

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:  
\_\_\_\_\_ А.М.Петровский

“ 05 ” \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.6 Оптимизация и оптимальное управление**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки: 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность: Автоматизация и управление

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2022

Выпускающая кафедра Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Кафедра-разработчик Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Объем дисциплины 144/4  
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: к.ф.-м.н., доцент И.А. Федотов

Дзержинск 2022 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РФ от 25 ноября 2020 года № 1452 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 28.04.2022 № 8

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы  
протокол от 05.05.2022 № 6

Зав. кафедрой к.т.н, доцент

\_\_\_\_\_

(подпись)

Л.Ю. Вадова

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

к.т.н, доцент

\_\_\_\_\_

(подпись)

Л.Ю. Вадова

Начальник ОУМБО

\_\_\_\_\_

(подпись)

И.В. Старикова

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: 15.04.04 – 6

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения дисциплины	4
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3.	Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	4
4.	Структура и содержание дисциплины	7
5.	Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины	12
6.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	14
7.	Информационное обеспечение дисциплины	14
8.	Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ	15
9.	Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16
10.	Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины	17
11.	Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	19

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель освоения дисциплины:

Основной целью дисциплины является получение студентами знаний о методах синтеза оптимальных систем автоматического управления и решения задач оптимизации целевой функции с ограничениями различного характера, а также развитие навыков практического применения аппарата с помощью современных программных комплексов.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

Задачами освоения дисциплины является:

- Формирование знаний
  - получение знаний о задачах, решаемых в теории оптимального управления, математическом аппарате теории, методах постановки и решения задач оптимального управления и оптимизации
- Формирование умений
  - умение проводить анализ объекта управления, с последующим построением его математической модели.
  - умение проводит синтез систем оптимального управления
- Формирование навыков
  - владеть навыками постановки и решения задач оптимального управления техническими системами с использованием математического аппарата теории.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Оптимизация и оптимальное управление» включена в перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах ОП бакалавриата: «История и методология науки об управлении», «Защита интеллектуальной собственности» и «Методология научного творчества».

Дисциплина «Оптимизация и оптимальное управление» является основополагающей для выполнения выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Оптимизация и оптимальное управление» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

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

Таблица 1 – Формирование компетенций ОПК-1 и УК-1 дисциплинами УП

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами.			
	1	2	3	4
Код компетенции ОПК-1				
Оптимизация и оптимальное управление				
История и методология науки об управлении				
Научно-исследовательская работа				
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				

<b>Код компетенции УК-1</b>				
Оптимизация и оптимальное управление				
Защита интеллектуальной собственности				
Методология научного творчества				
Ознакомительная практика				
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – 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
<b>ОПК-1</b> Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	<b>ИОПК 1.3.</b> Способен выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	<b>Знать:</b> Основы вариационного исчисления, фундаментальные законы физики	<b>Уметь:</b> Конструировать математические модели систем технических устройств на основе оптимального управления	<b>Владеть:</b> Навыками составления алгоритмов решающих поставленную задачу	Тестирование в системе MOODLE.	Вопросы для устного собеседования: билеты (30 билетов)
<b>УК-1</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	<b>ИУК-1.5.</b> Предлагает к реализации различные стратегии, определяет возможные риски и пути их устранения	<b>Знать:</b> Стандартные технические решения, используемые при формировании систем управления и автоматизации технологических процессов	<b>Уметь:</b> Использовать необходимый математический аппарат для построения и анализа математических моделей систем технических устройств	<b>Владеть:</b> Навыками решения дифференциальных уравнений конечными методами		

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед./144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

#### Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
- лекции (Л)	4	4
- лабораторные работы (ЛР)	-	-
- практические занятия (ПЗ)	30	30
- практикумы (П)	-	-
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамены)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>Вид промежуточной аттестации экзамен</b>	<b>Экзамен/54</b>	<b>Экзамен/54</b>
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	<b>144/4</b>	<b>144/4</b>

### 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблице 4.

В столбце «Вид СР» введены следующие сокращения:

«**Лекции**» – предполагает изучение материалов учебников и учебных пособий для подготовки к лекциям и повторение материала после прослушивания лекции для участия в обсуждениях на практических занятиях.

«**Практика**» – предполагает использование методических разработок для помощи при решении индивидуальных задач из задачников.

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1. – Содержание дисциплины, структурированное по темам для обучающихся очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ОПК, УК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				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 обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>2 семестр</b>									
<b>ОПК-1</b>	<b>Тема 1.1 Оптимальное управление</b> Принципы построения динамических моделей, уравнение Лагранжа 2-го рода, Проектирование функционала. Метод функции Ляпунова	1	-	-	2	Чтение разделов книги 6.1.1	Собеседование		
	<b>Тема 1.2 Оптимальное управление</b> Матричные уравнения Риккати, Линейные матричные неравенства	1		-	2	Чтение разделов книги 6.1.1	Собеседование		
<b>УК-1</b>	<b>Тема 2.1 Техника решения задач оптимального управления</b> Решение задач оптимального управления в системе Matlab	-	-	1	2	Чтение разделов книги 6.1.1	Собеседование		
	<b>Тема 2.2 Техника решения задач оптимального управления</b> Решение задач оптимального управления на языке Julia	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.3	Собеседование		
<b>ОПК-1</b>	<b>Тема 3.1 Прикладная динамика</b> Математические модели химической технологии	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.2	Собеседование		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ОПК, УК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				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 обучающегося (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 3.2 Прикладная динамика</b> Математические модели механических систем	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.2	Собеседование		
	<b>Тема 3.3 Прикладная динамика</b> Математические модели электрических систем	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.2 и 6.1.4	Собеседование		
	<b>Тема 3.4 Прикладная динамика</b> Математические модели гибридных систем, прикладная динамика	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.2 и 6.1.4	<b>Тестирование</b>		
<b>ОПК-1</b>	<b>Тема 4.1 Функционалы</b> Введение функционала в систему	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.5	Собеседование		
	<b>Тема 4.2 Функционалы</b> Метод функции Ляпунова	-		1	2	Чтение разделов книги 6.2.1	Собеседование		
	<b>Тема 5.1 Методы постановки задачи</b> Матричные уравнения, методы решения	-		1	2	Чтение разделов книги 6.2.1 и 6.2.2	Собеседование		
	<b>Тема 5.2 Методы постановки задачи</b> Сведение к задаче линейных матричных неравенств	-		1	2	Чтение разделов книги 6.2.1 и 6.2.2	Собеседование		
<b>УК-1</b>	<b>Тема 6.1 Типы оптимального управления</b> Линейно-квадратичное управление	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.1	Собеседование		
	<b>Тема 6.2 Типы оптимального управления</b> Гарантирующее управление	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.1	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ОПК, УК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				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 обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 6.3 Типы оптимального управления</b> Гамма-оптимальное управление	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.1	Собеседование		
	<b>Тема 7.1 Прикладные аспекты</b> Наблюдатели состояния	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.2	Собеседование		
<b>УК-1</b>	<b>Тема 7.2 Прикладные аспекты</b> Дискретные системы управления, переход от аналогового к дискретному виду	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.2	Собеседование		
<b>УК-1</b>	<b>Тема 7.3 Прикладные аспекты</b> Моделирования систем управления, аналоговый вид/матричная экспонента	-		1	2	Чтение разделов книги 6.1.3	Собеседование		
<b>ОПК-1</b>	<b>Тема 8.1 Оптимизация</b> Задачи оптимизации, понятие выпуклости. Градиентные/безградиентные методы. Методы Ньютона	1		-	1	Чтение разделов книги 6.1.4	Собеседование		
<b>ОПК-1</b>	<b>Тема 8.2 Оптимизация</b> Понятие двойственности. Методы внутренней точки – линейные матричные неравенства	1		-	1	Чтение разделов книги 6.2.2	<b>Тестирование</b>		
<b>УК-1</b>	<b>Тема 9.1 Техника решения задач оптимизации</b> Методы оптимизации в системе Matlab	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.3 и 6.1.4	Собеседование		
<b>УК-1</b>	<b>Тема 9.2 Техника решения задач оптимизации</b> Методы оптимизации в языке Julia	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.3 и 6.1.4	Собеседование		

УК-1	<b>Тема 10.1 Метод наименьших квадратов</b> Метод наименьших квадратов LS	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.4 и 6.2.2	Собеседование		
УК-1	<b>Тема 10.2 Метод наименьших квадратов</b> Решения задач через Matlab/Julia	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.4 и 6.2.1	Собеседование		
УК-1	<b>Тема 11.1 Линейное программирование</b> Линейное программирование LP	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.4 и 6.2.1	Собеседование		
УК-1	<b>Тема 11.2 Линейное программирование</b> Решения задач через Matlab/Julia	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.4 и 6.2.2	<b>Тестирование</b>		
УК-1	<b>Тема 12.1 Квадратичное программирование</b> Квадратичное программирование QP	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.5	Собеседование		
УК-1	<b>Тема 12.2 Квадратичное программирование</b> Решения задач через Matlab/Julia	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.3 и 6.2.2	Собеседование		
УК-1	<b>Тема 13.1 Геометрическое программирование</b> Геометрическое программирование GP	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.2 и 6.2.2	Собеседование		
УК-1	<b>Тема 13.2 Геометрическое программирование</b> Решения задач через Matlab/Julia	-		1	1	Чтение разделов книги 6.1.3 и 6.1.4	Собеседование		
ОПК-1	<b>Тема 14.1 Полуопределенное программирование</b> Синтез динамического регулятора по измеряемому выходу через LMI - SDP (Matlab/Julia)	-		2	1	Чтение разделов книги 6.1.5 и 6.2.1	Собеседование		
ОПК-1	<b>Тема 14.2 Полуопределенное программирование</b> Синтез динамического регулятора через LMI - SDP (Matlab/Julia)	-		2	1	Чтение разделов книги 6.1.5 и 6.2.1	<b>Итоговое тестирование</b>		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>4</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>50</b>				

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- 1) Тесты для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся
- 2) Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль)
- 3) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)
- 4) Задания к практическим занятиям

### 5.2. 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 обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 5-7.

Таблица 5 – Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы				Сроки выполнения	Дополнительные баллы за своевр. выполн.	Дополнительные баллы за качество	Штрафные баллы	
		1	2	3	4				За нарушение сроков	За качество
Тестирование	4	8	8	8	8	ежемесячно	1			
Посещение занятий (участие в обсуждениях задач)	34	До 2 баллов за одно занятие				еженедельно	1		По -1 баллу за 1 пропуск	

Таблица 6 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично) - зачтено	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает обучающийся, 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) - зачтено	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает обучающийся, 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) - зачтено	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает обучающийся, 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) – не зачтено	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Таблица 7 – 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» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
<b>ОПК-1</b> Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	<b>ИОПК 1.3.</b> Способен выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ теории динамических систем управления, не может использовать их в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по теории управления и методам оптимизации. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения. Обладает хорошими практическими навыками синтеза систем управления и оптимизации	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
<b>УК-1</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	<b>ИУК-1.5</b> Предлагает к реализации различные стратегии, определяет возможные риски и пути их устранения				

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература

**6.1.1. Алюшин В.М.** Методы оптимального управления: Учебное пособие. / Алюшин В.М., Колобашкина Л.В. – Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт» // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/175406>;

**6.1.2. Первозванский А.А.** Курс теории Автоматического управления / Первозванский А.А. – 2-изд. Лань 2010 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/68460>;

**6.1.3 Лубенцова Е.В.** Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов: учебное пособие. / Лубенцова Е.В., Лубенцов В.Ф. – Северо-Кавказский федеральный университет 2015 // Лань: электронно-библиотечная система.– URL: <https://e.lanbook.com/book/155120>;

**6.1.4. Лубенцова Е.В.** Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов: практикум для лабораторных и практических занятий. / Лубенцова Е.В., Лубенцов В.Ф.– Северо-Кавказский федеральный университет 2015. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/155078>;

**6.1.5. Городецкий С.Ю.** Лекции по вариационному исчислению и оптимальному управлению: Учебно-методическое пособие / Городецкий С.Ю. – Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского 2020 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/144697>.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

### 6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

**6.2.1 Устойчивость движения. Ч.1. Второй (прямой) метод Ляпунова [Текст и электронные текстовые данные]:** метод. указания для обучающихся направления подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» очной формы обучения. В 2 ч. Ч.1. Второй (прямой) метод Ляпунова / ДПИ НГТУ; сост.: И.Ю. Харитонов, Ю.А. Латухина.– Дзержинск, 2018. – 23 с.

**6.2.2 Устойчивость движения. Ч.2. Устойчивость по первому приближению [Текст и электронные текстовые данные]:** метод. указания для обучающихся направления подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» очной формы обучения. В 2 ч. Ч.2. Устойчивость по первому приближению / ДПИ НГТУ; сост.: И.Ю. Харитонов, Ю.А. Латухина. – Дзержинск, 2018. – 30 с.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### 7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

## 7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9 – Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>
3	Консультант Плюс	Julia programming language & compiler <a href="https://julialang.org/">https://julialang.org/</a>

## Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 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.

Таблица 10 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	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 РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>
4	Справочная правовая система «Консультант-Плюс»	доступ из локальной сети

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 11 – 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

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

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

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 12 – Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1433а Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	
2	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультиме-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> </ul>



№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	дигитайзер, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20" – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт.; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
3	<b>1443а</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17" – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Visual C++</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox (свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. 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.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования в среде MOODLE.

При преподавании дисциплины «Оптимизация и оптимальное управление», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе на в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся 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 как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

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

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня форсированности компетенции применяется бально-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в третьем семестре (на 2 курсе) в форме экзамена, с учетом текущей успеваемости.

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

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если обучающийся 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.

## **10.2. 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 и 6). 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 практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Подготовку к каждому практическому занятию обучающийся должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная задача с оформленным ответом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании практических работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень ответственности результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы 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 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 12). 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. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- проведение практических занятий;
- выполнение заданий для самостоятельной работы
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса.

##### **11.1.1. Типовые задания для практических занятий**

**Пример задания к практическому занятию № 1: «Техника решения задач оптимального управления»**

1. Написать процедуру подключения решателей и библиотек с необходимыми входными параметрами для системы Matlab
2. Написать процедуру подключения пакетов с необходимыми входными параметрами для языка Julia

**Пример задания к практическим занятиям № 2,3: «Прикладная динамика»**

1. Вывести на основе ур-я Лагранжа 2-го рода уравнение двойного перевернутого маятника
2. Вывести на основе ур-й Лагранжа 2-го рода математическую модель пьезомеханической системы.

**Пример задания к практическому занятию № 4: «Функционалы»**

1. Сформировать функционал к динамической системе как штрафную квадратичную форму от состояния системы и управлений

2. Вывести на основе метода функции Ляпунова уравнения устойчивости управляемой динамической системы.

**Пример задания к практическому занятию № 5: «Методы постановки задач»**

1. Написать процедуру вывода матричного уравнения Риккати как условие оптимальности системы управления
2. Написать процедуру вывода Линейно-матричного неравенства к задаче синтеза системы управления

**Пример задания к практическим занятиям № 6,7: «Типы оптимального управления»**

1. Написать формулировку решения задачи синтеза линейно-квадратичного управления в виде системы линейно-матричных неравенств.
2. Написать формулировку решения задачи синтеза гарантирующего управления в виде системы линейно-матричных неравенств.
3. Написать формулировку решения задачи синтеза гамма-оптимального управления в виде системы линейно-матричных неравенств.

**Пример задания к практическому занятию № 8: «Прикладные аспекты»**

1. Вывести матричные операторы перехода динамической системы от аналогового к дискретному виду.
2. Описать алгоритм вычисления матричной экспоненты через разложение в ряд Тейлора, основы алгоритма аппроксимации Паде.

**Пример задания к практическому занятию № 9: «Техника решения задач оптимизации»**

1. Описать процедуру использования и параметризации методов `fminsearch` и `fminunc` пакета `Matlab`
2. Описать процедуру подключения и использования пакета `cvx` в языке `Julia`.

**Пример задания к практическому занятию № 10: «Метод наименьших квадратов»**

1. Написать математическую постановку задачи метода наименьших квадратов в матричном виде через процедуру псевдо-обращения матрицы по Муру-Пенроузу.
2. Сформулировать задачу на языке `Julia` используя пакет `cvx`.

**Пример задания к практическому занятию № 11: «Линейное программирование»**

3. Написать математическую постановку задачи метода наименьших квадратов в матричном виде через процедуру псевдо-обращения матрицы по Муру-Пенроузу.
4. Сформулировать задачу на языке `Julia` используя пакет `cvx`.

**Пример задания к практическому занятию № 12: «Квадратичное программирование»**

5. Сформулировать задачу на языке `Julia` используя пакет `cvx`.

**Пример задания к практическому занятию № 13: «Геометрическое программирование»**

6. Сформулировать задачу на языке `Julia` используя пакет `cvx`.

**Пример задания к практическим занятиям № 14,15: «Полуопределенное программирование»**

7. Описать процедуру синтеза динамического регулятора по измеряемому выходу как задачи полуопределенного программирования и решение её через средства пакета `cvx` языка `Julia`.

### **11.1.2. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся**

- 1** Для динамической системы управления:
  1. Выписать систему обобщенных координат для механической системы
  2. Выписать систему обобщенных координат для электрической системы.
  3. Основные принципы сохранения в моделировании химической технологии.
  4. Вывод системы дифференциальных уравнений из ур-я Лагранжа 2 рода, роль обобщенной силы сопротивления.
  
- 2** Для функционалов системы управления динамической системы:
  1. Описать роль квадратичной формы в функционале, как обобщение скалярного возведения в квадрат
  2. Написать уравнение устойчивости динамической системы через функцию Ляпунова
  3. Вывести условие оптимальности (линейно-квадратичной) для матричной динамической системы управления.
  
- 3** Для динамической наблюдаемой системы управления
  1. Вывести условие сходимости наблюдателя состояния.
  2. Усвоить основы вывода асимптотического дифференциатора как системы наблюдения состояния.
  3. Освоить процедуру перехода от матричных уравнений к матричным неравенствам.
  
- 4** Для линейных динамических систем:
  1. Освоить аналогию синтеза дискретных систем управления по аналогии к аналоговым.
  2. Освоить условие устойчивости по Ляпунову для дискретных систем.
  3. Описать процедуру перехода к дискретному виду для разных шагов дискретизации.
  
- 5** Для задач оптимизации:
  1. Усвоить понятие выпуклости и методы проверки на выпуклость функции.
  2. Освоить основы методов линеаризации систем.
  3. Уяснить различия методов Ньютона и методов получения Гессиана и градиентов функции.

### **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен (по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования).

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ к экзамену**

1. Понятие динамической системы, SISO/MIMO системы и методы их описания.
2. Метод описания дин.системы с помощью принципа Гамильтона и ур-я Лагранжа 2-го рода.
3. Понятие функционала динамической системы, основные типы.
4. Устойчивость по Ляпунову, метод функции Ляпунова.
5. Матричные ур-я Риккати, их возникновение и методы решения.

6. Линейные матричные неравенства, их возникновение и методы решения.
7. Линейно-квадратичный  $H_2$  регулятор, формулировка и описание.
8. Гарантирующий  $H_\infty$  регулятор, формулировка и описание.
9.  $\gamma$  – Оптимальный регулятор, формулировка и описание.
10. Дискретные системы, метод описания, различия с аналоговыми системами.
11. Методы моделирования динамических систем, аналоговое моделирование, матричная экспонента.
12. Методы Оптимизации, постановка задачи, история возникновения и развития.
13. Выпуклость и понятие двойственности оптимизационной задачи.
14. Градиентные и безградиентные методы, методы Ньютона, обзор и история развития.
15. Задача наименьших квадратов LS.
16. Задача линейного программирования LP.
17. Задача квадратичного программирования QP.
18. Задача геометрического программирования GP.
19. Задача полуопределенного программирования SDP.
20. Линейные матричные неравенства как основной метод синтеза систем управления, сведение к задаче SDP.
21. Этапы синтеза динамического регулятора по измеряемому выходу.
22. Этапы синтеза ПИД регулятора.
23. Методы и средства решения задач оптимизации и оптимального управления в системе Matlab.
24. Методы и средства решения задач оптимизации и оптимального управления в языке Julia.

### 11.2.1. Типовые тестовые задания

#### Тематика вопросов первого тестирования:

- 1) Принципы построения динамических моделей
- 2) Построение ур-я Лагранжа 2 рода
- 3) Проектирование функционала
- 4) Метод функции Ляпунова
- 5) Методы решения задач оптимального управления в системе Matlab
- 6) Примеры решения задач оптимального управления на языке Julia
- 7) Основы Математического моделирования в Химической технологии
- 8) Примеры Мат. Моделирования Механических систем
- 9) Методы матем. моделирования Электрических систем
- 10) Мат. модели гибридных систем
- 11) Задачи прикладной динамики

#### Тематика вопросов второго тестирования:

- 1) Основы применения метода функции Ляпунова
- 2) Методы решения матричных уравнений
- 3) Сведение к задаче линейных матричных неравенств
- 4) Линейно-Квадратичное управление
- 5) Гарантирующее управление
- 6)  $\gamma$ - оптимальное управление
- 7) Наблюдатели состояния
- 8) Дискретные системы управления, переход от аналогового к дискретному виду
- 9) Моделирование систем управления, аналоговый вид/матричная экспонента
- 10) Задачи оптимизации, понятие выпуклости
- 11) Градиентные/безградиентные методы.
- 12) Методы Ньютона

- 13) Понятие двойственности.
- 14) Методы внутренней точки - LMI

**Тематика вопросов третьего тестирования:**

- 1) Методы оптимизации в системе Matlab
- 2) Основы техники решения задач оптимизации
- 3) Основы синтаксиса языка Julia
- 4) Методы оптимизации в языке Julia
- 5) Метод наименьших квадратов LS
- 6) Решения задач оптимизации методом LS через Matlab/Julia
- 7) Линейное программирование LP
- 8) Решения задач оптимизации методом LP через Matlab/Julia

**Тематика вопросов итогового тестирования:**

- 1) Квадратичное программирование QP
- 2) Решения задач оптимизации методом QP через Matlab/Julia
- 3) Геометрическое программирование GP
- 4) Решения задач оптимизации методом GP через Matlab/Julia
- 5) Синтез динамического регулятора через LMI - SDP (Matlab/Julia)
- 6) Синтез PID регулятора через LMI - SDP (Matlab/Julia)
- 7) Дискретные системы управления, переход от аналогового к дискретному виду
- 8) Моделирование систем управления, аналоговый вид/матричная экспонента
- 9) Задачи оптимизации, понятие выпуклости
- 10) Градиентные/безградиентные методы.
- 11) Методы Ньютона
- 12) Понятие двойственности.
- 13) Методы внутренней точки - LMI
- 14) Методы оптимизации в системе Matlab
- 15) Методы оптимизации в языке Julia
- 16) Метод наименьших квадратов LS
- 17) Решения задач оптимизации методом LS через Matlab/Julia
- 18) Линейное программирование LP
- 19) Решения задач оптимизации методом LP через Matlab/Julia

**Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования**

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся	Время на тестирование, мин.
80	12	15

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО MOODLE.