

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе Г.Ю. Нагорная
«26» 03 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимальное управление

Уровень образовательной программы бакалавриат

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Срок освоения ОП 4 года

Институт Цифровых технологий

Кафедра разработчик РПД Математика

Выпускающая кафедра Математика

Начальник
учебно-методического управления Л.У. Семенова

Директор института ЦТ О.И. Алиев

Заведующий выпускающей кафедрой А.М. Кочкиров

г. Черкесск, 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели освоения дисциплины.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	5
4.2. Содержание дисциплины	6
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля.....	
....6	
4.2.2. Лекционный курс	7
4.2.3. Лабораторный практикум.....	9
4.2.4. Практические занятия	10
4.3. Самостоятельная работа обучающегося.....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	14
6. Образовательные технологии.....	18
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	18
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	18
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	19
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение	19
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	20
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий.....	20
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся.....	21
8.3. Требования к специализированному оборудованию.....	21
9. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	22
Приложение 1. Фонд оценочных средств.....	23

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Оптимальное управление» являются:

- изучение принципов построения современных оптимальных и адаптивных систем;
- теоретических основ их анализа, синтеза и исследования;
- приобрести и систематизировать знания по основным разделам теории управления.

При этом *задачами* дисциплины являются:

- приобрести и систематизировать знания по основным разделам теории управления;
- усвоение методов решения задач теории управления;
- формирование умений содержательно интерпретировать полученные результаты;
- формирование представления о месте и роли теории управления в современном мире;
- формирование системы основных понятий, используемых для описания теории управления и методов поиска решений рассматриваемых задач, и раскрытие взаимосвязи этих понятий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Оптимальное управление» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули), имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Дифференциальные уравнения Физика Исследование операций и теория игр	Математические методы обработки информации и принятие решений Технологическая (проектно – технологическая) практика

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика и информатика и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/ индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины, обучающиеся должны:
1	2	3	4
1.	УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм УК-2.2 Практически реализует оптимизационный подход при решении задач различной направленности УК-2.3 Использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры*	
		№ 7	
		Часов	
1	2	3	
Аудиторная контактная работа (всего)	42	42	
В том числе:			
Лекции	14	14	
Практические занятия	28	28	
Контактная внеаудиторная работа, в том числе:	2	2	
Индивидуальные и групповые консультации	2	2	
Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)	64	64	
<i>Расчетно-графические работы</i>	10	10	
<i>Подготовка к практическим занятиям</i>	8	8	
<i>Работа с книжными источниками</i>	8	8	
<i>Работа с электронными источниками</i>	8	8	
<i>Подготовка к тестированию</i>	10	10	
<i>Подготовка к промежуточному контролю</i>	10	10	
<i>Самоподготовка</i>	10	10	
Промежуточная аттестация	Экзамен (Э), в том числе	Э(36)	Э(36)
	Прием экзамена, час	0,5	0,5
	Консультация, час	2	2
	СРС, час	33,5	33,5
ИТОГО:			
Общая трудоемкость		144	144
		зач. ед.	4

4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ п/ п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
		Л	ЛР	ПЗ	СР-О	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8
Семестр 7							
1.	Раздел 1. Формализация экстремальных задач. Основные понятия и определения теории управления	2	-	4	8	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа
2	Раздел 2. Дифференциальные уравнения звеньев и систем.	2	-	4	8	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование
3	Раздел 3. Управляемость и наблюдаемость линейных систем	2	-	2	8	12	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование
4	Раздел 4. Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	2	-	4	8	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование
5	Раздел 5. Описание и анализ непрерывных многомерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	2	-	2	8	12	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование
6	Раздел 6. Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	2	-	4	8	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование

7	Раздел 7. Синтез оптимальных непрерывных детерминированных систем. Нахождение оптимального программного управления	-	-	4	8	12	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование
8	Раздел 8. Нахождение оптимального управления с полной обратной связью	2	-	4	8	14	Коллоквиум, контрольные вопросы, Расчетно-графическая работа, Тестирование.
9	Контактная внеаудиторная работа					2	индивидуальные и групповые консультации
10	Промежуточная аттестация					36	Экзамен
Итого часов в 7 семестре:		14	-	28	64	144	
ВСЕГО:		14	-	28	64	144	

4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1.	Раздел 1. Формализация экстремальных задач. Основные понятия и определения теории управления	Тема 1.1 Формализация экстремальных задач.	Краткий исторический обзор возникновения задач теории управления; Предмет теории управления. Простейшие примеры формализации экстремальных задач, основные классы экстремальных задач.	2
		Тема 1.2 Основные понятия и определения теории управления	Система управления, оператор системы, принцип обратной связи; математическая модель СУ, классификация СУ по виду их математической модели; классификация задач расчета СУ (задачи анализа, синтеза,	-

			идентификации).	
2.	Раздел 2. Дифференциальные уравнения звеньев и систем.	Тема 2.1 Решение линейных однородных систем дифференциальных уравнений.	Вывод решения однородных систем дифференциальных уравнений.	2
		Тема 2.2 Решение линейных неоднородных систем дифференциальных уравнений.	Вывод решения неоднородных систем дифференциальных уравнений.	
3.	Раздел 3. Управляемость и наблюдаемость линейных систем	Тема 3.1 Управляемость и наблюдаемость линейных систем.	Критерии управляемости и наблюдаемости линейных систем.	2
4.	Раздел 4. Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	Тема 4.1 Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем	Описание сигналов и систем; элементарные и типовые звенья сложных систем управления	2
		Тема 4.2 Связь структурной схемы с дифференциальным уравнением	Связь структурной схемы с дифференциальным уравнением; принцип суперпозиции; анализ выходных процессов.	
5.	Раздел 5. Описание и анализ непрерывных многомерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	Тема 5.1.Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход; Анализ выходных процессов.	Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход; Анализ выходных процессов.	2

6.	Раздел 6. Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	Тема 6.1 Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций	Одномерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение переходных функций; многомерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение импульсных переходных функций; Линейные системы при случайных воздействиях, описание сигналов и систем, связи вход-выход, анализ выходных процессов.	2
		Тема 6.2 Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью интегральных преобразований	Одномерные стационарные системы при детерминированных воздействиях, применение преобразования Лапласа, связи вход-выход, анализ выходных процессов; Многомерные стационарные системы при детерминированных воздействиях.	
7.	Раздел 7. Синтез оптимальных непрерывных детерминированных систем. Нахождение оптимального программного управления	Тема 7.1 Синтез оптимальных непрерывных детерминированных систем.	Постановка задачи; принцип максимума; оптимальное управление линейными системами.	-
8.	Раздел 8. Нахождение оптимального управления с полной обратной связью	Тема 8.1 Нахождение оптимального управления с полной обратной связью	Постановка задачи; уравнение Беллмана; синтез оптимальных линейных регуляторов	2
Итого часов в 7 семестре:				14
Всего:				14

4.2.3. Лабораторный практикум не предполагается

4.2.4. Практические занятия

№ п/ п	Наименование разде- ла дисциплины	Наименование практи- ческого занятия	Содержание практи- ческого занятия	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1.	Раздел 1. Формализация экстремальных задач. Основные понятия и определения теории управления	Формализация экстремальных задач и их решение	Основные понятия и определения теории управления. Экстремальные задачи	4
2	Раздел 2. Дифференциальные уравнения звеньев и систем.	Решение однородных и неоднородных системы дифференциальных уравнений.	Вывод решения однородных и неоднородных системы дифференциальных уравнений.	4
3	Раздел 3. Управляемость и наблюдаемость линейных систем	Управляемость и наблюдаемость линейных систем.	Критерии управляемости и наблюдаемости линейных систем.	2
4	Раздел 4. Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	Решение непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях.	Вывод решения непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях.	4
5	Раздел 5. Описание и анализ непрерывных многомерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход; Анализ выходных процессов.	Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход; Анализ выходных процессов.	2
6	Раздел 6. Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	Решение непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	Вывод решения непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	4

7	Раздел 7. Синтез опти- мальных непрерывных детерминированных систем. Нахождение оптимального про- граммного управления	Нахождение оптимально- го программного управ- ления	Методы и приемы нахождения опти- мального програм- много управления	4
8	Раздел 8. Нахождение оптимального управ- ления с полной обрат- ной связью	Нахождение оптимально- го управления с полной обратной связью	Методы и приемы нахождения опти- мального управления с полной обратной связью	4
Итого часов в 8 семестре:				28
Всего:				28

4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 7				
1.	Раздел 1. Формализация экстремальных задач. Основные понятия и определения теории управления	1.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач расчетно-графической работы.	4
		1.2	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела.	4
2.	Раздел 2. Дифференциальные уравнения звеньев и систем.	2.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	8
		2.2	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическим занятиям. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Подготовка к тестированию	8
3.	Раздел 3. Управляемость и наблюдаемость линейных систем.	3.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	8
4.	Раздел 4. Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях.	4.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	8

		4.2	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	
5.	Раздел 5. Описание и анализ непрерывных многомерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях.	5.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	8
6.	Раздел 6. Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	6.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	8
		6.2	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Подготовка к тестированию	
7.	Раздел 7. Синтез оптимальных непрерывных детерминированных систем. Нахождение оптимального программного управления.	7.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Подготовка к тестированию	8
8.	Раздел 8. Нахождение оптимального управления с полной обратной связью.	8.1	Проработка лекций - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к коллоквиуму по всем вопросам раздела. Решение задач расчетно-графической работы. Подготовка к тестированию	8
Итого часов в 7 семестре:				64
Всего:				64

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

Лекции составляют основу теоретического обучения и дают систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывают состояние и перспективы развития соответствующей области науки, концентрируют внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируют их активную познавательную деятельность и способствуют формированию творческого мышления.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, сопровождающееся использование мультимедиа аппаратуры.

Лекция является исходной формой всего учебного процесса, играет направляющую и организующую роль в самостоятельном изучении предмета. Важнейшая роль лекции заключается в личном воздействии лектора на аудиторию.

Основная дидактическая цель лекции - обеспечение ориентировочной основы для дальнейшего усвоения учебного материала. Построение лекций по дисциплине «Оптимальное управление» осуществляется на основе принципов научности (предполагает воспитание диалектического подхода к изучаемым предметам и явлениям, диалектического мышления, формирование правильных представлений, научных понятий и умения точно выразить их в определениях и терминах, принятых в науке)

На лекциях раскрываются основные теоретические аспекты, приводятся примеры реализации на практике, освещается достигнутый уровень формализации деятельности по автоматизации процессов.

Специфической чертой изучения данного курса является то, что приобретение умений и навыков работы невозможно без систематической тренировки, которая осуществляется на практических занятиях.

Основное внимание в лекции сосредотачивается на глубоком, всестороннем раскрытии главных, узловых, наиболее трудных вопросов темы. Уже на начальном этапе подготовки лекции решается вопрос о соотношении материалов учебника и лекции.

Для того чтобы лекция для обучающегося была продуктивной, к ней надо готовиться. Подготовка к лекции заключается в следующем:

- узнать тему лекции (по тематическому плану, по информации лектора),
- прочитать учебный материал по учебнику и учебным пособиям,
- уяснить место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке,
- выписать основные термины,
- ответить на контрольные вопросы по теме лекции,
- уяснить, какие учебные элементы остались неясными,
- записать вопросы, которые можно задать лектору на лекции.

В ходе лекционных занятий обучающийся должен вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Указания по конспектированию лекций:

- не нужно стараться записать весь материал, озвученный преподавателем. Как правило, лектором делаются акценты на ключевых моментах лекции для начала конспектирования;

- конспектирование необходимо начинать после оглашением главной мысли лектором, перед началом ее комментирования;
- выделение главных мыслей в конспекте другим цветом целесообразно производить вне лекции с целью сокращения времени на конспектирование на самой лекции;
- применение сокращений приветствуется;
- нужно избегать длинных и сложных рассуждений;
- дословное конспектирование отнимает много времени, поэтому необходимо опускать фразы, имеющие второстепенное значение;
- если в лекции встречаются неизвестные термины, лучше всего отметить на полях их существование, оставить место для их пояснения и в конце лекции задать уточняющий вопрос лектору.

Конспектирование и рецензирование, таким образом, это процесс выделения основных мыслей текста, его осмыслиния и оценки содержащейся в нем информации. Данного вида учебной работы является видом индивидуальной самостоятельной работы обучающегося.

5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям (не предусмотрено)

5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям

В процессе подготовки и проведения практических занятий обучающиеся закрепляют полученные ранее теоретические знания, приобретают навыки их практического применения, опыт рациональной организации учебной работы, готовятся к сдаче зачета с оценкой.

Поскольку активность на практических занятиях является предметом внутри семестрового контроля его продвижения в освоении курса, подготовка к таким занятиям требует ответственного отношения.

При подготовке к занятию в первую очередь должны использовать материал лекций и соответствующих литературных источников. Самоконтроль качества подготовки к каждому занятию осуществляют, проверяя свои знания и отвечая на вопросы для самопроверки по соответствующей теме.

Входной контроль осуществляется преподавателем в виде проверки и актуализации знаний обучающихся по соответствующей теме.

Выходной контроль осуществляется преподавателем проверкой качества и полноты выполнения задания.

Подготовку к практическому занятию каждый обучающийся должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала, а затем изучение обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме.

Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности обучающегося свободно ответить на теоретические вопросы, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий.

Предлагается следующая опорная схема подготовки к практическим занятиям.

1. Ознакомление с темой практического занятия. Выделение главного (основной темы) и второстепенного (подразделы, частные вопросы темы).

2. Освоение теоретического материала по теме с опорой на лекционный материал, учебник и другие учебные ресурсы. Самопроверка: постановка вопросов, затрагивающих основные термины, определения и положения по теме, и ответы на них.

3. Выполнение практического задания. Обнаружение основных трудностей, их решение с помощью дополнительных интеллектуальных усилий и/или подключения дополн-

нительных источников информации.

4. Решение типовых заданий расчетно-графической работы.

Обучающийся при подготовке к практическому занятию может консультироваться с преподавателем и получать от него наводящие разъяснения, задания для самостоятельной работы.

Дидактические цели практического занятия: углубление, систематизация и закрепление знаний, превращение их в убеждения; проверка знаний; привитие умений и навыков самостоятельной работы с книгой; развитие культуры речи, формирование умения аргументировано отстаивать свою точку зрения, отвечать на вопросы слушателей; умение слушать других, задавать вопросы.

Задачи: стимулировать регулярное изучение программного материала, первоисточников; закреплять знания, полученные на уроке и во время самостоятельной работы; обогащать знаниями благодаря выступлениям товарищей и учителя на занятии, корректировать ранее полученные знания.

Функции практического занятия:

-учебная (углубление, конкретизация, систематизацию знаний, усвоенных во время занятий и в процессе самостоятельной подготовки к семинару);

- развивающая (развитие логического мышления учащихся обучающихся, приобретение ими умений работать с различными литературными источниками, формирование умений и навыков анализа фактов, явлений, проблем и т.д.);

- воспитательная (воспитание ответственности, работоспособности, воспитание культуры общения и мышления, привитие интереса к изучению предмета, формирование потребности рационализации и учебно-познавательной деятельности и организации досуга)

- диагностическая -коррекционную и контролирующую (контроль за качеством усвоения обучающимися учебного материала, выявление пробелов в его усвоении и их преодоления)

- организация самостоятельной работы обучающихся содержит объяснение содержания задачи, методики его выполнения, краткую аннотацию рекомендованных источников информации, предложения по выполнению индивидуальных заданий.

5.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает различные формы индивидуальной учебной деятельности: конспектирование научной литературы, сбор и анализ практического материала в СМИ, проектирование, выполнение тематических и творческих заданий и пр. Выбор форм и видов самостоятельной работы определяется индивидуально-личностным подходом к обучению совместно преподавателем и обучающимся. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Оптимальное управление» включает в себя различные виды деятельности:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы);
- составление плана текста;
- конспектирование текста;
- работа со словарями и справочниками;
- ознакомление с нормативными документами;
- исследовательская работа;
- использование аудио- и видеозаписи;
- работа с электронными информационными ресурсами;
- выполнение тестовых заданий;
- ответы на контрольные вопросы;
- аннотирование, реферирование, рецензирование текста;
- составление гlosсария или библиографии по конкретной теме;

- решение задач и упражнений.

Работа с литературными источниками и интернет ресурсами

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий в электронной образовательной среде IPRsmart и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме практического занятия, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

Методические указания по подготовке к тестированию

Успешное выполнение тестовых заданий является необходимым условием для закрепления изученного материала. Тестовые задания подготовлены на основе лекционного материала, учебников и учебных пособий по дисциплине, изданных за последние 5 лет. Форма изложения тестовых заданий позволяет закрепить и восстановить в памяти пройденный материал. Предлагаемые тестовые задания охватывают узловые вопросы теоретических и практических основ по дисциплине. Для формирования заданий использована закрытая и открытая формы вопросов. У обучающегося есть возможность выбора правильного ответа или нескольких правильных ответов из числа предложенных вариантов. А в вопросах открытой формы дополнить самостоятельно. Для выполнения тестовых заданий обучающиеся должны изучить лекционный материал по теме, соответствующие разделы учебников, учебных пособий и других литературных источников. Репетиционные тестовые задания содержатся в рабочей учебной программе дисциплины. С ними целесообразно ознакомиться при подготовке к контрольному тестированию.

Промежуточная аттестация

По итогам 7 семестра проводится экзамен. При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется пользоваться материалами лекции и практических занятий, и материалами, изученными в ходе текущей самостоятельной работы.

Экзамен проводится в устной форме.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ се- мест- ра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов
1	2	3	4	5
1	6	<i>Лекция 1.</i> Формализация экстремальных задач. Основные понятия и определения теории управления	Лекция – информация. Презентация.	4
2	6	<i>Практическое занятие 1.</i> Формализация экстремальных задач и их решение	Учебно-исследовательская работа обучающихся. Решение задач.	6
3	6	<i>Практическое занятие 2.</i> Решение однородных и неоднородных системы дифференциальных уравнений.	Учебно-исследовательская работа обучающихся. Решение задач.	6
4	6	<i>Практическое занятие 3.</i> Решение непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях.	Учебно-исследовательская работа обучающихся. Решение задач.	2
Итого часов 7 семестре:				18
Всего:				18

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Романько, И. Е. Оптимальное управление: учебное пособие / И. Е. Романько. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 190 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62876.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Ким, С. А. Теория управления : учебник для бакалавров / С. А. Ким. — 4-е изд. — Москва : Дашков и К, 2023. — 240 с. — ISBN 978-5-394-05368-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/144262.html>
3. Ягъяева, Л. Т. Основы теории управления : учебное пособие / Л. Т. Ягъяева, Р. К. Нургалиев. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 94 с. — ISBN 978-5-7882-1960-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/79460.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Коробко, В. И. Оптимальное управление : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Государственное и муниципальное управление», «Менеджмент организаций» / В. И. Коробко. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 383 с. —

ISBN 978-5-238-01483-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/81695.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Бурганова, Л. А. Оптимальное управление: практикум / Л. А. Бурганова, Ю. А. Вафина. —2-е изд. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 100 с. — ISBN 978-5-7882-2344-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/95045.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Блинова, Т. А. Оптимальное управление : учебно-методическое пособие / Т. А. Блинова. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2019. — 37 с. — ISBN 978-5-7264-1951-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/95536.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Тяжев, А. И. Теория автоматического управления : учебник / А. И. Тяжев. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 164 с. — ISBN 978-5-904029-64-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71889.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
<http://elibrary.ru>- Научная электронная библиотека.

7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий / договоров
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный сертификат Срок действия: с 24.12.2024 до 25.12.2025
Консультант плюс	Договор № 272-186.С-25-01 от 30.01.2025 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01/07/2025 г. до 30.06.2026 г.
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.

Специализированная мебель:

Кафедра напольная – 1 шт., стул преподавательский мягкий – 1 шт., парты – 18 шт., стулья мягкие – 32 шт., доска меловая – 1 шт.

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Интерактивная система – 1 шт.

Системный блок – 1 шт.

Проектор – 1 шт.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специализированная мебель:

Кафедра настольная – 1 шт., парты – 31 шт., стулья – 54 шт., доска меловая – 1 шт.

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Проектор – 1 шт.

Экран рулонный настенный – 1 шт.

Ноутбук – 1 шт.

3. Помещение для самостоятельной работы. Библиотечно-издательский центр

Отдел обслуживания печатными изданиями. Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место – 21 шт. Стулья – 55 шт. Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: экран настенный – 1 шт.

Проектор – 1 шт. Ноутбук – 1 шт.

Информационно-библиографический отдел. Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место – 6 шт. Стулья – 6 шт.

Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ФГБОУ ВО «СевКавГА»:

Персональный компьютер – 1 шт. Сканер – 1 шт. МФУ – 1 шт.

Отдел обслуживания электронными изданиями. Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место – 24 шт. Стулья – 24 шт.

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Интерактивная система – 1 шт. Монитор – 21 шт. Сетевой терминал – 18 шт. Персональный компьютер – 3 шт. МФУ – 2 шт. Принтер – 1 шт.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Специализированная мебель: Шкаф – 1 шт., стул – 2 шт., кресло компьютерное – 2 шт., стол угловой компьютерный – 2 шт., тумбочки с ключом – 2 шт. Учебное пособие (персональный компьютер в комплекте) – 2 шт.

8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

2. Рабочие места обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

8.3. Требования к специализированному оборудованию

Nem

9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ Оптимальное управление

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оптимальное управление

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
УК –2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)
	УК-2
Раздел 1. Формализация экстремальных задач. Основные понятия и определения теории управления	+
Тема 1.1 Формализация экстремальных задач.	+
Тема 1.2 Основные понятия и определения теории управления	+
Раздел 2. Дифференциальные уравнения звеньев и систем.	+
Тема 2.1 Решение линейных однородных систем дифференциальных уравнений.	+
Тема 2.2 Решение линейных неоднородных систем дифференциальных уравнений.	+
Раздел 3. Управляемость и наблюдаемость линейных систем	+
Тема 3.1 Управляемость и наблюдаемость линейных систем.	+
Раздел 4. Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	++
Тема 4.1 Описание и анализ непрерывных одномерных линейных систем	+
Тема 4.2 Связь структурной схемы с дифференциальным уравнением	+

Раздел 5. Описание и анализ непрерывных многомерных линейных систем с помощью дифференциальных уравнений при детерминированных воздействиях	+
Тема 5.1. Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход; Анализ выходных процессов.	+
Раздел 6. Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций и интегральных преобразований	+
Тема 6.1 Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью переходных функций	+
Тема 6.2 Описание и анализ непрерывных линейных систем с помощью интегральных преобразований	+
Раздел 7. Синтез оптимальных непрерывных детерминированных систем. Нахождение оптимального программного управления	+
Тема 7.1 Синтез оптимальных непрерывных детерминированных систем.	+
Раздел 8. Нахождение оптимального управления с полной обратной связью	+
Тема 8.1 Нахождение оптимального управления с полной обратной связью	+

3. Индикаторы достижения компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

УК–2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

Индикаторы достижения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлств	Удовлств	хорошо	Отлично	Текущий контроль	Промежут очная аттестаци я
УК-2.1 Осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм	Не осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм	Частично осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм	Демонстрирует осуществление поиска оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм	Уверенно осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм	Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование, Расчетно-графическая работа	Экзамен
УК-2.2 Практически реализует оптимизационный подход при решении задач различной направленности	Не реализует на практике оптимизационный подход при решении задач различной направленности	Частично реализует на практике оптимизационный подход при решении задач различной направленности	Практически реализует оптимизационный подход при решении задач различной направленности	Уверенно реализует на практике оптимизационный подход при решении задач различной направленности	Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование, Расчетно-графическая работа	Экзамен
УК-2.3 Использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач	Не использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач	Частично использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач	Использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач	Уверенно использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач	Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование, Расчетно-графическая работа	Экзамен

4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине

Вопросы к Экзамену

по дисциплине «Оптимальное управление»

- 1.** Краткий исторический обзор возникновения задач теории управления;
- 2.** Предмет теории управления.
- 3.** Простейшие примеры формализации экстремальных задач, основные классы экстремальных задач.
- 4.** Система управления, оператор системы, принцип обратной связи;
- 5.** Математическая модель СУ, классификация СУ по виду их математической модели; классификация задач расчета СУ.
- 6.** Решение линейных однородных систем дифференциальных уравнений.
- 7.** Решение линейных неоднородных систем дифференциальных уравнений.
- 8.** Управляемость и наблюдаемость линейных систем.
- 9.** Описание сигналов и систем; элементарные и типовые звенья сложных систем управления;
- 10.** Связь структурной схемы с дифференциальным уравнением; принцип суперпозиции; анализ выходных процессов.
- 11.** Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход;
- 12.** Анализ выходных процессов.
- 13.** Одномерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение переходных функций;
- 14.** Многомерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение импульсных переходных функций;
- 15.** Линейные системы при случайных воздействиях, описание сигналов и систем, связи вход-выход, анализ выходных процессов.
- 16.** Одномерные стационарные системы при детерминированных воздействиях, применение преобразования Лапласа, связи вход-выход, анализ выходных процессов;
- 17.** Многомерные стационарные системы при детерминированных воздействиях.
- 18.** Постановка задачи; принцип максимума; оптимальное управление линейными системами.
- 19.** Постановка задачи; уравнение Беллмана; синтез оптимальных линейных регуляторов.

Задачи к экзамену
 по дисциплине «Оптимальное управление»

1. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
4	3	5	1	0	0	0
1	2	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

2. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
2	1	1	0	1	1	1
2	3	2	0	1	1	1
2	2	2	0	1	1	1

3. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
3	4	1	1	0	0	0
1	2	3	1	0	0	0
$2\sqrt{2}$	2	4	1	0	0	0

4. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
1	2	0	0	1	1	0
1	3	1	0	1	1	0
$\sqrt{3}$	3	1	0	1	1	0

5. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
2	1	2	1	0	0	0
3	4	3	1	0	0	0
$\sqrt{2}$	1	2	1	0	0	0

6. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
4	2	3	1	1	0	0
2	3	3	1	1	0	0
-1	1	1	1	1	0	0

7. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
5	3	2	1	1	1	0
2	1	5	1	1	1	0
$\sqrt{2}$	2	1	1	1	1	0

8. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
3	1	2	-1	0	0	1
3	4	3	-1	0	0	1
-2	2	2	-1	0	0	1

9. Найти решение задачи

$$u_{tt} = 9u_{xx} + \sin x, \quad u(x, 0) = 1, \quad u_t(x, 0) = 1.$$

10. Найти решение уравнения

$$xU_x + U_y - xU = 0$$

11. Найти уравнение характеристик для дифференциального уравнения

$$U_{xx} - 2U_{xy} - 8U_{yy} = 0$$

12. Найти решение уравнения $U_{tt} = a^2U_{xx}$ при начальном отклонении $U(x, 0) = e^{-x^2}$ и начальной скорости $U_t(x, 0) = 0$

13. Найти решение уравнения $U_{tt} = 16U_{xx}$ при начальном отклонении $U(x,0) = \frac{1}{x}$ и начальной скорости $U_t(x,0) = 0$
14. Найти решение уравнения $U_{tt} = a^2 U_{xx}$ при начальном отклонении $U(x,0) = x$ и начальной скорости $U_t(x,0) = 0$
15. Найти решение задачи

$$u_{tt} = 4u_{xx}, \quad u(x, 0) = 11 \cos 6\pi x, \quad u_t(x, 0) = 0, \quad u(0, t) = u(2, t) = 0.$$

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра Математика
20__- 20__учебный год

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине Оптимальное управление
для обучающихся направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

1. Простейшие примеры формализации экстремальных задач, основные классы экстремальных задач.
2. Линейные системы при случайных воздействиях, описание сигналов и систем, связи вход-выход, анализ выходных процессов.
3. Привести к канонической форме уравнение вида

$$a_{11}u_{xx} + 2a_{12}u_{xy} + a_{22}u_{yy} + b_1u_x + b_2u_y + cu + f = 0, \text{ где}$$

a ₁₂	a ₁₁	a ₂₂	b ₁	b ₂	c	f
5	3	2	1	1	1	0
2	1	5	1	1	1	0
$\sqrt{2}$	2	1	1	1	1	0

Зав.кафедрой «Математика»

А.М.Кочкаров

Контрольные вопросы
по дисциплине Оптимальное управление

Вопросы к разделу 1.

1. Краткий исторический обзор возникновения задач теории управления;
2. Предмет теории управления.
3. Простейшие примеры формализации экстремальных задач, основные классы экстремальных задач.

Вопросы к разделу 2.

1. Система управления, оператор системы, принцип обратной связи;
2. Математическая модель СУ, классификация СУ по виду их математической модели; классификация задач расчета СУ.
3. Решение линейных однородных систем дифференциальных уравнений.
4. Решение линейных неоднородных систем дифференциальных уравнений.

Вопросы к разделу 3.

1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем.
2. Описание сигналов и систем; элементарные и типовые звенья сложных систем управления;

Вопросы к разделу 4.

1. Связь структурной схемы с дифференциальным уравнением; принцип суперпозиции; анализ выходных процессов.
2. Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход;
3. Анализ выходных процессов.

Вопросы к разделу 5.

1. Одномерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение переходных функций;
2. Многомерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение импульсных переходных функций;

Вопросы к разделу 6.

1. Линейные системы при случайных воздействиях, описание сигналов и систем, связи вход-выход, анализ выходных процессов.

Вопросы к разделу 7.

1. Одномерные стационарные системы при детерминированных воздействиях, применение преобразования Лапласа, связи вход-выход, анализ выходных процессов;
2. Многомерные стационарные системы при детерминированных воздействиях.

Вопросы к разделу 8.

1. Постановка задачи; принцип максимума; оптимальное управление линейными системами.
2. Постановка задачи; уравнение Беллмана; синтез оптимальных линейных регуляторов.

Комплект тестовых задач (заданий)

по дисциплине «Оптимальное управление»

№ 1.

Если \mathbf{x} – конечномерный вектор евклидова пространства E^n , то функция $x = x(t)$ при непрерывно изменяющемся времени определяют некоторую линию в E^n , которую называют...

- 1) фазовой траекторией системы
- 2) фазовым пространством системы
- 3) автоматической линией системы
- 4) дискретной траекторией системы

№ 2

Если фазовое пространство параметров x является конечномерным, то управляемый процесс $(x(t), u(t))$ называется процессом с

- 1) сосредоточенными линиями
- 2) распределенными линиями
- 3) сосредоточенными параметрами
- 4) распределенными параметрами

№ 3

Если фазовое пространство параметров x является пространством последовательностей или функций, то управляемый процесс $(x(t), u(t))$ называется процессом с ...

- 1) сосредоточенными линиями
- 2) распределенными линиями
- 3) сосредоточенными параметрами
- 4) распределенными параметрами

№ 4

Система управления, которая предназначена для поддержания параметра x на заданном стационарном уровне, называется системой

- 1) непрерывности
- 2) регулирования
- 3) автоматической
- 4) поддержания

№ 5

Найти решение системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 5x_1 - x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = x_1 + 5x_2 \end{cases}$$

с начальными условиями $X_0 = \begin{bmatrix} x_{01} \\ x_{02} \end{bmatrix}$

- 1) $x_1 = c_1 x_{11} + c_2 x_{12} = e^{5t}(c_1 \cos(t) + c_2 \sin(t))$
 $x_2 = c_1 x_{21} + c_2 x_{22} = e^{5t}(c_1 \sin(t) - c_2 \cos(t))$
- 2) $x_1 = c_1 x_{11} + c_2 x_{12} = e^{5t}(c_1 \cos(t) - c_2 \sin(t))$
 $x_2 = c_1 x_{21} + c_2 x_{22} = e^{5t}(c_1 \sin(t) - c_2 \cos(t))$
- 3) $x_1 = c_1 x_{11} + c_2 x_{12} = e^{5t}(c_1 \cos(t) - c_2 \sin(t))$
 $x_2 = c_1 x_{21} + c_2 x_{22} = e^{5t}(c_1 \sin(t) + c_2 \cos(t))$
- 4) $x_1 = c_1 x_{11} + c_2 x_{12} = e^{5t}(c_1 \cos(t) + c_2 \sin(t))$
 $x_2 = c_1 x_{21} + c_2 x_{22} = e^{5t}(c_1 \sin(t) + c_2 \cos(t))$

№ 6.

При рассмотрении физической системы как объекта проектирования, контроля или управления переменные, представляющие реакции на внешние воздействия и состояния системы, которые интересны для исследователя, называются _____

№ 7

Непрерывные линейные детерминированные системы в каждый момент времени t можно описать с помощью матричного уравнения состояния, которое имеет вид _____

№ 8

Непрерывные линейные детерминированные системы в каждый момент времени t можно описать с помощью матричного выходного уравнения, которое имеет вид

- 1) $Y(t) = C(t) \cdot V(t) + D(t) \cdot X(t)$
- 2) $Y(t) = C(t) \cdot V(t) + D(t) \cdot X'(t)$
- 3) $Y(t) = C(t) \cdot V'(t) + D(t) \cdot X(t)$
- 4) $Y'(t) = C(t) \cdot V(t) + D(t) \cdot X(t)$

№ 9

Если система может быть переведена из любого состояния $V(t_0)$ в момент времени $t = t_0$ в любое желаемое состояние $V(t_1)$ за конечный интервал времени $\tau = (t_1 - t_0)$ путем приложения кусочно-непрерывного входного воздействия $X(t)$, где $t \in (t_0, t_1)$, то она является ...

- 1) не управляемой
- 2) управляемой
- 3) регулярной
- 4) сложной

№ 10

Для исследования управляемости и наблюдаемости линейной системы, представленной в ка-

нонической форме используется критерий _____

№ 11

При заданном управлении $u(t)$ состояние системы изменяется во времени согласно закону ...

- 1) $x'(t) = f(t, x(t), u(t))$
- 2) $x(t) = f(t, x(t), u(t))$
- 3) $x'(t) = f(t, x(t))$
- 4) $x'(t) = f(t, u(t))$

№ 12

Необходимые условия сильного локального максимума даются принципом максимума_____

- 1) Ролля
- 2) Понtryгина
- 3) Гильберта
- 4) Коши

№ 13

Динамические системы, свойства которых скачкообразно изменяются в случайные моменты времени, называются системами _____

- 1) со свободной границей
- 2) с модальными матрицами
- 3) с дискретными изменениями
- 4) со случайными изменениями структуры

№ 14

Управление, которое минимизирует величину критерия при наличии ограничений на управления и вектор состояний, называется

- 1) управляемым
- 2) оптимальным
- 3) минимизирующим
- 4) ограниченным

№ 15

Упрощенные модели, не претендующие на раскрытие глубоких механизмов описываемых процессов, а отражающие в количественном отношении лишь самые важные закономерности, называются ...

- 1) феноменологическими математическими моделями
- 2) локальными математическими моделями
- 3) сложными математическими моделями
- 4) простыми математическими моделями

№ 16

Изменения координат в нормальном, желаемом процессе определяются совокупностью правил, предписаний или математических зависимостей, называется _____

№ 17

Уравнение

$x = F[g, g', g'', \dots, g^{(m)}; x', x'', \dots, x^{(n)}; f, f', f'', \dots, f^{(l)}]$
оценивающее состояние системы во времени, определяющее переходные процессы в системе называется уравнением _____

№ 18

Звено, имеющее уравнение $\frac{dx}{dt} = Kg$, называется

- 1) характеристическим
- 2) интегрирующим
- 3) дифференциальным
- 4) управляемым

№ 19

Отношение преобразования Лапласа выходной величины к преобразованию Лапласа входного сигнала при нулевых начальных условиях для системы автоматического регулирования называется _____

- 1) передаточной функцией
- 2) функцией согласования
- 3) функцией Лапласа
- 4) регулярной функцией

№ 20

Переходной процесс системы, вызванный единичным ступенчатым воздействием при нулевых начальных условиях для системы автоматического регулирования называется

- 1) переходной системой
- 2) переходным воздействием
- 3) переходной функцией
- 4) переходным сигналом

№ 21

Выражение

$$x(t) = g(0)h(t) + \int_0^t g'(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

Устанавливающее связь между переходным процессом $x(t)$, вызванным любым воздействием и переходной функцией $h(\tau)$ называется _____

- 1) интегралом Диамеля
- 2) интегралом ошибок
- 3) интегралом Пуассона
- 4) интегралом перехода

№ 22

Реакция системы на воздействие в виде дельта-функции при нулевых начальных условиях называется

- 1) переходной функцией
- 2) функцией воздействия
- 3) весовой функцией

4) передаточной функцией

1

№ 23

Звено, обладающее передаточной функцией вида

$$W(s) = X_2(s)/X_1(s) = e^{-\tau s},$$

называется звеном _____

- 1) с опережением
- 2) с запаздыванием
- 3) со смещением
- 4) с затравкой

№ 24

Если обратная связь действует и в установившемся и в переходном режимах, то она называется

- 1) непрерывной
- 2) регулярной
- 3) сильной
- 4) жесткой

№ 25

Критерий: для устойчивости линейной системы автоматического регулирования необходимо и достаточно, чтобы при положительных коэффициентах уравнения главные диагональ-

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & \dots & 0 \\ a_n & a_{n-2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & a_0 \end{vmatrix}$$

ные миноры определителя

были положительны, называется критерием ...

- 1) Гурвица
- 2) Лъенара-Шипара
- 3) Гесса
- 4) Гаусса

№ 26. Частотные характеристики можно получить из:

Выберите один ответ:

- 1) функции Хевисайда
- 2. дельта-функции
- 3. передаточной функции
- 4. периодической функции

№ 27. Если объект подчиняется принципу суперпозиции, то он считается:

Выберите один ответ:

- 1) стационарным
- 2) линейным
- 3) нелинейным
- 4) квазилинейным

№ 28. Замкнутая АСР с обратной связью реализует принцип регулирования:

Выберите один ответ:

- 1) по возмущению
- 2) по отклонению
- 3) по заданию
- 4) по длине

№ 29. Целью регулирования является

Выберите один ответ:

- 1) выработка регулируемого параметра
- 2) определение ошибки регулирования
- 3) выработка управляющих воздействий
- 4) поддержание регулируемого параметра на заданном значении

№ 30. Передаточной функцией системы называется _____

№ 31. Зависимость выходного параметра объекта от времени при подаче на вход дельта-функции называется _____

№ 32. Зависимость выходного параметра объекта от входного называется:

Выберите один ответ:

- 1) статической характеристикой
- 2) импульсной характеристикой
- 3) динамической характеристикой
- 4) частотной характеристикой

№ 34. Объекты управления делятся на устойчивые, нейтральные, неустойчивые в зависимости от:

- 1) Их поведения при возникновении возмущений.
- 2) Вида входного сигнала.

- 3) Их поведения после прекращения действия возмущения.
- 4) Вида их реакции на входной сигнал.

№ 35. Система автоматического управления включает в себя:

- 1) Объект управления и измерительный элемент.
- 2) Объект управления и управляющее устройство.
- 3) Управляющее устройство и органы воздействия на объект управления.
- 4) Объект управления и усилительный элемент.

№ 36. В системах с управлением по отклонению управляющее устройство решает задачу:

- 1) Измерения возмущающего воздействия и выработки регулирующего воздействия для его компенсации.
- 2) Измерения задающего воздействия и выработки на его основе регулирующего воздействия.
- 3) Устранения отклонения управляемой величины от задающей.
- 4) Измерения задающего и возмущающего воздействий и выработки с учетом этих измерений регулирующего воздействия.

№ 37. В системах с управлением по возмущению управляющее устройство решает задачу:

- 1) Измерения возмущающего воздействия и выработки регулирующего воздействия для его компенсации.
- 2) Измерения задающего воздействия и выработки на его основе регулирующего воздействия.
- 3) Устранения отклонения управляемой величины от задающей.
- 4) Измерения задающего и возмущающего воздействий и выработки с учетом этих измерений регулирующего воздействия.

№ 38. Функциональная схема САУ характеризует:

- 1) Функции отдельных элементов системы с учетом их физической природы.
- 2) Функции отдельных элементов системы вне зависимости от их конкретной реализации.
- 3) Последовательность соединения отдельных частей системы и их математическое описание.
- 4) Последовательность соединения отдельных частей системы и их конкретную реализацию.

№ 39. Какое из перечисленных ниже устройств не входит в функциональную схему линейной САУ:

- 1) Измерительное устройство.
- 2) Усилительное устройство.
- 3) Кодирующее устройство
- 4) Сравнивающее устройство.

Вопросы для коллоквиумов

по дисциплине Оптимальное управление

Вопросы к разделу 1.

1. Краткий исторический обзор возникновения задач теории управления;
2. Предмет теории управления.
3. Простейшие примеры формализации экстремальных задач, основные классы экстремальных задач.

Вопросы к разделу 2.

1. Система управления, оператор системы, принцип обратной связи;
2. Математическая модель СУ, классификация СУ по виду их математической модели; классификация задач расчета СУ.
3. Решение линейных однородных систем дифференциальных уравнений.
4. Решение линейных неоднородных систем дифференциальных уравнений.

Вопросы к разделу 3.

1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем.
2. Описание сигналов и систем; элементарные и типовые звенья сложных систем управления;

Вопросы к разделу 4.

1. Связь структурной схемы с дифференциальным уравнением; принцип суперпозиции; анализ выходных процессов.
2. Описание сигналов и систем; связи вход-состояние и вход-выход;
3. Анализ выходных процессов.

Вопросы к разделу 5.

1. Одномерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение переходных функций;
2. Многомерные системы при детерминированных воздействиях, нахождение импульсных переходных функций;

Вопросы к разделу 6.

1. Линейные системы при случайных воздействиях, описание сигналов и систем, связи вход-выход, анализ выходных процессов.

Вопросы к разделу 7.

1. Одномерные стационарные системы при детерминированных воздействиях, применение преобразования Лапласа, связи вход-выход, анализ выходных процессов;
2. Многомерные стационарные системы при детерминированных воздействиях.

Вопросы к разделу 8.

1. Постановка задачи; принцип максимума; оптимальное управление линейными системами.
2. Постановка задачи; уравнение Беллмана; синтез оптимальных линейных регуляторов.

Задания расчетно-графической работы

по дисциплине Оптимальное управление

Задание 1.

Дана система дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \\ \frac{dx_3}{dt} = a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 \end{cases}$$

с начальными условиями

$$\begin{pmatrix} x_{10} \\ x_{20} \\ x_{30} \end{pmatrix}$$

Требуется решить систему уравнений и построить графики зависимостей $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$.

Варианты задания	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{31}	a_{32}	a_{33}	x_{10}	x_{20}	x_{30}
1	-4	-3	-2	0	0	1	6	5	2	1	1	2
2	8	2	-1	0	1	-1	-6	-4	1	1	2	0
3	-2	2	-1	0	-5	-1	-6	-4	1	1	2	0
4	-2	2	-1	6	0	-1	2	-4	1	1	2	0
5	-4	-3	-2	0	0	1	6	5	2	1	0	2
6	9	2	1	-6	5	1	7	-4	1	1	1	2
7	-1	0	4	3	2	1	1	1	6	1	0	2
8	1	2	-1	8	1	-1	1	-4	1	1	0	0
9	2	1	-1	1	-1	-1	-1	1	2	1	0	2
10	-8	-2	1	0	-1	1	6	4	-1	0	0	2
11	-4	-3	-2	0	0	1	6	5	2	1	0	2
12	-2	2	1	0	-5	-1	-6	-4	1	1	0	1
13	-2	2	-1	6	0	-1	2	-4	1	2	1	2
14	-1	0	4	3	2	1	1	1	6	1	1	2
15	-8	-2	1	0	-1	1	6	4	-1	1	1	2
16	2	1	-1	1	-1	-1	-1	1	2	2	1	2
17	1	2	-1	8	1	-1	1	-4	1	1	1	2

18	9	2	1	-6	5	1	7	-4	1	1	2	1
19	-2	2	-1	6	0	-1	2	-4	1	1	2	1
20	8	2	-1	0	1	-1	-6	-4	1	1	2	1

Задание № 2.

Дана система дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + g_1 \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + g_2 \end{cases}$$

с начальными условиями

$$\begin{pmatrix} x_{10} \\ x_{20} \end{pmatrix}$$

Требуется решить систему уравнений и построить графики зависимостей $x_1(t)$, $x_2(t)$.

Варианты задания	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	g_1	g_2	x_{10}	x_{20}
1	-3	4	1	0	e^{3t}	$-e^{3t}$	1	2
2	-5	1	-2	1	e^{3t}	$-e^{3t}$	0	1
3	6	2	-4	2	$\sin(t)$	$-\cos(t)$	0	2
4	4	-2	5	2	$\cos(2t)$	$-\cos(2t)$	1	2
5	-5	-2	-8	2	$\sin(2t)$	$-\cos(2t)$	3	2
6	2	8	4	2	$(3t)^2$	$-(2t)$	4	0
7	-3	-5	7	-2	e^{-7t}	$-5e^{-7t}$	5	1
8	9	2	-7	6	$\sin(5t)$	$-\cos(5t)$	3	1
9	-8	-2	-7	6	e^{6t}	$-e^{6t}$	3	4
10	-1	3	-5	6	$\cos(2t)$	$-2\sin(2t)$	3	5
11	-4	3	1	5	$\cos(t)$	$-2\sin(-t)$	2	-2
12	-8	-4	2	-3	$(8t)^2$	-3	-1	0
13	7	2	-4	8	e^{5t}	$-te^{5t}$	4	-3
14	3	2	-1	5	$2\cos(4t)$	$-\sin(4t)$	1	-1
15	-1	-8	5	4	e^{7t}	$-e^{7t}$	5	2
16	-8	4	-2	6	$\cos(3t)$	$-\sin(3t)$	1	3
17	1	2	-2	5	$\cos(6t)$	$-\sin(6t)$	2	1
18	5	3	2	4	$\cos(2t)$	$-\sin(2t)$	1	1

Задание 3.

Определить управляемость или наблюдаемость системы с заданными параметрами:

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}, \quad C = gh.$$

№ варианта	a	b	c	d	e	f	g	h	Критерий расчета
1	2	3	4	5	1	1	1	1	Успеваемость по Гильберту
2	3	7	9	5	2	1	2	1	Успеваемость по Гильберту
3	3	8	7	5	2	2	1	1	Успеваемость по Гильберту

4	3	7	9	1	2	1	2	1	Успеваемость по Калману
5	1	5	4	1	2	1	0	1	Успеваемость по Гильберту
6	3	0	9	5	2	1	0	1	Успеваемость по Гильберту
7	1	0	2	5	0	1	0	1	Успеваемость по Калману
8	3	2	0	1	2	1	2	1	Успеваемость по Калману
9	2	2	0	1	2	1	2	0	Успеваемость по Калману
10	2	3	4	1	0	2	1	1	Успеваемость по Гильберту
11	5	1	4	1	0	2	1	1	Успеваемость по Гильберту
12	3	2	0	1	2	1	2	0	Успеваемость по Гильберту
13	5	1	5	1	0	2	1	1	Успеваемость по Калману
14	1	0	9	1	2	1	1	0	Успеваемость по Гильберту
15	5	0	2	5	0	1	0	1	Успеваемость по Гильберту
16	1	0	9	1	2	1	1	0	Успеваемость по Гильберту
17	5	0	2	5	0	1	0	1	Успеваемость по Калману
18	5	2	4	1	1	0	0	1	Успеваемость по Гильберту
19	5	0	8	5	5	1	8	0	Успеваемость по Калману
20	9	0	2	8	0	1	0	1	Успеваемость по Гильберту

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

5.1 Критерии оценивания качества устного ответа на контрольные вопросы

Оценка «отлично» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» – за твердое знание основного (программного) материала, за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала.

Оценка «неудовлетворительно» – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

5.2 Критерии оценивания тестирования

При тестировании все верные ответы берутся за 100%.

90%-100% отлично

75%-90% хорошо

60%-75% удовлетворительно

менее 60% неудовлетворительно

5.3 Критерии оценивания результатов коллоквиума

Оценка «отлично» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи иialectическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач.

Оценка «хорошо» – за твердое знание основного (программного) материала, включая расчеты (при необходимости), за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, за умение применять теоретические положения для решения практических задач.

Оценка «удовлетворительно» – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала, за слабое применение теоретических положений при решении практических задач.

Оценка «неудовлетворительно» – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в расчетах, за незнание основных понятий дисциплины.

5.4 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины на экзамене:

Оценка «отлично» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и dialectическом раз-

витии, применять теоретические положения при решении практических задач.

Оценка «**хорошо**» – за твердое знание основного (программного) материала, включая расчеты (при необходимости), за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, за умение применять теоретические положения для решения практических задач.

Оценка «**удовлетворительно**» – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала, за слабое применение теоретических положений при решении практических задач.

Оценка «**неудовлетворительно**» – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в расчетах, за незнание основных понятий дисциплины

5.5 Критерии оценивания качества выполнения расчетно-графической работы

Оценка «**зачтено**» выставляется обучающемуся, если работа выполнена правильно и обучающийся ответил на все вопросы, поставленные преподавателем на защите.

Оценка «**не засчитано**» выставляется обучающемуся, если работа выполнена неправильно или обучающийся не проявил глубоких теоретических знаний при защите работы