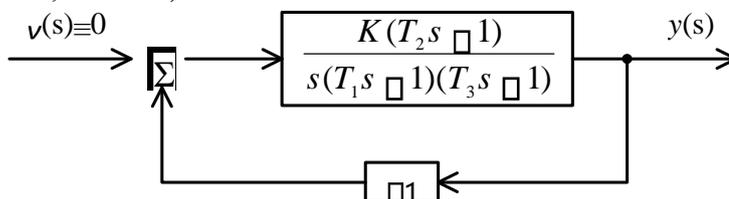
Определить устойчивость системы при следующих значениях коэффициента  $K$ : а)  $K = 50$ ; б)  $K = 100$ .

14. Определить устойчивость системы замкнутой отрицательной единичной обратной связью, если передаточная функция системы в разомкнутом состоянии имеет вид:

$$W(s) = \frac{10(0,4s + 1)}{10}$$

а)  $W(s) = \frac{1}{s^2(0,2s + 1)(0,1s + 1)}$ ; б)  $W(s) = \frac{1}{s(0,2s + 1)(0,1s + 1)}$ .

15. Построить область устойчивости системы (рисунок) в плоскости параметров  $(K, T_2)$  при  $T_1 = 0,42$  с;  $T_3 = 0,15$  с;  $T_2 = 0,05 T_2$  и  $K = 4$ .



16. Дано характеристическое уравнение системы, содержащей внутренний контур обратной связи с коэффициентом связи  $K_{o.c}$ :

$$0,0001s^4 + 0,0125s^3 + 0,25(1 + 2K_{o.c})s^2 + (1 + 2,5K_{o.c})s + 5K_{o.c} = 0,$$

где  $K$  – регулируемый коэффициент прямого канала системы. Используя критерий Рауса-Гурвица, построить область устойчивости в плоскости параметров  $(K_{o.c}, K)$  при настройке коэффициента в пределах:  $0 < K_{o.c} < 1$ .

## 2.4. Задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена по МДК01.02

### 1.1 Общая характеристика заданий (задачи работы)

Номер варианта задания указывается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Выполнение, задания включает анализ нескорректированной системы с целью обоснования необходимости включения корректирующего звена, тип которого задаётся в описании системы (раздел 2). Значения параметров корректирующего звена выбираются в области устойчивости системы, исходя из критерия качества, общего для всех вариантов контрольной работы и описанного в разделе 1.2.

Содержание задания, сформулировано в разделе 1.3.

### 1.2 Критерий качества системы - требуемые показатели

1.2.1. Запас устойчивости по модулю  $A_z > 3$ . Если существуют и верхняя, и нижняя границы устойчивости и ширина области устойчивости недостаточна для получения запасов по отношению к этим границам  $A_{zv} > 3$  и  $A_{zn} > 3$ , то требуется равенство  $A_{zv} = A_{zn}$ .

1.2.2. Необходимый запас устойчивости по фазе  $\Phi_z > 30^\circ$ . Если это невыполнимо, то требуется величина  $\Phi_z$ , равная максимальной из возможных или близкая к максимальной.

1.2.3. Однозначность выбора искомых параметров достигается путём выполнения дополнительных требований. Прежде всего для уменьшения ошибок регулирования в установившихся режимах необходимо обеспечить максимальную из возможных величину коэффициента усиления по контуру главной обратной связи. Если этот коэффициент не зависит от искомого параметра, то необходимо учесть требование минимальной длительности переходных процессов системе, что для большинства систем соответствует получению максимальной частоты среза разомкнутой системы. Кроме того, необходимо учитывать соображения по практической реализации корректирующего звена.

### 1.3 Содержание заданий для выполнения контрольной работы

1.3.1. Краткое описание заданного варианта системы, исходные данные, составление структурной схемы и выражений типовых передаточных функций системы.

1.3.2. Исследование устойчивости нескорректированной системы по критерию Найквиста.

1.3.3. Определение предполагаемой или действительной области устойчивости скорректированной системы для одного или двух искомых параметров.

1.3.4. Выбор величин искомых параметров по заданному критерию качества системы.

1.3.5. Расчет и построение логарифмических частотных характеристик скорректированной системы и контрольный анализ её устойчивости.

1.3.6. Определение временных и частотных показателей качества системы.

## 2. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Рассматривается система стабилизации крена летательного аппарата

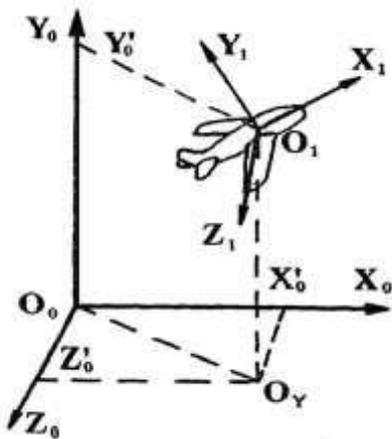


Рисунок 2. Системы координат

Положение летательного аппарата в пространстве определяется шестью координатами. На рисунке 2 показаны две системы координат: одна ( $O_0X_0Y_0Z_0$ ) не подвижная ("земная") и вторая, связанная с летательным аппаратом, ( $O_1X_1Y_1Z_1$ ). Начало второй системы  $O_1$  расположено в центре тяжести, летательного аппарата. Ось  $O_1X_1$  совпадает с его продольной осью; ось  $O_1Y_1$  лежит в плоскости симметрии аппарата перпендикулярно  $O_1X_1$ ; ось  $O_1Z_1$  располагается перпендикулярно плоскости симметрии, образуя правую систему координат.

Координаты ( $X_0'$   $Y_0'$   $Z_0'$ ) определяют положение центра тяжести летательного аппарата в пространстве.

Угловое положение аппарата определяется тремя углами:  $\psi$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$ .

$\psi$  - угол между продольной осью  $O_1X_1$  и вертикальной плоскостью  $X_0O_0Y_0$  называется углом рыскания (рисунок 3);

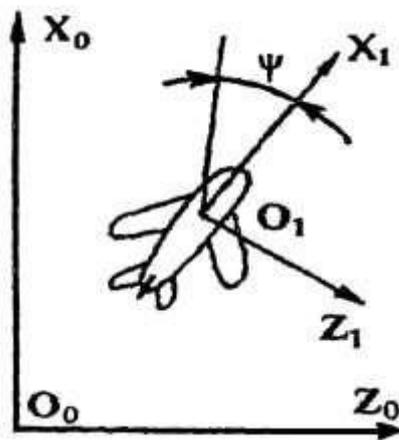


Рисунок 3. К определению угла рыскания

$\theta$  - угол между продольной осью  $O_1X_1$  и горизонтальной плоскостью  $X_0O_0Z_0$  - угол тангажа

(рисунок 4);  $\gamma$  - угол между осью  $O_1Y_1$  и вертикальной плоскостью  $X_0O_0Y_0$  называется углом крена (рисунок 5).

Автоматическое управление полётом летательного аппарата производится с помощью специальной аппаратуры (автопилотов), которая осуществляет регулирование продольного движения (стабилизацию угла тангажа -  $\theta$ ), регулирование курса (стабилизацию угла рыскания -  $\psi$ ), стабилизацию крена.

При исследовании устойчивости движения летательного аппарата рассматриваются малые отклонения переменных от их значений в установившемся режиме полета, что позволяет записать линейные дифференциальные уравнения. При этих условиях системы регулирования тангажа и поперечного движения (курса и крена) можно считать автономными, т.е. продольное движение и движение по курсу и крену рассматриваются независимо друг от друга.

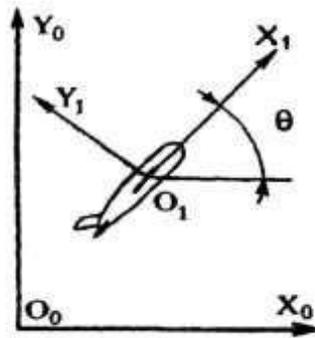


Рисунок 4 К определению угла тангажа

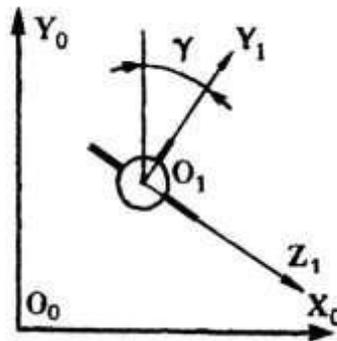


Рисунок 5. К определению угла крена

Если летательный аппарат совершает горизонтальный ( $\theta = 0$ ) прямолинейный ( $\psi = \text{const}$ ) полёт, то задача сводится к исследованию процесса регулирования крена. Исходные данные в табл.1 выданы применительно к этому случаю.

Для вывода дифференциального уравнения объекта в указанном выше режиме полёта запишем условие баланса моментов относительно продольной  $O_1X_1$  оси  $O_1X_1$  (рисунок 5).

$$J_X \ddot{\alpha} + m_{xf} \dot{\alpha} + M_x = 0$$

где:  $J_X$  - момент инерции летательного аппарата относительно оси  $O_1X_1$ ;

$m_{xf}$  - момент относительно оси  $O_1X_1$  развиваемый рулями;  $M_x$  - момент внешних возмущений;

$d_2$  - момент внешних возмущений;

$M_{\square x} \square dt^2$  - момент демпфирования, пропорциональный угловой скорости, вызываемый

изменением подъемной силы крыльев.

Разделив все члены уравнения объекта на  $M_0$  и перейдя к отклонениям, получим

$$\frac{M_{\square x}}{M_0} \square \frac{ddt^2}{dt^2} \square \square \frac{ddt}{dt} \square \square \square \frac{ddt}{dt} \square \square \square M_{\square x0} \square \square \square_p \square \square \square \frac{M_{\square x f0}}{M_0} \square f_p$$

Обозначая  $M_{\square x}^J \square T_0 [c]$ ,  $\frac{M_{\square x}}{M_0} \square K_{\square} [1c]$ ,  $\frac{M_{\square x f0}}{M_0} \square K_f [1c]$ .

0 0

окончательно получим

$$D (T_0 D \square 1) \square \square \square K_{\square} \square \square_p \square K_f \square f, \quad D \square \square dt$$

$K_{\square}$  - коэффициент, характеризующий эффективность рулей управления и равный приращению угловой скорости по крену летательного аппарата, создаваемому отклонением рулей на единицу угла;

$K_f$  - коэффициент, определяющий влияние внешних возмущений и представляющий приращение угловой скорости по крену, вызываемое единицей внешнего возмущения.

Если летательный аппарат со всех

$d_{\square}$  ршает полёт на большой высоте,

то момент демпфирования

$$M_x \square \square M \square \square$$

$dt$  (отсутствие атмосферы). Дифференциальное уравнение движения по крену при

этом будет иметь вид:  $d^2 \square \square$

$$\square \square dt^2 \square K_{\square} \square \square_p \square K_f \square f'$$

или  $D_2 \square \square \square K_{\square} \square \square_p \square K_f \square f,$

где:  $K \square m \overline{J_{\square \square \square}} [1/c^2]$ ,  $K_f \square m \overline{J_{\square \square f}} [1/c^2]$ .

На основании полученных дифференциальных уравнений можно составить структурную схему (рисунок 6) летательного аппарата как объекта управления по каналу крена.

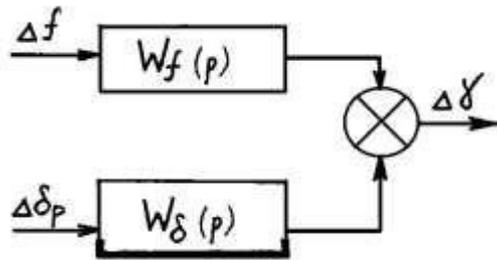


Рисунок 6. Структурная схема объекта управления

С учётом момента демпфирования передаточные функции объекта по возмущающему и по

управляющему воздействиям определяются выражениями:  $W_f \square p \square \square K_f \quad K \square$

$$\frac{K_f}{p \square T_{0p} \square 1 \square} ; \quad W_{\delta} \square p \square \square \frac{K}{p \square T_{0p} \square 1 \square}$$

Полётам на больших высотах соответствуют передаточные функции объекта  $W_f \square p \square \square K_{p2f} \quad K_{p \square}$

$$\frac{K_{p2f}}{p \square T_{0p} \square 1 \square} ; \quad W_{\delta} \square p \square \square \frac{K_{p \square}}{p \square T_{0p} \square 1 \square}$$

Количественно передаточные функции объекта и других элементов системы задаются в табл. 1-4. Функциональная схема системы стабилизации крена показана на рисунок 7.

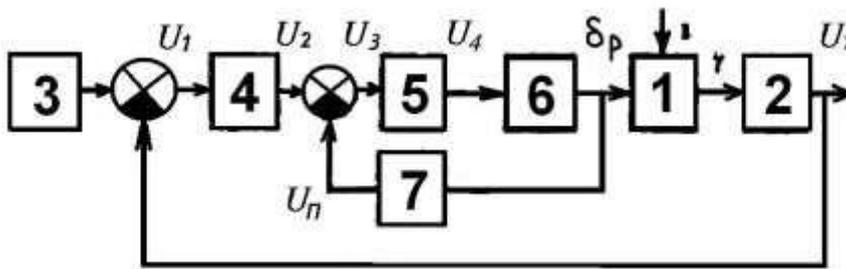


Рисунок 7. Функциональная схема системы

На рисунке 7 обозначены:

- 1 - объект управления (летательный аппарат);
- 2 - чувствительный элемент (гироскоп), выдающий сигнал, пропорциональный углу крена;
- 3 - задающее устройство для получения задающего воздействия  $y(t)$ ;
- 4 - корректирующее устройство;
- 5 - усилительное устройство;
- 6 - исполнительный механизм - рулевая машина с управляющим органом объекта (рулями); 7 - местная отрицательная обратная связь.

Чувствительный элемент можно рассматривать как безынерционное звено с передаточной

$$W_{г.р} = \frac{U_{г.р}}{U_{г.р}} = K_{г.р} \cdot \text{град} B$$

В качестве корректирующих звеньев применяются пассивные и активные интегрирующие и дифференцирующие устройства. Тип передаточной функции корректирующего устройства определяется требованиями к системе; управления и возможностью обеспечения устойчивости. Для системы стабилизации крена устойчивость и качество обеспечиваются последовательным

корректирующим звеном с передаточной функцией  $W_{K1.p} = \frac{U_2.p}{U_1.p} = W_{K1.p} \cdot W_{K2.p}$

$$U_1.p$$

$$W_{K1.p} = K_1 \cdot \frac{1}{T_p \cdot p + 1}$$

$T_p$  - звено фазовой коррекции динамики системы; где:

$$W_{K2.p} = \frac{K_2}{p}$$

$p$  - корректирующее звено для уменьшения ошибок регулирования в установившихся режимах;

$$U_1.p = Y.p \cdot U.p$$
 - уравнение замыкания системы управления.

Усилительное устройство  $W_{у.р} = \frac{U_4.p}{U_3.p}$  рассматривается как инерционное звено с передаточной функцией:  $K_y$

$$W_{у.р} = \frac{K_y}{T_y \cdot p + 1}$$

где:  $U_3 = U_2 = U_{ос}$ ,

причем  $U^2$  и  $U_{ос} = K_{ос} \cdot p$  - соответственно отклонения напряжений выхода

корректирующего устройства и звена жёсткой обратной связи, уменьшающей инерционность исполнительного механизма. Этот механизм часто представляет собой электрогидравлическую рулевую машину, передаточная функция которой имеет вид:

$$W_{и.р} = \frac{U_4.p}{U_3.p} = \frac{K_{и.р}}{T_1 \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{T_2 \cdot p + 1}$$

$$T_1 \cdot p + 1$$

$$\text{град} B$$

$K^{OC}$  определяется при проектировании системы наряду с параметрами

Величина корректирующего звена.

Таблица 1

Вариант	1	2	3	4
$W\delta$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p(p+1)$	$\underline{500} p(p+1)$
$Wf(p)$	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{50}{p(p+1)}$	$\underline{50} p(p+1)$
$K_1$	0,0039	0,214	0,0088	0,107
$K_2$	0	0	0	0
$\alpha$	0,05	0,05	0,05	0,05
$T$	0,44	0,11	0,23	0,11
$W_y(p)$	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{250}{0,01 p+1}$ 4	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{500}{0,01 p+1}$ 4
$W_i(p)$	$\frac{350}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{250}{(p+1)(0,01 p+1)}$	$\frac{350}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{500}{(p+1)(0,01 p+1)}$
Искомый параметр	$K_{oc}$	$K_{oc}$	$K_{oc}$	$K_{oc}$
Нескоррек. система	$K_{oc} = 0$	$K_{oc} = 0$	$K_{oc} = 0$	$K_{oc} = 0$

Таблица 2

Вариант	5	6	7	8
$W\delta$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p(p+1)$	$\underline{500} p(p+1)$
$Wf(p)$	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{50}{p(p+1)}$	$\underline{50} p(p+1)$
$K_{oc}$	0,0114	0,05	0,0114	0,025
$K_2$	0	0	0	0
$\alpha$	0,05	0,05	0,05	0,05
$K_T$	1	1	1	1
$W_y(p)$	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{250}{0,01 p+1}$ 4	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{500}{0,01 p+1}$ 4
$W_i(p)$	$\frac{350}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{250}{(p+1)(0,01 p+1)}$	$\frac{350}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{500}{(p+1)(0,01 p+1)}$
Искомый параметр	$K_1, T$	$K_1, T$	$K_1, T$	$K_1, T$
Нескоррек. система	$K_1 = 1, T = 0$	$K_1 = 1, T = 0$	$K_1 = 1, T = 0$	$K_1 = 1, T = 0$

Таблица 3

Вариант	9	10	11	12
$W\delta$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p(p+1)$	$\underline{500} p(p+1)$
$Wf(p)$	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{50}{p(p+1)}$	$\underline{50} p(p+1)$
Кос	0,0114	0,05	0,0114	0,025
$K_r$	0,004	0,21	0,009	0,105
$K_1$	1	1	1	1
$K_2$	0,02	0,02	0,02	0,02
$\alpha$	0,05	0,05	0,05	0,05
T	0,44	0,11	0,23	0,11
$W_y(p)$	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{250}{0,01 p+1}$ 4	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{500}{0,01 p+1}$ 4
$W_n(p)$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,01 p+1)}$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,01 p+1)}$
Искомый параметр	T	T	T	T
Нескоррек. система	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0

Таблица 4

Вариант	13	14	15	16
$W\delta$	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p^2$	$\frac{500}{p(p+1)}$	$\underline{500} p(p+1)$
$Wf(p)$	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{50}{p(p+1)}$	$\frac{50}{p(p+1)}$
Кос	0,0114	0,05	0,0114	0,025
$\alpha$	0,05	0,05	0,05	0,05
T	0,44	0,11	0,23	0,11
$W_y(p)$	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{250}{0,01 p+1}$ 4	$\frac{350}{0,06 p+1}$ 3	$\frac{500}{0,01 p+1}$ 4
$W_n(p)$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,01 p+1)}$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,01 p+1)}$
Искомый параметр	$K_1, K_2$	$K_1, K_2$	$K_1, K_2$	$K_1, K_2$
Нескоррек. система	$K_1 = K_2 = 1$	$K_1 = K_2 = 1$	$K_1 = K_2 = 1$	$K_1 = K_2 = 1$

Таблица 5

Вариант	17	18	19	20
Wδ	$\underline{500} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{\underline{100}}{p(p+1)}$	$\underline{50} p(p+1)$
Wf(p)	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	50	50
Кос	0,0124	0,15	$\frac{p(p+1)}{0,0114}$	$\frac{p(p+1)}{0,125}$
α	0,05	0,05	0,05	0,05
T	0,44	0,11	0,23	0,11
Wy (p)	$\frac{350}{0,06 p+1}$	$\frac{350}{0,6 p+1}$	$\frac{350}{0,6 p+1}$	$\frac{350}{0,6 p+1}$
Wi (p)	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,2 p+1)}$	$\frac{250}{0,01 p+1}$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{500}{(p+1)(0,1 p+1)}$
Искомый параметр	K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub>			
Нескоррек. система	K <sub>1</sub> = K <sub>2</sub> = 0			

Таблица 6

Вариант	21	22	23	24
Wδ	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p(p+1)$	$\underline{50} p(p+1)$
Wf(p)	$\underline{500} p^2$	$\underline{500} p^2$	500	$\underline{500} p(p+1)$
K <sub>1</sub>	0,039	0,14	$\frac{p(p+1)}{0,088}$	0,17
K <sub>2</sub>	0	0	0	0
α	0,5	0,5	0,5	0,5
T	0,44	0,11	0,23	0,11
Wy (p)	$\frac{350}{0,06 p+1}$	$\frac{250}{0,01 p+1}$	$\frac{350}{0,06 p+1}$	$\frac{500}{0,01 p+1}$
Wi (p)	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,01 p+1)}$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,02 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,01 p+1)}$
Искомый параметр	Кос	Кос	Кос	Кос
Нескоррек. система	Кос = 0	Кос = 0	Кос = 0	Кос = 0

Таблица 7

Вариант	25	26	27	28
<b>Wδ</b>	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{\underline{50}}{p(p+1)}$	$\underline{50} p(p+1)$
<b>Wf(p)</b>	$\underline{50} p^2$	$\underline{50} p^2$	$\frac{50}{p(p+1)}$	$\frac{50}{p(p+1)}$
<b>Koc</b>	0,011	0,005	0,014	0,05
<b>K<sub>2</sub></b>	0	0	0	0
<b>α</b>	0,05	0,05	0,5	0,05
<b>K<sub>Г</sub></b>	1	1	1	1
<b>Wy (p)</b>	$\frac{350}{0,06 p+1}$	$\frac{250}{0,01 p+1}$	$\frac{350}{0,06 p+1}$	$\frac{500}{0,01 p+1}$
<b>Wi (p)</b>	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,2 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,1 p+1)}$	$\frac{3}{(0,8 p+1)(0,2 p+1)}$	$\frac{4}{(p+1)(0,1 p+1)}$
<b>Искомый параметр</b>	<b>K<sub>1</sub>, T</b>	<b>K<sub>1</sub>, T</b>	<b>K<sub>1</sub>, T</b>	<b>K<sub>1</sub>, T</b>
<b>Нескоррек. система</b>	<b>K<sub>1</sub>= 1, T = 0</b>	<b>K<sub>1</sub>= 1, T = 0</b>	<b>K<sub>1</sub>= 1, T = 0</b>	<b>K<sub>1</sub>= 1, T = 0</b>