

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ПИШ:

_____ Тумасов А.В.
подпись ФИО

“19” МАРТА 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.2 Оптимальное цифровое управление техническими объектами
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки магистров

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность: Цифровые технологии управления технологическими процессами атомных станций нового поколения

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2024

Выпускающая кафедра ВСТ

Кафедра-разработчик ВСТ

Объем дисциплины 144/4
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчики: Жевнерчук Д.В., д.т.н., доцент

Нижний Новгород, 2024

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 918 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 23.04.2024 № 14

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры ВСТ протокол от 05.03.2024 № 4

Зав. кафедрой д.т.н, доцент, Жевнерчук Д.В. _____
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, Протокол от 19.03.2024 № 2

Председатель УМС, директор института _____ А.В. Мякинков
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 09.04.01-ц-14
Начальник МО _____ Н.Р. Булгакова

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1 Цель освоения дисциплины	4
1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	5
4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПВО	5
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
5.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ.....	6
5.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	7
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
6.1 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
6.2 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	9
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
8.1 Перечень информационных справочных систем.....	11
8.2 Перечень свободно распространяемого программного обеспечения	11
8.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем.....	11
9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	12
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	12
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
11.1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	13
11.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	14
11.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	14
11.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА КУРСОВОЙ РАБОТЕ	14
11.5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	14
12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
12.1 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА В ХОДЕ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ.....	15

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Оптимальное цифровое управление техническими объектами» является развитие компетенций в области теории автоматического управления, теории оптимального управления техническими системами, а также применения математических методов теории управления к решению практических профессиональных задач.

1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля)

Дисциплина «Оптимальное цифровое управление техническими объектами» способствует подготовке студентов к решению следующих профессиональных задач:

- Проведение системного анализа процессов в автоматизированных системах управления.
- Моделирование и исследование процессов в автоматизированных системах управления
- Разработка моделей и алгоритмов хранения и обработки больших данных, в том числе для решения задачи обучения систем AI.
- Контроль, оценка эффективности проектов в сфере АСУ ТП атомных станций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Б1.В.ОД.2 «Оптимальное цифровое управление техническими объектами» включена в перечень обязательных дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

- «Алгоритмы обработки сигналов в системах управления»;
- «Системы контроля и управления атомными станциями»;
- «Нейросетевые системы управления»;
- «Цифровая схемотехника»;
- «Технологические процессы в атомной отрасли».

Дисциплина «Оптимальное цифровое управление техническими объектами» является основополагающей для преддипломной практики, выполнения и защиты ВКР.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)¹

Таблица 3.1 - Формирование компетенций дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/магистра»			
	1	2	3	4
ПК-2 (Способен выбирать и применять методы системного анализа для формирования требований и подготовки технического задания на разработку АСУ ТП)				
Технологические процессы в атомной отрасли				
Физика атомных реакторов				
Оптимальное цифровое управление техническими объектами				
Научно-исследовательская работа				
Преддипломная практика				
Выполнение и защита ВКР				
ПК-6 (Способен применять модели и методы искусственного интеллекта для управления технологическими процессами)				
Нейросетевые системы управления				
Оптимальное цифровое управление техническими объектами				
Преддипломная практика				
Выполнение и защита ВКР				

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПВО

Таблица 4.1 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-2. Способен выбирать и применять методы системного анализа для формирования требований и подготовки технического задания на разработку АСУ ТП	ИПК-2.1. Выбирает методы системного анализа для формирования требований к АСУ ТП ИПК-2.2. Применяет методы системного анализа для подготовки технического задания на разработку АСУ ТП	Знать: – основные методы решения задач цифрового управления в технических системах	Уметь: – выполнять формальное описание алгоритмов решения задач оптимизации – реализовывать алгоритмы решения задач оптимизации управления	Владеть: – основными методами решения задач оптимизации цифрового управления – навыками разработки и отладки алгоритмов цифрового управления	Выполнение лабораторных работ, выполнение курсовой работы	Вопросы для экзамена – 30 вопросов
ПК-6. Способен применять модели и методы искусственного интеллекта для управления технологическими процессами	ИПК-6.1. Применяет модели искусственного интеллекта для управления технологическими процессами ИПК-6.2. Применяет методы искусственного интеллекта для управления технологическими процес-	Знать: – основные варианты использования алгоритмов цифрового управления	Уметь: – реализовывать алгоритмы решения задач оптимизации управления – выполнять исследование основных методов решения задач синтеза опти-	Владеть: – подходами к использованию алгоритмов решения задач оптимизации цифрового управления		

	сами		мального цифро- вого управления			
--	------	--	------------------------------------	--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач. ед. 216 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		3 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	59	59
1.1 Аудиторная работа, в том числе:	51	51
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)		
лабораторные работы (ЛР)	34	34
1.2 Внеаудиторная, в том числе	8	8
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	58	58
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	28	28
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	30	30
Подготовка к экзамену (контроль)	27	27
Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)		

5.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 5.2 - Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)					Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа				Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции (час)	Лабораторные работы (час)	Практические занятия (час)	КСР						
Раздел 1. Введение											
ПК-2. ИПК-2.1. ИОПК-2.2. ПК-6. ИПК-6.1. ИПК-6.2.	Тема 1.1 Общие сведения. Основные определения.	1				5	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция-консультация.			
	Итого по 1 разделу	1				5					
Раздел 2. Математические модели и системные свойства систем с цифровым управлением											
ПК-2. ИПК-2.1. ИОПК-2.2. ПК-6. ИПК-6.1. ИПК-6.2.	Тема 2.1 Уравнения состояния систем с цифровым управлением. Синхронные и несинхронные системы	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция-консультация.			
	Тема 2.2 Управляемость и наблюдаемость дискретных систем с запаздываниями.	2				3	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция-консультация.			
	Итого по 2 разделу	4			2	5					
Раздел 3. Оптимальные алгоритмы цифрового управления											
ПК-2. ИПК-2.1. ИОПК-2.2. ПК-6. ИПК-6.1. ИПК-6.2.	Тема 3.1 Синтез оптимальных алгоритмов управления для синхронной системы	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция-консультация.			
	Лабораторная работа 1: Построение детерминированного дискретного регулятора		8			2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция-консультация.			
	Тема 3.2. Алгоритмы оптимального управления многосвязными объектами при постоянных возмущениях	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция-консультация.			
	Лабораторная работа 2: Построение оптимального изо-		8			2	Работа над индивидуальным заданием по ЛР	Видео-лекция. Лекция-			

Планируемые (контролируе- мые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы до- стижения компе- тенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)					Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образователь- ных технологий	Реализация в рамках Прак- тической под- готовки (трудоемкость в часах)	Наименование раз- работанного Элек- тронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа				Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции (час)	Лаборатор- ные работы (час)	Практические занятия (час)	КСР						
	дромного регулятора							консультация.			
	Итого по 3 разделу	4	16		2	8					
Раздел 4. Оптимальное управление при наличии случайных воздействий											
ПК-2. ИПК-2.1. ИОПК-2.2. ПК-6. ИПК-6.1. ИПК-6.2.	Тема 4.1 Синтез оптимального алгоритма управления при нали- чии случайных воздействий	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция- консультация.			
	Тема 4.2. Алгоритм оптимального оценивания вектора состояния	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция- консультация.			
	Тема 4.3. Субоптимальные алго- ритмы оценивания вектора состоя- ния	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция- консультация.			
	Лабораторная работа 3: Реализация алгоритма оптималь- ного оценивания вектора состоя- ния		8			2	Работа над индивиду- альным заданием по ЛР	Видео-лекция. Лекция- консультация.			
	Итого по 4 разделу	6	8		2	8					
Раздел 5. Программное обеспечение проектирования и моделирования систем с цифровым управлением											
ПК-2. ИПК-2.1. ИОПК-2.2. ПК-6. ИПК-6.1. ИПК-6.2.	Тема 5.1 Программное обеспече- ние проектирования систем с циф- ровым управлением	2				2	Подготовка к лекциям [1-4]	Видео-лекция. Лекция- консультация.			
	Лабораторная работа 4: Основные функции ПО систем с цифровым управлением		10			2	Работа над индивиду- альным заданием по ЛР	Видео-лекция. Лекция- консультация.			
	Итого по 5 разделу	2	10		2	4					
	Подготовка курсовой работы					28					
	Подготовка к экзамену (кон- троль)					27					
	Итого за семестр	17	34		8	58					

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

6.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Комплект оценочных средств является неотъемлемой частью ФОС и хранится на кафедре «Вычислительные системы и технологии».

6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. Формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации знаний.

Таблица 6.1 – При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен
$40 < R \leq 50$	Отлично
$30 < R \leq 40$	Хорошо
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6.2 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-2. Способен выбирать и применять методы системного анализа для формирования требований и подготовки технического задания на разработку АСУ ТП	ИПК-2.1. Выбирает методы системного анализа для формирования требований к АСУ ТП ИПК-2.2. Применяет методы системного анализа для подготовки технического задания на разработку АСУ ТП	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает оптимизационные задачи управления, терминологию, основные понятия и определения, математические методы теории управления	Фрагментарные, поверхностные знания оптимизационных задач управления, терминология, основные понятия и определения, математические методы теории управления	Знает оптимизационные задачи управления, терминологию, основные понятия и определения, математические методы теории управления	Имеет глубокие знания оптимизационных задач управления, терминологию, основные понятия и определения, математические методы теории управления. Все лабораторные работы выполнены на высоком уровне
ПК-6. Способен применять модели и методы искусственного интеллекта для управления технологическими процессами	ИПК-6.1. Применяет модели искусственного интеллекта для управления технологическими процессами ИПК-6.2. Приме-	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает оптимизационные задачи управления, терминологию, основные понятия и	Фрагментарные, поверхностные знания оптимизационных задач управления, терминология, основные понятия и определения, мате-	Знает оптимизационные задачи управления, терминологию, основные понятия и определения, математические	Имеет глубокие знания оптимизационных задач управления, терминологию, основные понятия и определения, ма-

	няет методы искусственного интеллекта для управления технологическими процессами	определения, математические методы теории управления	математические методы теории управления	методы теории управления	тематические методы теории управления. Все лабораторные работы выполнены на высоком уровне
--	--	--	---	--------------------------	--

Таблица 6.3 - Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

7.1.1. Кондратьев В.В. Цифровое управление многосвязными объектами с запаздываниями: Учеб.пособие / В.В. Кондратьев; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород: [Б.и.], 2013. - 199 с.

7.1.2. Управление технологическими процессами и производствами. Объекты и методы управления: Учеб.пособие / Э.М. Мончарж [и др.]; НГТУ им.Р.Е.Алексеева, Дзерж.политехн.ин-т (фил.). - Н.Новгород: [Изд-во НГТУ], 2019. - 88 с.

7.1.3. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления: Пер.с англ. / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребен, М.Э. Сальгадо. - М.: БИНОМ. Лаб.знаний, 2004. - 911 с.

7.2 Справочно-библиографическая литература

— учебники и учебные пособия

7.2.1 Онлайн-книга: Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Цифровые системы управления: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2019. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2526.pdf>

7.2.2 Онлайн-книга: Зырянов Г.В. Цифровые системы управления. Конспект лекций по дисциплине: Теоретические основы автоматизированного управления. Челябинск. ЮУрГУ. 2019.

https://su.susu.ru/lk/f/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF_%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86_%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%86_%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80_%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D0%90%D0%A3.pdf

7.3 Перечень журналов по профилю дисциплины:

7.3.1 Научно-технический и научно-производственный журнал Информационные технологии Журнал "Информационные технологии" (novtex.ru).

- 7.3.2 Информационные ресурсы России. Российская ассоциация электронных библиотек. Информационные Ресурсы России — Российская ассоциация электронных библиотек (aselibrary.ru).
- 7.3.3 Журнал «Информационные технологии и вычислительные системы». Журнал «Информационные технологии и вычислительные системы» - About journal (jitcs.ru)

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Материалы лекций (слайды), указания по выполнению лабораторных работ, в электронном варианте находятся на кафедре «Вычислительные системы и технологии». Их электронные варианты на электронные адреса групп в начале семестра.

8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом свободно распространяемого программного обеспечения (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

8.1 Перечень информационных справочных систем

Таблица 8.1 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

8.2 Перечень свободно распространяемого программного обеспечения

Таблица 8.2 – Программное обеспечение, используемое студентами очного обучения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
-	Adobe Acrobat Reader (https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html)
	Linux (https://www.linux.com/)
	OpenOffice (FreeWare) https://www.openoffice.org/ru/
	Редактор блок-схем (https://app.diagrams.net/)

8.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 8.3 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 8.3 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
3	Каталог паттернов проектирования	https://refactoring.guru/ru/design-patterns/catalog

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 9.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.ntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 9.1 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата и проведения лабораторных работ для студентов очного, очно-заочного и заочного обучения, включает в себя компьютерный класс:

Ауд. 6567 ПИШ НГТУ

Рабочее место студента – 12.

Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения:

ПК на базе процессора Intel – 12 шт.

Терминалы «Эльбрус 801-miniPC» ТВГИ.466256.011 – 2 шт.

Источники бесперебойного питания Ippon Back Basic 1500 – 2 шт.

Высокопроизводительный сервер.

Программное обеспечение:

Ubuntu Linux (свободное ПО)

VirtualBox (свободное ПО)

Комплект разработчика для ЗОСРВ «Нейтрино» (КПДА.96901-01, заводской номер 22027)

Комплект разработчика для ЗОСРВ «Нейтрино-Э» (КПДА.10965-01, заводской номер 22007)

ЗОСРВ «Нейтрино» (КПДА.10964-01, заводской номер 22178)

ЗОСРВ «Нейтрино-Э» (КПДА.96904-01, заводской номер 22002

Также, для самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- аудитория 6543;
- аудитория 6545 (Проектор Accer – 1 шт; ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19` – 11 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета).

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При преподавании дисциплины «Оптимальное цифровое управление техническими объектами», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса может сопровождаться компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и что дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Электронные материалы лекций в период дистанционного обучения отправляются по электронной почте на адреса групп и могут быть получены до чтения лекций и проработаны студентами в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием современных информационных технологий: электронная почта, мессенджеры, Zoom, Discord.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с заданиями, вопросами, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически излагает учебный материал; справляется с заданиями, вопросами, требующих

применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

11.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 5.2). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

11.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

При оценивании практических занятий учитывается следующее:

- качество решения индивидуальных задач
- качество оформления решения;
- качество устных ответов на дополнительные вопросы.

11.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 7.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы, указанных в Разделе 10. В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11.5 Методические указания по освоению дисциплины на курсовой работе

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы являются частью УМК и хранятся на кафедре «Вычислительные системы и технологии».

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая выполнение и защиту лабораторных работ для студентов очной формы обучения. Экзамен для студентов очной формы обучения в 3 семестре.

Типовые задания для лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы являются частью УМК и хранятся на кафедре «Вычислительные системы и технологии».

Примерная тематика курсовых работ

1. Сравнение стационарных и нестационарных систем с запаздываниями
2. Сравнение стационарных и нестационарных дискретных систем с запаздываниями
3. Управление детерминированными многосвязными объектами с запаздываниями
4. Управление стохастическими объектами с запаздываниями
5. Цифровое управление многосвязными объектами с запаздываниями

Типовые задания для текущего контроля знаний обучающихся:

1. Уравнение объекта имеет вид

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -0,2x_1(t) + 0,2x_2(t - 3) \\ \dot{x}_2(t) = -0,5x_2(t) + 0,5u(t) \end{cases}$$

Получить дискретную модель с интервалом дискретности $T = 1$ и исследовать ее управляемость.

2. Дана модель непрерывной системы

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -x_1(t) + u(t) \\ \dot{x}_2(t) = -x_1(t - 1) \\ \dot{x}_3(t) = x_2(t - 1) \end{cases}$$

Получить дискретную модель синхронной системы с интервалом дискретности $T = 1$ и исследовать ее относительную и полную управляемость.

3. Образец контрольных вопросов по разделу 2:

1. Способы получения дискретных моделей непрерывных объектов.
2. Алгоритм получения дискретной модели.
3. Уравнения состояния в дискретном времени.
4. Критерии управляемости и наблюдаемости дискретных систем.

4. Образец контрольных вопросов по разделу 4:

1. Задача оптимального линейного регулятора при случайных воздействиях.
2. Отличительные особенности от решения задачи при детерминированных воздействиях.
3. Алгоритмы восстановления вектора состояния.
4. Структурная схема системы с управлением при воздействии случайных помех.

Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена для студентов очной формы обучения:

Перечень вопросов и заданий для подготовки и проведения экзамена, для оценки сформированности компетенций (ПК-2. ИПК-2.1. ИПК-2.2.)

1. Основные способы использования ЭВМ в системах с управлением.

2. Уравнения дискретных систем.
3. Системные свойства систем с цифровым управлением: управляемость, наблюдаемость.
4. Дуальность.
5. Управляемость и наблюдаемость систем при наличии запаздываний.
6. Алгоритм оптимального управления объектом с транспортным запаздыванием.
7. Алгоритмы оптимального управления при наличии запаздываний в параметрах состояния.
8. Оптимальное управление при наличии запаздывания в канале измерения.
9. Основные этапы проектирования системы с цифровым управлением.
10. Построение алгоритма оптимального управления при наличии случайных воздействий.
11. Алгоритм оптимального управления при неполном измерении вектора состояния.
12. Алгоритм оптимальной оценки вектора состояния.
13. Субоптимальные алгоритмы восстановления вектора состояния типа Луенбергера.

**Перечень вопросов и заданий для подготовки и проведения экзамена,
для оценки сформированности компетенций (ПК-6. ИПК-6.1. ИПК-6.2.)**

1. Алгоритмы оптимального управления по выходным параметрам.
2. Алгоритм оптимального управления в случае периодической выдачи управляющих воздействий.
3. Алгоритм оптимального управления в случае периодической выдачи управляющих воздействий и неполной информации о векторе состояния.
4. Алгоритм оптимального управления в случае периодического режима съема информации.
5. Алгоритм оптимального оценивания случаях разных интервалов съема и выдачи информации.
6. Задача нахождения оптимальной стратегии съема информации.
7. Методы идентификации параметров управляемых объектов.

Полный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью ФОС и хранится на кафедре «Вычислительные системы и технологии».