

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



Декан факультета Гусев П.Ю.
«24» января 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Цифровые системы управления»

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль Автоматизация производственно-технологических систем

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

/Смольянинов А.В./

Заведующий кафедрой
Систем управления и
информационных
технологий в строительстве

/ Десятирикова Е.Н./

Руководитель ОПОП

/ Акимов В.И. /

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

- изучение теории и основ проектирования цифровых систем управления (ЦСУ),
- методов анализа и синтеза систем с цифровыми регуляторами,
- изучение основных математических моделей дискретных систем: передаточных функций и методов пространства состояний во временной и частотных областях,
- изучение специфики и особенностей использования цифровых систем управления,
- формирование навыков разработки прикладного программного обеспечения цифровых систем управления (ЦСУ)

1.2. Задачи освоения дисциплины

- приобретение необходимых навыков проектирования цифровых систем управления,
- овладение современными математическими методами синтеза цифровых регуляторов,
- приобретение навыков разработки управляющих программ, реализующих заданные алгоритмы управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Цифровые системы управления» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Цифровые системы управления» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен проводить анализ технологических процессов механосборочного производства с целью выявления операций, подлежащих автоматизации и механизации

ПК-2 - Способен проводить исследование автоматизируемого объекта и подготовку технико-экономического обоснования создания автоматизированной системы управления технологическими процессами

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать методику синтеза и основные возможности современных цифровых систем управления
	уметь выявлять участки механосборочного производства, подлежащие управлению цифровыми системами
	владеть навыками выявления участков механосборочного производства подлежащих управлению цифровыми системами
ПК-2	знать методологию и технологию исследования автоматизируемого объекта с целью внедрения цифровых систем управления
	уметь оценивать результаты внедрения цифровых систем управления
	владеть навыками оценки результатов внедрения цифровых систем управления

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровые системы управления» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	24	24
Самостоятельная работа	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		10
Аудиторные занятия (всего)	8	8
В том числе:		
Лекции	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа	96	96
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Преобразования информации в цифровых системах	Цифровые системы управления. Основные процессы преобразования информации в цифровых системах. Дискретизация сигнала по уровню и времени. Решетчатые функции. Преобразование Лапласа решетчатых функций времени. Преобразование Фурье решетчатых функций. Дискретное преобразование Фурье. Восстановление сигнала. Теорема Шеннона. Интерполятор и экстраполятор. Экстраполятор нулевого порядка.	2	4	15	21
2	Z-преобразование и дискретная передаточ-	Z-преобразование. Свойства Z-преобразования. Обратное Z-преобразование. Связь Z- преобразо-	4	8	15	27

	ная функция	вания и преобразования Лапласа. Вычисление Z-представления сигнала. Выходной сигнал линейной системы. Дискретная передаточная функция. Свойства дискретной передаточной функции. Условия реализуемости. Полюса передаточной функции и анализ устойчивости. Дискретная передаточная функция системы с экстраполятором на выходе. Разностные уравнения. Построение дискретных моделей объектов на основе непрерывных моделей. Структурная схема цифрового фильтра. БИХ и КИХ фильтры. Синтез. Аппаратная и программная реализация. Дискретное представление дифференциальных уравнений непрерывных ПИД-регуляторов. Алгоритмы управления первого и второго порядка.				
3	Цифровые регуляторы	Реализации цифровых ПИД-регуляторов. Компенсационные регуляторы. Регуляторы с конечным временем установления. Регуляторы для объектов с большим временем запаздывания. Регуляторы для объектов с интегрирующим исполнительным механизмом и механизмом с постоянной скоростью.	2	6	15	23
4	Аппаратная и программная реализация цифровых систем управления на ЭВМ	Структура и функционирование интерфейсов. Устройства связи с объектом: аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, устройства ввода-вывода дискретных сигналов. Микросхемы интерфейсных компонентов микропроцессорных систем, программируемый таймер, контроллер прерываний. Отсчет реального времени в ЭВМ. Внешние и внутренние прерывания. Вектора прерывания. Подпрограммы обслуживания прерываний. Функции работы с прерываниями. Использование прерываний для отсчета реального времени. Прерывания от внешних устройств.	2	6	15	23
5	Промышленные МП системы управления и управляющие комплексы	Промышленные микроконтроллеры и микро-ЭВМ для локальных систем управления: состав и конструкция, устройства связи с объектами и программное обеспечение.	2		12	14
Итого			12	24	72	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Преобразования информации в цифровых системах	Цифровые системы управления. Основные процессы преобразования информации в цифровых системах. Дискретизация сигнала по уровню и времени. Решетчатые функции. Преобразование Лапласа решетчатых функций времени. Преобразование Фурье решетчатых функций. Дискретное преобразование Фурье. Восстановление сигнала. Теорема Шеннона. Интерполятор и экстраполятор. Экстраполятор нулевого порядка.	0,2	1	18	19,2
2	Z-преобразование и дискретная передаточная функция	Z-преобразование. Свойства Z-преобразования. Обратное Z-преобразование. Связь Z-преобразования и преобразования Лапласа. Вычисление Z-представления сигнала. Выходной сигнал линейной системы. Дискретная передаточная функция. Свойства дискретной передаточной функции. Условия реализуемости. Полюса передаточной функции и анализ устойчивости. Дискретная передаточная функция системы с экстраполятором на выходе. Разностные уравнения. Построение дискретных моделей объектов на основе непрерывных моделей. Структурная схема цифрового фильтра. БИХ и КИХ фильтры. Синтез. Аппаратная и программная реализация. Дискретное представление дифференциальных уравнений непрерывных ПИД-регуляторов. Алгоритмы управления первого и второго порядка.	0,5	2	20	22,5
3	Цифровые регуляторы	Реализации цифровых ПИД-регуляторов. Компенсационные регуляторы. Регуляторы с конечным	0,5	1	20	21,5

		временем установления. Регуляторы для объектов с большим временем запаздывания. Регуляторы для объектов с интегрирующим исполнительным механизмом и механизмом с постоянной скоростью.				
4	Аппаратная и программная реализация цифровых систем управления на ЭВМ	Структура и функционирование интерфейсов. Устройства связи с объектом: аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, устройства ввода-вывода дискретных сигналов. Микросхемы интерфейсных компонентов микропроцессорных систем, программируемый таймер, контроллер прерываний. Отсчет реального времени в ЭВМ. Внешние и внутренние прерывания. Вектора прерывания. Подпрограммы обслуживания прерываний. Функции работы с прерываниями. Использование прерываний для отсчета реального времени. Прерывания от внешних устройств.	0,5	2	20	22,5
5	Промышленные МПС системы управления и управляющие комплексы	Промышленные микроконтроллеры и микро-ЭВМ для локальных систем управления: состав и конструкция, устройства связи с объектами и программное обеспечение.	0,3		18	18,3
Итого			2	6	96	104

5.2 Перечень лабораторных работ

Номер	Название	часов
1	Расчет погрешностей при квантовании сигналов	4/1
2	Z-преобразование и вычисление передаточных функций	8/1
3	Расчет цифровых регуляторов	8/2
4	Составление управляющих программ	4/2
Итого		24/6

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать методику синтеза и основные возможности современных цифровых систем управления	своевременное выполнение и отчет лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выявлять участки механо-сборочного производства, подлежащие управлению цифровыми си-	своевременное выполнение и отчет лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	стемами			
	владеть навыками выявления участков механосборочного производства подлежащих управлению цифровыми системами	своевременное выполнение и отчет лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать методологию и технологию исследования автоматизируемого объекта с целью внедрения цифровых систем управления	своевременное выполнение и отчет лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь оценивать результаты внедрения цифровых систем управления	своевременное выполнение и отчет лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками оценки результатов внедрения цифровых систем управления	своевременное выполнение и отчет лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения, 10 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать методику синтеза и основные возможности цифровых систем управления	отчет лабораторных работ, ответ на зачете.	Студент демонстрирует значительное (частичное) понимание заданий. Все (основные) требования, предъявляемые к заданию выполнены.	Студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.
	уметь выявлять участки механосборочного производства, подлежащие управлению цифровыми системами	отчет лабораторных работ, ответ на зачете.	Студент демонстрирует значительное (частичное) понимание заданий. Все (основные) требования, предъявляемые к заданию выполнены.	Студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.
	владеть навыками выявления участков механосборочного производства подлежащих управлению цифровыми системами	отчет лабораторных работ, ответ на зачете.	Студент демонстрирует значительное (частичное) понимание заданий. Все (основные) требования, предъявляемые к заданию выполнены.	Студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.
ПК-2	знать методологию и технологию исследования автоматизируемого объекта с целью	отчет лабораторных работ, ответ на зачете.	Студент демонстрирует значительное (частичное) понимание заданий. Все (основные) требования, предъявляемые к заданию выполнены.	Студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.

	внедрения цифровых систем управления			
	уметь оценивать результаты внедрения цифровых систем управления	отчет лабораторных работ, ответ на зачете.	Студент демонстрирует значительное (частичное) понимание заданий. Все (основные) требования, предъявляемые к заданию выполнены.	Студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.
	владеть навыками оценки результатов внедрения цифровых систем управления	отчет лабораторных работ, ответ на зачете.	Студент демонстрирует значительное (частичное) понимание заданий. Все (основные) требования, предъявляемые к заданию выполнены.	Студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию не предусмотрено

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач не предусмотрено

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач не предусмотрено

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основные процессы преобразования информации в цифровых системах.
2. Квантование информации. Дискретизация сигнала по уровню и времени.
3. Погрешности при дискретизации и восстановлении сигнала.
4. Решетчатые функции.
5. Преобразование Лапласа решетчатых функций времени.
6. Преобразование Фурье решетчатых функций. Дискретное преобразование Фурье.
7. Восстановление сигнала.
8. Экстраполятор. Экстраполятор нулевого порядка.
9. Z-преобразование.
10. Свойства Z-преобразования.
11. Обратное Z-преобразование.
12. Связь Z-преобразования и преобразования Лапласа.
13. Вычисление Z-представления сигнала.
14. Выходной сигнал линейной системы.
15. Дискретная передаточная функция.
16. Свойства дискретной передаточной функции.
17. Условия реализуемости дискретной передаточной функции.
18. Связь дискретной передаточной функции с импульсной переходной функцией.
19. Полюса передаточной функции и условие устойчивости.
20. Дискретная передаточная функция системы с экстраполятором.
21. Построение дискретных моделей объектов управления на основе непрерывных моделей.
22. Разностные уравнения.
23. Структурная схема цифрового фильтра. БИХ и КИХ фильтры.
24. Аппаратная и программная реализация фильтров.
25. Дискретное представление дифференциальных уравнений непрерывных ПИД-регуляторов.
26. Алгоритмы управления первого и второго порядка.
27. Цифровая модель ПИД-регулятора.

28. Компенсационные регуляторы.
29. Регуляторы с конечным временем установления.
30. Регуляторы для объектов с исполнительными механизмами постоянной скорости.
31. Регуляторы для объектов с интегрирующим исполнительным механизмом.
32. Структура и функционирование интерфейсов. Проектирование интерфейсов.
33. Программируемый таймер и контроллер прерываний.
34. Прерывания.
35. Отсчет реального времени в ЭВМ.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по вопросам, приведенным в п. 7.2.4. Как правило, студенту задается 2 вопроса. При неполном ответе на поставленные вопросы студенту могут задаваться дополнительные вопросы.

Ответ на каждый вопрос (включая дополнительные) оценивается по четырехбалльной системе:

- «отлично» (5 баллов);
- «хорошо» (4 балла);
- «удовлетворительно» (3 балла);
- «неудовлетворительно» (2 балла).

Оценка «отлично» (5 баллов) выставляется в случае, если студент демонстрирует полное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

Оценка «хорошо» (4 балла) выставляется в случае, если студент демонстрирует значительное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

Оценка «удовлетворительно» (3 балла) выставляется в случае, если студент демонстрирует частичное понимание заданий. Основные требования, предъявляемые к заданию, выполнены.

Оценка «не удовлетворительно» (2 балла) выставляется в случае, если студент демонстрирует непонимание заданий; нет ответа, не было попытки выполнить задание.

Итоговая оценка определяется как среднеарифметическое. Если итоговая оценка больше или равна 2,7 - студенту выставляется оценка «зачтено», в противном случае – «не зачтено».

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Преобразования информации в цифровых системах	ПК-1, ПК-2	отчет лабораторных работ, вопросы к зачету
2	Z-преобразование и дискретная передаточная функция	ПК-1, ПК-2	отчет лабораторных работ, вопросы к зачету
3	Цифровые регуляторы	ПК-1, ПК-2	отчет лабораторных работ, вопросы к зачету
4	Аппаратная и программная реализация цифровых систем управления на ЭВМ	ПК-1, ПК-2	отчет лабораторных работ, вопросы к зачету
5	Промышленные МП системы управления и управляющие комплексы	ПК-1, ПК-2	отчет лабораторных работ, вопросы к зачету

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

- Карпов А.Г. Цифровые системы автоматического регулирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Карпов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. — 216 с. — 978-5-86889-716-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72217.html>, по паролю
- Решмин Б.И. Имитационное моделирование и системы управления [Электронный ресурс] / Б.И. Решмин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2016. — 74 с. — 978-5-9729-0120-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51719.html>, по паролю
- Винокуров В.М. Цифровые системы передачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Винокуров. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 160 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13999.html>, по паролю

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- Консультирование посредством электронный почты/Zoom/Discord.
- Образовательный портал ВГТУ <https://old.education.cchgeu.ru/>
- Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
- Электронная библиотека <http://www.iprbookshop.ru/85987.html>
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Ауд. № 1014. Лаборатория цифровых систем управления

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Цифровые системы управления» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.