



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

_____
«30» 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.23 Цифровые системы управления в мехатронике

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ПМ	к.т.н., доц.	Малев Н.А.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ПМ	26.10.2020	№10	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Козелков О.В.
Согласована	ПМ	26.10.2020	№10	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Козелков О.В.
Согласована	Учебно-методический совет института ИЦТЭ	26.10.2020	№2	_____ Директор, к.т.н., доц.Косулин В.В.
Одобрена	Ученый совет института ИЦТЭ	26.10.2020	№2	_____ Директор, к.т.н., доц.Косулин В.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины Б1.О.23 Цифровые системы управления в мехатронике является формирование комплекса знаний, умений и навыков в области исследования цифровых систем управления существующих и перспективных мехатронных и робототехнических систем, а также обеспечение системой знаний о состоянии и перспективах развития цифровых систем управления мехатронными объектами.

Задачами дисциплины являются:

- изучение принципов построения и методов исследования современных цифровых систем управления в мехатронике;
- формирование основных представлений о принципах построения и методах анализа и синтеза цифровых систем автоматического управления;
- формирование способности применять полученные знания, умения и навыки в своей профессиональной деятельности при реализации практических проектов в процессе создания и эксплуатации цифровых систем управления в мехатронике.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-11 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	ОПК-11.1 Разрабатывает алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем ОПК-11.2 Разрабатывает алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматики и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем ОПК-11.3 Разрабатывает цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: «Автоматизированный электропривод», «Преобразователи мехатронных и робототехнических систем», «Управление мехатронными и робототехническими системами», «Программное обеспечение и программирование в профессиональной деятельности».

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: «Проектирование мехатронных систем», «Оптимизация мехатронных и робототехнических систем», Производственная практика (научно-исследовательская работа), выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			б		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	7	252	252		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	140	140		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,5	90	90		
Лекции	0,83	30	30		
Практические (семинарские) занятия	1,67	60	60		
Лабораторные работы	0	0	0		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,5	126	126		
Проработка учебного материала	1,5	54	54		
Курсовой проект	2	72	72		
Курсовая работа	0	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			КП		

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Общие сведения. Математические основы теории цифровых систем управления	30	6		12	12	ТК1	ОПК-11.1.3, ОПК-11.2.3, ОПК-11.3.3
Раздел 2. Модели ЦСУ в пространстве состояний	38	8		16	14	ТК2	ОПК-11.1.У, ОПК-11.2.У, ОПК-11.3.У
Раздел 3. Устойчивость и качество цифровых систем управления в мехатронике	38	8		16	14	ТК3	ОПК-11.1.В, ОПК-11.2.В
Раздел 4. Синтез цифровых систем управления в мехатронике	38	8		16	14	ТК4	ОПК-11.1.В, ОПК-11.2.В, ОПК-11.3.В

Курсовой проект	72			72	ОМкп	ОПК-11.1.В, ОПК-11.2.В, ОПК-11.3.В
Экзамен	36			36	ОМ	ОПК-11.1.3, ОПК-11.2.3, ОПК-11.3.3, ОПК-11.1.У, ОПК-11.2.У, ОПК-11.3.У, ОПК-11.1.В, ОПК-11.2.В, ОПК-11.3.В
ИТОГО	252	30		60	162	

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Общие сведения. Математические основы теории цифровых систем управления

Тема 1.1. Классификация дискретных систем. Примеры типовых схем ЦСУ

Тема 1.2. Решетчатые функции и разностные уравнения. Z-преобразование

Тема 1.3. Передаточные функции ЦСУ

Раздел 2. Модели ЦСУ в пространстве состояний

Тема 2.1. Уравнения состояния и структурные схемы моделирования непрерывных систем

Тема 2.2. Уравнения состояния и структурные схемы моделирования цифровых систем

Тема 2.3. Управляемость и наблюдаемость цифровых систем

Раздел 3. Устойчивость и качество цифровых систем управления в мехатронике

Тема 3.1. Устойчивость цифровых систем управления

Тема 3.2. Качество цифровых систем управления

Раздел 4. Синтез цифровых систем управления в мехатронике

Тема 4.1. Желаемые логарифмические амплитудно-частотные характеристики

Тема 4.2. Синтез цифровых регуляторов на основе билинейного преобразования

Тема 4.3. Синтез на основе дискретной аппроксимации аналоговых регуляторов

3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час
1	ПР1. Вычисление прямых и обратных разностей	4
1	ПР2. Определение z-преобразований	4
1	ПР3. Преобразования разностных уравнений	4
2	ПР4. Составление схем непосредственного, последовательного и параллельного моделирования непрерывных мехатронных систем	8
2	ПР5. Составление схем непосредственного, последовательного и параллельного программирования цифровых мехатронных систем	8
3	ПР6. Анализ устойчивости цифровых мехатронных систем	8
3	ПР7. Анализ качества цифровых мехатронных систем	8
4	ПР8. Синтез цифровых регуляторов мехатронных систем на основе билинейного преобразования	8

4	ПР9. Синтез цифровых регуляторов мехатронных систем на основе аналоговых прототипов	8
	Итого	60

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

3.6. Курсовой проект

Разработка мехатронной следящей позиционной системы с цифровым управлением на основе заданных характеристик нагрузки (рабочего органа), максимальных значений скорости и ускорения рабочего органа, ошибок (погрешностей) по скорости и ускорению.

Содержание проекта:

1. Выбор и расчет элементов мехатронной системы
2. Исследование нескорректированного контура скорости
3. Оптимизация контура скорости
4. Программная реализация регулятора скорости
5. Синтез аналогового регулятора положения
6. Программная реализация регулятора положения

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ОПК-11	ОПК-11.1 Разрабатывает алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и	знать: типичные алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и	демонстрирует знание типичных алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартн	демонстрирует знание типичных алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартн	демонстрирует знание типичных алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартн	не может продемонстрировать знание типичных алгоритмов и программ для цифровых методов

	х устройств мехатронных и робототехнических систем	робототехнических систем	ых исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	ых исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	ых исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств в мехатронных и робототехнических систем
	уметь:					
	разрабатывать типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не способен разработать типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств в мехатронных и робототехнических систем
	владеть:					
навыком разработки алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и	владеет навыком разработки и алгоритмов и программ для цифровых методов	владеет навыком разработки и алгоритмов и программ для цифровых методов	владеет навыком разработки и алгоритмов и программ для цифровых методов	владеет навыком разработки и алгоритмов и программ для цифровых методов	не может разработать алгоритмы и программы для цифровых методов	

		управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем
	ОПК-11.2 Разрабатывает алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	знать:				
		типичные алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание типовых алгоритмов и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание типовых алгоритмов и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	демонстрирует знание типовых алгоритмов и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не может продемонстрировать знание типовых алгоритмов и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем
		уметь:				
		разрабатывать типичные алгоритмы и программы для цифровых	разрабатывает типичные алгоритмы и	разрабатывает типичные алгоритмы и	разрабатывает типичные алгоритмы и	не способен разработать типичные

		<p>методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем</p>	<p>программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем</p>	<p>программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности</p>	<p>программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки</p>	<p>алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем</p>
<p>владеть:</p>						
		<p>навыком разработки алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем</p>	<p>владеет навыком разработки и алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности</p>	<p>владеет навыком разработки и алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки</p>		<p>не может разработать алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем</p>

	ОПК-11.3 Разрабатывает цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	знать:				
		цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	демонстрирует знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не может продемонстрировать знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем
		уметь:				
		разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	разрабатывает цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не способен разработать цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем
		владеть:				
		навыком разработки цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	владеет навыком разработки и цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	владеет навыком разработки и цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	владеет навыком разработки и цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	не может разработать цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем

			систем	систем, допуска я неболь шие неточн ости	систем, допуска я ошибки	технически х систем
--	--	--	--------	---	--------------------------------	------------------------

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Певзнер Л.Д. Теория систем управления [Электронный ресурс] / Л. Д. Певзнер. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 424 с. - ISBN 978-5-8114-1566-3

2. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств [Электронный ресурс] / А. П. Лукинов. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1166-5

3. Гайдук А.Л. Анализ и аналитический синтез цифровых систем управления [Электронный ресурс] / А. Р. Гайдук, Е. А. Плаксиенко. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 272 с. - ISBN 978-5-8114-8413-3

4. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / О.В. Погодицкий, Н.А. Малёв. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 312 с.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Погодицкий О.В. Цифровые системы управления: учеб. пособие для студ. высш. учебн. заведений/О.В. Погодицкий. – Казань: гос.энерг.ун-т, 2010. – 188с.

2. Теория автоматического управления: Учеб. пособие/О.В. Погодицкий, Н.А. Малёв. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010.-268с.

3. Герман-Галкин, С.Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин. – СПб: Корона-Век, 2014. – 368 с.

4. Цифровые системы управления в мехатронике: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М.Терехов, О.И.Осипов; под ред. В.М.Терехова. – 2-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.

5.2. Информационное обеспечение



5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Электронный адрес
-------	--	-------------------

1	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	https://www.book.ru/
4	Портал "Открытое образование"	http://npoed.ru

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	eLIBRARY.RU	Крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки и техники	www.elibrary.ru Доступ свободный Необходима индивидуальная регистрация в локальной сети вуза
2	eLIBRARY.ru (Архив журналов РАН)	Российская академия наук и издательство «Наука» открыли свободный доступ к архивам журналов РАН на платформе eLIBRARY.ru	https://elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3 Доступ свободный Необходима индивидуальная регистрация в локальной сети вуза
3	Russian Science Citation Index (RSCI)	В рамках поддержки национального проекта «Наука» и решения задачи по повышению уровня отечественных научных журналов РАН, совместно с компаниями Clarivate Analytics и НЭБ (eLibrary) был создан российский индекс цитирования, Russian Science Citation Index, или «русская полка» журналов на платформе Web of Science.	clarivate.ru Доступ свободный
4	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-	http://window.edu.ru/ Доступ свободный

		методических материалов для общего и профессионального образования	
--	--	--	--

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Браузер Google Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
2	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
3	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	MatLab	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений	Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License): договор №2013.39442, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Компьютерный класс с выходом в Интернет А-323	Специализированная учебная мебель, интерактивная доска, проектор, компьютер в комплекте с монитором (16 шт.), лицензионное программное обеспечение

Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение
	Учебная аудитория для выполнения курсового проекта А-323	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.О.23 Цифровые системы управления в мехатронике

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине Б1.О.23 Цифровые системы управления в мехатронике, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта

Семестр б

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели									
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	IV текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК4	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. «Общие сведения. Математические основы теории цифровых систем управления»	ТК1	13	0-12							13-25	13-25
Письменный опрос		4	0-4								
Защита практической работы		4	0-4								
Опрос по разделу		5	0-4								
Раздел 2. «Модели ЦСУ в пространстве состояний»	ТК2			13	0-12					13-25	13-25
Письменный опрос				4	0-4						
Защита практической работы				4	0-4						
Опрос по разделу				5	0-4						
Раздел 3. «Устойчивость и качество цифровых систем управления в мехатронике»	ТК3					13	0-12			13-25	13-25
Письменный опрос						4	0-4				
Защита практической работы						4	0-4				
Опрос по разделу						5	0-4				
Раздел 4. «Синтез цифровых систем управления в	ТК4							13	0-12	13-25	13-25

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции				
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий	
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено		не зачтено		
ОПК-11	ОПК-11.1 Разрабатывает алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	знать:		демонстрирует знание типовых алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание типовых алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	демонстрирует знание типовых алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не может продемонстрировать знание типовых алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств в мехатронных и робототехнических систем
		уметь:		разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не способен разработать типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем

		устройств мехатронных и робототехнических систем	ых исполнит ельных и управляю щих устройств мехатрон ных и робототех нических систем	ых исполнит ельных и управляю щих устройств мехатрон ных и робототех нических систем, допуская небольши е неточност и	ых исполнит ельных и управляю щих устройств мехатрон ных и робототех нических систем, допуская ошибки	методов расчетов стандарт ных исполнит ельных и управляю щих устройств в мехатрон ных и робототе хнически х систем
		владеть:				
		навыком разработки алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов стандартных исполнительных и управляющих устройств мехатронных и робототехнических систем	владеет навыком разработк и алгоритм ов и программ для цифровых методов расчетов стандартн ых исполнит ельных и управляю щих устройств мехатрон ных и робототех нических систем	владеет навыком разработк и алгоритм ов и программ для цифровых методов расчетов стандартн ых исполнит ельных и управляю щих устройств мехатрон ных и робототех нических систем, допуская небольши е неточност и	владеет навыком разработк и алгоритм ов и программ для цифровых методов расчетов стандартн ых исполнит ельных и управляю щих устройств мехатрон ных и робототех нических систем, допуская ошибки	не может разработа ть алгоритм ы и программ ы для цифровы х методов расчетов стандарт ных исполнит ельных и управляю щих устройств в мехатрон ных и робототе хнически х систем
	ОПК-11.2 Разрабатыва ет алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств	знать:				
		типичные алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств	демонстр ирует знание типовых алгоритм ов и программ ы для цифровых	демонстр ирует знание типовых алгоритм ов и программ ы для цифровых	демонстр ирует знание типовых алгоритм ов и программ ы для цифровых	не может продемон стрирова ть знание типовых алгоритм ов и программ ы для

	автоматики и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем
	уметь:					
	разрабатывать типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	разрабатывает типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не способен разработать типовые алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматик и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем
	владеть:					
навыком разработки алгоритмов и	владеет навыком разработк	владеет навыком разработк	владеет навыком разработк	владеет навыком разработк	не может разработать	

	программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	и алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем	и алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	и алгоритмов и программ для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	алгоритмы и программы для цифровых методов расчетов средств автоматизации и средств измерительной и вычислительной техники мехатронных и робототехнических систем
ОПК-11.3 Разрабатывает цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	знать:				
	цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	демонстрирует знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	демонстрирует знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не может продемонстрировать знание цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем
	уметь:				
	разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем	разрабатывает цифровые алгоритмы и программы	разрабатывает цифровые алгоритмы и программы	разрабатывает цифровые алгоритмы и программы	не способен разработать цифровые алгоритмы

		ских систем	управления мехатронных и робототехнических систем	управления мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	управления мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	ы и программы управления мехатронных и робототехнических систем
		владеть:				
		навыком разработки цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	владеет навыком разработки и цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем	владеет навыком разработки и цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем, допуская небольшие неточности	владеет навыком разработки и цифровых алгоритмов и программ управления мехатронных и робототехнических систем, допуская ошибки	не может разработать цифровые алгоритмы и программы управления мехатронных и робототехнических систем

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение за верно выполненные задания практических занятий и письменных опросов; за самостоятельное выполнение курсового проекта, в котором содержатся элементы новизны, а оформление полностью соответствует требованиям; глубокое понимание основных принципов управления, методов анализа и расчета мехатронных систем; умение создавать в объектно-ориентированных средах программирования программы для решения конкретных инженерных задач; демонстрацию навыков решения типовых и системных задач, связанных с профессиональной деятельностью; полные и содержательные ответы на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«хорошо»** выставляется за большинство верно выполненных заданий практических занятий и письменных опросов; за самостоятельное выполнение курсового проекта, в котором по большей части прослеживается научно-практический характер, а оформление практически полностью соответствует требованиям; хорошее владение методами анализа и расчета мехатронных систем; умение создавать в объектно-ориентированных средах программирования программы для решения конкретных инженерных задач;

достаточно полные и содержательные ответы на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется при 60% верно выполненных заданий практических занятий и письменных опросов; за самостоятельное выполнение курсового проекта, в котором могут содержаться недочеты по содержанию и оформлению; среднее понимание методов теории автоматического управления; посредственные способности применения методов анализа и расчета мехатронных систем; посредственные ответы на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение заданий практических занятий и тестов; выполнение требований к курсовому проекту менее, чем на 50%; отсутствие понимания основ теории автоматического управления; неспособность применять методы анализа и расчета мехатронных систем; отсутствие ответов на вопросы экзаменационного билета.

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы проектов
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины
Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-11

Базовый уровень

1. Записать и вычислить прямую третью разность функции $f(kT_0)$.
2. Записать и вычислить обратную третью разность функции $f(kT_0)$.
3. Преобразовать разностное уравнение

$$2\Delta^3 y(k) - \Delta^2 y(k) + 3\Delta y(k) + y(k) = f(k)$$

к стандартному виду.

4. Преобразовать разностное уравнение

$$\nabla^2 y(k) + 3\nabla y(k) + \nabla y(k) = f(k)$$

к стандартному виду.

Продвинутый уровень

1. Составить вычислительную процедуру для получения решения уравнения

$$y(k) + y(k-1) + 2y(k-2) - y(k-3) = k.$$

2. Определить изображение $Y(z)$, если уравнение системы имеет вид

$$y(k+2) - 3y(k+1) + 2y(k) = u(k+1) - u(k).$$

3. Определить изображение $Y(z)$, если уравнение системы имеет вид

$$2y(k) + 3y(k-1) + 3y(k-2) = 2u(k).$$

4. Решить уравнение системы методом разложения в степенной ряд

$$y(k+1) + 0,5y(k) = 1,5u(k), \text{ если } u(k) = 1$$

5. Решить уравнение системы методом разложения на простые дроби

$$y(k) - 3y(k-1) + 2y(k-2) = u(k), \text{ если } u(k) = 1.$$

Высокий уровень

1. Определить изображение $Y(z)$, если уравнение системы имеет вид $2y(k) + 3y(k-1) + 3y(k-2) = 2u(k)$.

2. Решить уравнение системы методом разложения в степенной ряд $y(k+1) + 0,5y(k) = 1,5u(k)$, если $u(k) = 1$

3. Решить уравнение системы методом разложения на простые дроби $y(k) - 3y(k-1) + 2y(k-2) = u(k)$, если $u(k) = 1$.

4. Определить дискретную передаточную функцию разомкнутой ЦСУ с экстраполятором нулевого порядка, если

$$W(s) = \frac{s}{s+1}; \quad W_{\text{цр}}(z) = 1.$$

5. Определить дискретную передаточную функцию замкнутой ЦСУ с экстраполятором нулевого порядка, если

$$W_{\text{цр}}(z) = k_1 + \frac{k_2 T z}{z-1}, \quad W(s) = \frac{1}{s+1}.$$

6. Определить выражение реакции ЦСУ на единичное ступенчатого воздействие $1(z)$,

$$\text{если } W_{цр}(z) = 1; W_{зо}(s) = \frac{1 - e^{-sT_0}}{s}; W(s) = \frac{1}{0,5s + 1}; T_0 = 0,1с.$$

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-11

Базовый уровень

1. Векторно-матричная форма представления непрерывных систем.
2. Уравнения состояния линейных стационарных систем.
3. Переходная матрица состояния.
4. Векторно-матричная форма представления ЦСУ.
5. Уравнения состояния ЦСУ.

Продвинутый уровень

1. Векторная структурная схема непрерывных систем.
2. Векторная структурная схема цифровых систем.
3. Векторная структурная схема непрерывных систем с модальным регулятором.
4. Векторная структурная схема цифровых систем с модальным регулятором.
5. Схема непосредственного моделирования.
6. Схема последовательного моделирования.
7. Схема параллельного моделирования.

Высокий уровень

1. Схема непосредственного программирования.
2. Схема последовательного программирования.
3. Схема параллельного программирования.
4. Способы вычисления переходной матрицы состояния
5. Управляемость и наблюдаемость непрерывных систем.
6. Управляемость и наблюдаемость цифровых систем

Для текущего контроля ТК3:

Проверяемая компетенция: ОПК-11

Базовый уровень

1. Устойчивость непрерывных систем
2. Критерий устойчивости Гурвица для непрерывных систем
3. Критерий устойчивости Михайлова для непрерывных систем
4. Критерий устойчивости Найквиста для непрерывных систем
5. Критерий устойчивости Найквиста для непрерывных систем с применением АФХ
6. Критерий устойчивости Найквиста для непрерывных систем с применением ЛЧХ

Продвинутый уровень

1. Устойчивость цифровых систем. Z-плоскость корней
1. Билинейное преобразование и w-плоскость корней

2. Относительная и абсолютная псевдочастоты
3. Критерий устойчивости Гурвица для цифровых систем
4. Критерий устойчивости Найквиста для цифровых систем.

Высокий уровень

1. Дискретная передаточная функция замкнутой ЦСУ имеет вид:

$$\Phi(z) = \frac{0,11z}{z^2 - 1,67z + 0,78}.$$

Оценить устойчивость системы:

- а) по корням характеристического уравнения z_1 и z_2 ;
 - б) с применением билинейного преобразования по критерию Гурвица;
 - в) с применением MatLab Simulink.
2. Дискретная передаточная функция замкнутой ЦСУ имеет вид:

$$\Phi(z) = \frac{0,263(z + 0,904)}{z^2 - 0,737z + 0,238}.$$

Оценить устойчивость системы:

- а) по корням характеристического уравнения z_1 и z_2 ;
 - б) с применением билинейного преобразования по критерию Гурвица.
 - в) с применением MatLab Simulink.
3. Передаточная функция непрерывной части ЦСУ с единичной обратной связью и с экстраполятором нулевого порядка

$$W(s) = \frac{20}{(s + 1)(0,5s + 1)}.$$

Передаточная функция цифрового регулятора, реализующего алгоритм последовательной коррекции

$$W_{\text{цр}}(z) = \frac{1,0499(z + 0,904)}{(z - 1)(z - 0,819)}.$$

Оценить устойчивость системы по переходной характеристике с применением MatLab Simulink.

Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ОПК-11

Базовый уровень

1. Прямые показатели качества переходного процесса
2. Способы определения прямых показателей качества
3. Косвенные показатели качества переходного процесса
4. Определение косвенных показателей качества с применением частотных характеристик
5. Методы коррекции непрерывных систем

Продвинутый уровень

1. Типовые желаемые ЛАЧХ

2. Запретная область
3. Номограммы Солодовникова В.В.
4. Стандартные настройки и их применение
5. Настройка на оптимум по модулю
6. Настройка на симметричный оптимум

Высокий уровень

1. Дать краткую характеристику этапов проектирования ЦСУ.
2. Пояснить связь показателей качества с асимптотами желаемой ЛАЧХ.
3. Рассчитать параметры желаемых ЛАЧХ и построить графики с применением обобщенных номограмм В.В. Солодовникова

Исходные данные:

$$\text{а) } \varepsilon_{\max} \leq 0,1 \text{ град; } \sigma_{\max} \leq 25\%; \quad t_p \leq 1,5 \text{ с; } \dot{y}_{\max} = 15 \text{ град/с;}$$

$$\text{б) } \varepsilon_{\max} \leq 0,3 \text{ град; } \sigma_{\max} \leq 40\%; \quad t_p \leq 4 \text{ с; } \dot{y}_{\max} = 20 \text{ град/с;}$$

4. Синтезировать цифровые регуляторы для системы. Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_{\text{Н}}(s) = \frac{1}{s(0,3s+1)}.$$

Исходные данные принять из предыдущего задания. Период квантования $T_0 = 0,04 \text{ с}$.

5. Провести моделирование ЦСУ с регуляторами, синтезированными в предыдущем задании. Проанализировать полученные графики.

3. Определить структуру и рассчитать параметры цифровых регуляторов, реализующих алгоритм последовательной коррекции с применением формулы трапеций.

Цифровые регуляторы должны обеспечивать:

- а) Точность слежения с максимальной ошибкой $\varepsilon_{\max} \leq 0,02 \text{ град}$ для системы с астатизмом первого порядка; максимальную скорость $\dot{y}_{\max} = 8 \text{ град/с}$ и ускорение $\ddot{y}_{\max} = 3 \text{ град/с}^2$. Показатель колебательности $M = 1,5$. Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_{\text{Н}}(s) = \frac{8}{s(0,15s+1)(0,02s+1)}.$$

- б) Точность слежения с максимальной ошибкой $\varepsilon_{\max} \leq 0,05 \text{ град}$ для системы с астатизмом второго порядка; максимальную скорость $\dot{y}_{\max} = 12 \text{ град/с}$ и ускорение $\ddot{y}_{\max} = 4 \text{ град/с}^2$.

Показатель колебательности $M = 1,36$.

Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_{\text{Н}}(s) = \frac{4}{s(0,1s+1)(0,025s+1)}.$$

Период квантования $T_0 = 0,001 \text{ с}$.

Для промежуточной аттестации (курсовой проект):

Разработка мехатронной следящей позиционной системы с цифровым управлением на основе заданных характеристик нагрузки (рабочего органа), максимальных значений скорости и ускорения рабочего органа, ошибок (погрешностей) по скорости и ускорению.

Содержание проекта:

1. Выбор и расчет элементов мехатронной системы
2. Исследование нескорректированного контура скорости
3. Оптимизация контура скорости
4. Программная реализация регулятора скорости
5. Синтез аналогового регулятора положения
6. Программная реализация регулятора положения

Для промежуточной аттестации (экзамен):

Экзамен является итоговой формой оценки знаний студентов, приобретенных в результате изучения дисциплины «Цифровые системы управления в мехатронике».

Экзамен проводится в письменной форме с дальнейшим собеседованием. Студент выбирает билет, содержащий 2 вопроса из базового и продвинутого уровня, задания высокого уровня задаются дополнительно. Билеты формируются преподавателем перед зачетно-экзаменационной сессией.

Базовый уровень

1. Понятие Z -преобразования.
2. Примеры Z -преобразования типовых функций.
3. Теоремы Z -преобразования.
4. Дискретная передаточная функция.
5. Основные правила преобразования структурных схем цифровых ЦСУ.
6. Дискретные передаточные функции разомкнутой и замкнутой ЦСУ.
7. Векторно-матричная форма представления непрерывных систем.
8. Уравнения состояния линейных непрерывных стационарных систем.
9. Переходная матрица состояния.
10. Способы вычисления переходной матрицы состояния.
11. Векторно-матричная форма представления ЦСУ.
12. Уравнения состояния ЦСУ.
13. Применение Z -преобразования.
14. Устойчивость ЦСУ.
15. Понятие устойчивости ЦСУ.
16. Билинейное преобразование.
17. Применение критерия устойчивости Гурвица.
18. Частотные критерии устойчивости.
19. Относительная и абсолютная псевдочастоты.
20. Применения критерия устойчивости Найквиста.
21. Анализ качества ЦСУ
22. Методы программирования ЦСУ.

23. Управляемость и наблюдаемость ЦСУ.

Продвинутый уровень

1. Дать определение настройки на ОМ.
2. Дать определение настройки на СО.
3. Записать передаточную функцию замкнутого контура настроенного на ОМ.
4. Записать передаточную функцию разомкнутого контура, настроенного на СО.
5. Перечислить показатели качества переходного процесса с применением стандартных настроек.
6. Записать передаточную функцию ПИД-регулятора.
7. Начертить электрическую схему ПИД-регулятора.

Изложить порядок моделирования контура скорости с применением системы MatLab.

8. Записать и пояснить уравнения состояния непрерывных систем управления.
9. Записать и пояснить уравнения состояния цифровых систем управления.
10. Изобразить векторную структурную схему динамической модели системы в переменных состояния.
11. Объяснить метод непосредственного программирования цифровых регуляторов.
12. Объяснить метод последовательного программирования цифровых регуляторов.
13. Объяснить метод параллельного программирования цифровых регуляторов.
14. Показать методику получения векторно-матричных уравнений состояния цифровых регуляторов.
15. Пояснить частотные методы анализа и синтеза применительно к цифровым системам управления.
16. Изложить порядок исследования цифровых систем управления в системе Simulink.
17. Объяснить результаты моделирования цифровых систем управления во временной и частотной областях в системе MatLab.

Высокий уровень

1. Дискретная передаточная функция замкнутой ЦСУ имеет вид:

$$\Phi(z) = \frac{0,11z}{z^2 - 1,67z + 0,78}.$$

Оценить устойчивость системы:

- а) по корням характеристического уравнения z_1 и z_2 ;

б) с применением билинейного преобразования по критерию Гурвица.

2. Дискретная передаточная функция замкнутой ЦСУ имеет вид:

$$\Phi(z) = \frac{0,263(z + 0,904)}{z^2 - 0,737z + 0,238}.$$

Оценить устойчивость системы:

а) по корням характеристического уравнения z_1 и z_2 ;

б) с применением билинейного преобразования по критерию Гурвица.

3. Передаточная функция непрерывной части ЦСУ с единичной обратной связью и с экстраполятором нулевого порядка

$$W(s) = \frac{20}{(s + 1)(0,5s + 1)}.$$

Передаточная функция цифрового регулятора, реализующего алгоритм последовательной коррекции

$$W_{\text{цр}}(z) = \frac{1,0499(z + 0,904)}{(z - 1)(z - 0,819)}.$$

а) оценить устойчивость системы по переходной характеристике с применением моделирующей программы;

б) определить показатели качества переходного процесса.

Для решения задачи принять $T_0 = 0,1\text{с}$.

4. Дискретная передаточная функция разомкнутой ЦСУ

$$W_{\text{цр}}(z) = \frac{0,0975(z - 0,96)(z + 1,31)(z + 0,045)}{z(z - 1)(z - 0,99)(z - 0,368)}.$$

С применением ЛЧХ в функции абсолютной псевдочастоты $\omega_{\text{в}}$ оценить устойчивость и определить запасы устойчивости системы по фазе и амплитуде. Для решения задачи принять $T_0 = 0,5\text{с}$.

5. Рассчитать параметры желаемых ЛАЧХ и построить графики с применением обобщенных номограмм В.В. Солодовникова.

Исходные данные:

а) $\varepsilon_{\text{max}} \leq 0,1\text{град}$; $\sigma_{\text{max}} \leq 25\%$; $t_p \leq 1,5\text{с}$; $\dot{\varphi}_{\text{max}} = 15\text{град/с}$;

б) $\varepsilon_{\text{max}} \leq 0,3\text{град}$; $\sigma_{\text{max}} \leq 40\%$; $t_p \leq 4\text{с}$; $\dot{\varphi}_{\text{max}} = 20\text{град/с}$;

6. Определить структуру и рассчитать параметры цифровых регуляторов реализующих алгоритм последовательной коррекции с применением формулы трапеций.

Цифровые регуляторы должны обеспечивать:

а) Точность слежения с максимальной ошибкой $\varepsilon_{\text{max}} \leq 0,02\text{град}$ для системы с астатизмом первого порядка; максимальную скорость $\dot{\varphi}_{\text{max}} = 8\text{град/с}$ и ускорение $\ddot{\varphi}_{\text{max}} = 3\text{град/с}^2$. Показатель колебательности $M = 1,5$. Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_H(s) = \frac{8}{s(0,15s+1)(0,02s+1)}.$$

б) Точность слежения с максимальной ошибкой $\varepsilon_{\max} \leq 0,05$ град для системы с астатизмом второго порядка; максимальную скорость $\dot{\varphi}_{\max} = 12$ град/с и ускорение $\ddot{\varphi}_{\max} = 4$ град/с².

Показатель колебательности $M = 1,36$.

Неизменяемая часть системы имеет передаточную функцию

$$W_H(s) = \frac{4}{s(0,1s+1)(0,025s+1)}.$$

Период квантования $T_0 = 0,001$ с.