

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ОПОП ВО
профессор М.В. Двойников**

**Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
*ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Направленность (профиль):	Технология вскрытия нефтегазовых пластов в осложнённых условиях
Квалификация выпускника:	магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Ковалёв Д.А.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Общая теория динамических систем» разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «21.04.01 Нефтегазовое дело», утвержденного приказом Минобрнауки России № 97 от 9 февраля 2018 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «21.04.01 Нефтегазовое дело» направленность (профиль) «Технология вскрытия нефтегазовых пластов в осложнённых условиях».

Составитель

к.т.н., доцент

Д. А. Ковалёв

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры системного анализа и управления от 01.02.2023 г., протокол № 5.

Заведующий кафедрой

к.т.н., доц.

Ю.В.Ильюшин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель дисциплины:

– приобретение глубоких знаний по теории автоматического управления; приобретение навыков выполнения исследовательских и расчетных работ по созданию и внедрению в эксплуатацию автоматических систем с широким использованием средств современной вычислительной техники; обеспечение подготовки студентов к изучению в последующих семестрах ряда специальных дисциплин.

Основные задачи дисциплины:

- формирование у студентов практических навыков анализа и синтеза систем автоматического управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО:

Дисциплина «Общая теория динамических систем» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело» и изучается в 1-м семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Общая теория динамических систем», являются: «Основы автоматизации технологических процессов нефтегазового производства», «Программные продукты в математическом моделировании».

Дисциплина «Общая теория динамических систем» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли», «Информационные системы».

Особенностью дисциплины является необходимость работы с большими объемами информации, использования специального программного обеспечения.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Общая теория динамических систем» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	ОПК-1	ОПК-1.1. Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий.
		ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		ОПК-1.3. Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций.
		ОПК-1.4. Демонстрирует навыки использования современных инструментов и методов планирования и контроля проектов, связанных с осложнениями, возникающими при производстве работ
Способен использовать профессиональные программные комплексы в области математического и физического моделирования технологических процессов и объектов	ПКС-4	ПКС-4.1. Знает основные (наиболее распространенные) профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов
		ПКС-4.2. Разрабатывает физические, математические и компьютерные модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к процессу освоения месторождений, в том числе на континентальном шельфе
		ПКС-4.3. Имеет навыки работы с пакетами программ, позволяющих проводить математическое моделирование основных технологических процессов и технологий, применяемых при освоении месторождений, в том числе на континентальном шельфе, применении современных энергосберегающих технологий

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		1
Аудиторные занятия (всего), в том числе:	34	34
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	26	26
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	38	38

Подготовка к практическим занятиям	28	28
Реферат	10	10
Вид промежуточной аттестации – экзамен (Э)	36	36
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. час.	108	108
зач. ед.	3	3

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды знаний

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента,
Раздел 1 «Введение. Основные понятия и определения. Общая характеристика автоматического управления»	6	1	2	-	3
Раздел 2 «Теория линейных непрерывных систем»	6	1	2	-	3
Раздел 3 «Анализ и синтез линейных САУ»	7	1	2	-	4
Раздел 4 «Теория дискретных САУ»	7	1	2	-	4
Раздел 5 «Нелинейные системы. Основные понятия об оптимальном управлении»	8	1	3	-	4
Раздел 6 «Методы синтеза оптимальных систем»	9	1	4	-	4
Раздел 7 «Принципы построения оптимальных по быстродействию систем»	13	1	4	-	8
Раздел 8 «Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов», «Адаптивные системы и робастное управление»	16	1	7	-	8
Итого:	72	8	26	-	38

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1	Основные понятия и определения теории	1

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак. часах
		автоматического управления. Терминология и стандарты. Общая характеристика различных видов математического описания автоматических систем. Классификация систем. Историческая справка. Статические свойства систем автоматического управления (проблема точности). Роль обратной связи. Основные принципы автоматического управления: регулирование по отклонению и по возмущению. Физика процессов в замкнутых системах. Общая структура замкнутой САУ.	
2.	Раздел 2	Виды математического описания непрерывных систем. Частотные характеристики динамических систем. Логарифмические частотные характеристики типовых соединений звеньев. Математические модели динамических систем в форме переменных состояния.	1
3.	Раздел 3	Алгебраические и частотные методы анализа устойчивости линейных систем. Качество и точность процессов в САУ. Синтез систем автоматического управления. Системы подчиненного регулирования. Модальное управление.	1
4.	Раздел 4	Понятия о дискретных САУ. Математическое представление дискретных САУ. Z-преобразования. Структурные схемы и передаточные функции. Синтез дискретных систем.	1
5.	Раздел 5	Основные понятия и определения. Методы линеаризации нелинейных систем. Исследование нелинейных систем. Общая постановка задачи оптимального управления. Цель управления. Критерии оптимальности. Ограничения по управлениям и координатам объекта управления. Формулировки ограничений в виде функционалов.	1
6.	Раздел 6	Метод классического вариационного исчисления. Принцип максимума Л.С. Понтрягина: математическая формулировка, физическое содержание и область целесообразного использования. Метод динамического программирования Р. Беллмана. Область целесообразного использования метода.	1
7.	Раздел 7	Математическая формулировка задачи синтеза оптимального по быстродействию управления. Теорема А. А. Фельдбаума об « n интервалах» оптимального управления. Синтез закона оптимального управления в разомкнутой форме. Методы расчета моментов переключений реле. Метод «стыковки».	1
8.	Раздел 8	Задачи оптимизации систем по точности при детерминированных сигналах. Принципы построения оптимальных по точности систем. Критерий оптимальности, минимизирующий отклонение вектора состояния объекта от заданного вектора. Задача синтеза оптимального регулятора состояния и ее решение с использованием уравнения Риккати. Критерий оптимальности, минимизирующий отклонение вектора выхода объекта от заданного вектора. Задача синтеза оптимального регулятора выхода.	1

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак. часах
		Принцип адаптации в природе и технике. Биокибернетические принципы построения адаптивных систем. Основы классификации адаптивных систем: самонастраивающиеся, самоорганизующиеся и самообучающиеся системы. Критерии самонастройки систем. Функциональные схемы и основные элементы самонастраивающихся систем. Принципы построения самонастраивающихся систем по сигналам внешних воздействий и по динамическим характеристикам объектов. Системы с вычислителем параметров. Системы с моделями динамических характеристик.	
		Всего:	8

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудо-емкость в ак. часах
1.	Раздел 1	Предмет, цели и задачи курса. Понятие о системах управления. Параметры переходных процессов.	2
2.	Раздел 2	Амплитудные и фазовые частотные характеристики. Определение частотных характеристик.	2
3.	Раздел 3	Элементарные звенья и блоки. Структурное представление систем управления.	2
4.	Раздел 4	Критерий устойчивости.	2
5.	Раздел 5	Синтез статических законов управления. Синтез интегральных законов управления.	3
6.	Раздел 6	Реализация систем управления на операционных усилителях.	4
7.	Раздел 7	Реализация систем управления на микроконтроллерах.	4
8.	Раздел 8	Представление объекта управления в виде многомерного. Синтез многомерной системы управления.	7
		Итого:	26

4.2.4. Лабораторные работы.

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены учебным планом

4.2.6. Самостоятельная работа студентов (СРС)

Тематика рефератов:

1. Формы записи дифференциальных уравнений САУ.
2. Математические модели и преобразование Лапласа.
3. Логарифмические частотные характеристики.
4. Математические модели динамических систем в форме переменных состояния.
5. Динамические свойства звеньев систем управления.
6. Инерционное звено первого порядка.
7. Колебательное звено. Дифференцирующие звенья.

8. Форсирующее звено. Интегрирующее звено.
9. Изодромное звено. Особые звенья.
10. Основные способы соединения звеньев.
11. Передаточные функции соединений звеньев.
12. Передаточные функции замкнутых систем управления.
13. Матрично-топологические преобразования структурных схем.
14. Частотные характеристики замкнутой САУ.
15. Прямые показатели качества управления.
16. Переходный режим работы системы.
17. Интегральные показатели качества.
18. Частотные показатели качества.
19. Основные понятия теории устойчивости.
20. Понятие об устойчивости и качестве систем автоматического управления.
21. Понятие орбитальной устойчивости.
22. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Рауса.
23. Критерии устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста.
24. Корректирующие устройства. Виды коррекции.
25. Корректирующие звенья последовательного типа.
26. Корректирующие звенья параллельного типа.
27. Способы увеличения запасов устойчивости систем управления.
28. Классификация типовых алгоритмов управления.
29. Выбор алгоритма управления.
30. ПИ-регулятор. ПД-регулятор. ПИД-регулятор.
31. Методы расчета настроек регуляторов.
32. Понятия об импульсных САУ.
33. Математическое представление дискретных САУ.
34. Z-преобразования.
35. Синтез дискретных систем.
36. Устойчивость импульсных систем.
37. Общие сведения о цифровых системах.
38. Дискретные алгоритмы управления и дискретная коррекция.
39. Аналого-цифровые преобразователи.
40. Цифро-аналоговые преобразователи.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся

пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Оценочные средства текущего контроля успеваемости.

Раздел 1.

1. Когда был создан регулятор уровня Ползунова?
2. Когда был изобретен регулятор скорости паровой машины Уатта?
3. Когда была разработана система программного управления ткацким станком Жаккара?
4. Кем заложены основы метода фазовой плоскости и фазового пространства?
5. Что изучает теория управления?
6. Какие методы устойчивости вам известны.
7. Кем разработаны основные критерии устойчивости?
8. Определите понятия управление и объект управления.
9. Назовите виды автоматических устройств.
10. Перечислите принципы управления и поясните их.
11. Назовите основные элементы САУ.
12. Поясните назначение регулятора.
13. Поясните назначение обратной связи.
14. Поясните назначение датчика.
15. По каким признакам классифицируются системы управления?
16. Чем отличается регулирование «по отклонению» от регулирования «по возмущению»?
17. Что такое многомерные САУ?
18. Что такое экстремальные системы?
19. Что такое системы с самонастройкой структуры?
20. Назовите деление по принципу регулирования.

Раздел 2.

1. Назовите вторую стандартную форму записи.
2. Назовите третью стандартную форму записи.
3. Какие особенности параллельного соединения звеньев?
4. Какие особенности последовательного соединения звеньев?
5. Какие особенности соединения с обратной связью?
6. Алгоритм формирования структурной схемы.
7. Что такое передаточная функция?
8. Назовите правила преобразования структурных схем.
9. Какие системы с обратной связью применяют на практике?
10. Чему равна передаточная функция системы параллельно соединенных звеньев?
11. Что такое статическая характеристика?
12. Что такое статическая САУ?
13. Что такое линейный статический элемент?
14. Что такое установившийся режим?
15. Какие методы используются для написания свойств систем?
16. Виды ЧХ.
17. Каково назначение математического описания систем?

18. Что такое динамика системы?
19. Чем отличается математическое описание динамики системы от описания ее статики?
20. Что представляет собой условие физической реализуемости системы?
21. Каким образом линеаризуются дифференциальные уравнения?
22. Назовите формы записи линеаризованных уравнений.
23. Каким образом перейти к первой форме записи дифференциального уравнения звена?
24. Как в этом случае называются коэффициенты?
25. Как перейти от дифференциального уравнения к операторному?
26. Дайте определение передаточной функции.
27. Как по дифференциальному уравнению звена найти его передаточную функцию?
28. Что такое динамическое звено и его характеристика?

Раздел 3.

1. Дайте определение устойчивости системы с физической и математической точек зрения.
2. Какой характер имеет переходный процесс в устойчивой и неустойчивой системах?
3. Сформулируйте необходимое условие устойчивости.
4. Что такое критерии устойчивости?
5. Что такое граница устойчивости?
6. Каким образом при этом расположены корни характеристического уравнения системы на плоскости комплексного переменного?
7. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
8. Каким образом по критерию Гурвица определяются границы устойчивости?
9. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.
10. Что такое запасы устойчивости?
11. Каким образом они определяются по АФЧХ разомкнутой системы?
12. Как определяются запасы устойчивости по ЛЧХ?
13. Дайте понятие качества работы системы управления. Чем оно определяется?
14. Что представляют собой критерии качества?
15. Как производится оценка точности работы систем?
16. Чему равны первые два коэффициента ошибок в системах с астатизмом первого и второго порядков?
17. Определите показатели качества переходного процесса и частотные показатели, поясните их физический смысл.
18. Поясните связь частотных показателей качества работы системы с частотными характеристиками разомкнутой цепи.
19. Что представляют собой корневые оценки качества?
20. В чем удобство и недостатки интегральных критериев качества?
21. Каким образом экспериментальным путем можно оценить качество работы системы?
22. Какова роль моделирования систем управления?

Раздел 4.

1. Приведите классификацию дискретных САУ по виду квантования?
2. По какому параметру производится квантование в релейных системах?
3. По какому параметру производится квантование в импульсных системах?
4. Что такое период квантования?
5. По каким параметрам производится квантование в релейно-импульсных системах?
6. Какие основные категории дискретных систем Вы знаете?
7. Что называют импульсной модуляцией?
8. Какой сигнал является входным для импульсного элемента или модулятора?
9. Что является выходным сигналом для импульсного элемента или модулятора?
10. Какие виды модуляции в зависимости от параметра, модулируемого непрерывным сигналом импульса Вы знаете?
11. Какой вид модуляции называется частотно-импульсной модуляцией?

12. Какой вид модуляции называется модуляцией первого рода?
13. Какой вид модуляции называется модуляцией второго рода?
14. На какие виды подразделяются САУ в зависимости от вида импульсной модуляции?
15. Что называется статической характеристикой импульсного элемента?
16. Что называется приведенной непрерывной частью?
17. Что необходимо для определения импульсной передаточной функции системы с формирующим элементом произвольного типа?
18. Какими числовыми показателями можно характеризовать импульсную передаточную функцию?
19. Приведите условие устойчивости для импульсных систем.
20. Опишите подходы к синтезу импульсных систем.
21. Какие виды коррекции импульсных систем Вы знаете?

Раздел 5.

1. Какая САУ считается нелинейной?
2. Почему линейную систему анализировать математически проще, чем нелинейную?
3. Как определяется «принцип суперпозиции»?
4. Какие качества нелинейной системы нельзя определить по линеаризованному дифференциальному уравнению?
5. Какие два вида устойчивого состояния имеет нелинейная система управления?
6. Возникновение установившегося автоколебательного режима в нелинейной системе может зависеть от начальных условий?
7. Может ли возникновение автоколебательного режима не зависеть от начальных условий?
8. Какая САУ считается оптимальной?
9. Какие критерии оптимальности вы знаете?
10. Как определяется «критерий оптимальности»?
11. Как формулируется принцип максимума?
12. Что такое квазиоптимальное управление?
13. Что такое критерий минимизации энергетических затрат?
14. Что такое оптимальная система?
15. Что такое оптимальное управление?
16. Что значит рекомендуемое состояние равновесия?
17. Что такое критерий быстродействия?

Раздел 6.

1. Изложите метод классического вариационного исчисления.
2. Приведите математическую формулировку принципа максимума Понтрягина.
3. Изложите физический смысл принципа максимума Понтрягина.
4. Приведите область целесообразного использования принципа максимума Понтрягина.
5. Изложите метод динамического программирования Р. Беллмана.
6. Для каких систем метод Беллмана полностью обоснован?
7. Опишите применение принципа оптимальности для задач оптимизации дискретных детерминированных систем.
8. Опишите применение принципа оптимальности для задач оптимизации непрерывных детерминированных систем.
9. Опишите применение принципа оптимальности для задач оптимизации непрерывных стохастических систем.

Раздел 7.

1. Приведите математическую формулировку задачи синтеза оптимального по быстродействию управления.
2. Приведите соотношение отражающее условие трансверсальности в задаче быстродействия.
3. Какой характер имеет оптимальное по быстродействию управление $u_i(t)$, $i = \overline{1, m}$?

4. Какое управление называют вырожденным?
5. Сформулируйте теорему об « n интервалах».
6. Приведите функцию переключения.
7. Изложите метод «стыковки».

Раздел 8.

1. Перечислите задачи оптимизации систем по точности при детерминированных сигналах.
2. Какие принципы построения оптимальных по точности систем Вы знаете?
3. Опишите критерий оптимальности, минимизирующий отклонение вектора состояния объекта от заданного вектора.
4. Опишите задачу синтеза оптимального регулятора состояния и ее решение с использованием уравнения Риккати.
5. Опишите критерий оптимальности, минимизирующий отклонение вектора выхода объекта от заданного вектора.
6. Опишите задачу синтеза оптимального регулятора выхода.

Раздел 9.

1. Какая САУ считается адаптивной?
2. Что такое адаптивный предсказатель?
3. Что такое адаптивный «оптимизатор»?
4. Для чего нужен блок оценивания?
5. Для чего нужна модель в адаптивной системе?
6. Назовите пути преодоления трудностей ОУ?
7. Классификации адаптивных систем.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифференцированному зачету:

1. Когда был создан регулятор уровня Ползунова?
2. Когда был изобретен регулятор скорости паровой машины Уатта?
3. Когда была разработана система программного управления ткацким станком Жаккара?
4. Кем заложены основы метода фазовой плоскости и фазового пространства?
5. Что изучает теория управления?
6. Какие методы устойчивости вам известны.
7. Кем разработаны основные критерии устойчивости?
8. Определите понятия управление и объект управления.
9. Назовите виды автоматических устройств.
10. Перечислите принципы управления и поясните их.
11. Назовите основные элементы САУ.
12. Поясните назначение регулятора.
13. Поясните назначение обратной связи.
14. Поясните назначение датчика.
15. По каким признакам классифицируются системы управления?
16. Чем отличается регулирование «по отклонению» от регулирования «по возмущению»?
17. Что такое многомерные САУ?
18. Что такое экстремальные системы?
19. Что такое системы с самонастройкой структуры?
20. Назовите деление по принципу регулирования.
21. Назовите вторую стандартную форму записи.
22. Назовите третью стандартную форму записи.
23. Какие особенности параллельного соединения звеньев?
24. Какие особенности последовательного соединения звеньев?
25. Какие особенности соединения с обратной связью?

26. Алгоритм формирования структурной схемы.
27. Что такое передаточная функция?
28. Назовите правила преобразования структурных схем.
29. Какие системы с обратной связью применяют на практике?
30. Чему равна передаточная функция системы параллельно соединенных звеньев?
31. Что такое статическая характеристика?
32. Что такое статическая САУ?
33. Что такое Линейный статический элемент?
34. Что такое установившейся режим?
35. Какие методы используются для написания свойств систем?
36. Виды ЧХ.
37. Что такое j ? Значение j ?
38. Назовите формулу Эйлера.
39. Для чего применяются ЛФЧХ?
40. Каково назначение математического описания систем?
41. Что такое динамика системы?
42. Чем отличается математическое описание динамики системы от описания ее статики?
43. Что представляет собой условие физической реализуемости системы?
44. Каким образом линеаризуются дифференциальные уравнения?
45. Назовите формы записи линеаризованных уравнений.
45. Каким образом перейти к первой форме записи дифференциального уравнения звена?
46. Как в этом случае называются коэффициенты?
47. Как перейти от дифференциального уравнения к операторному?
48. Дайте определение передаточной функции.
49. Как по дифференциальному уравнению звена найти его передаточную функцию?
50. Что такое динамическое звено и его характеристика?
51. Дайте определение устойчивости системы с физической и математической точек зрения.
52. Какой характер имеет переходный процесс в устойчивой и неустойчивой системах?
53. Сформулируйте необходимое условие устойчивости.
54. Что такое критерии устойчивости?
55. Что такое граница устойчивости?
56. Каким образом при этом расположены корни характеристического уравнения системы на плоскости комплексного переменного?
57. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
58. Каким образом по критерию Гурвица определяются границы устойчивости?
59. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.
60. Что такое запасы устойчивости?
61. Каким образом они определяются по АФЧХ разомкнутой системы?
62. Как определяются запасы устойчивости по ЛЧХ?
63. Дайте понятие качества работы системы управления. Чем оно определяется?
64. Что представляют собой критерии качества?
65. Как производится оценка точности работы систем?
66. Чему равны первые два коэффициента ошибок в системах с астатизмом первого и второго порядков?
67. Определите показатели качества переходного процесса и частотные показатели, поясните их физический смысл.
68. Поясните связь частотных показателей качества работы системы с частотными характеристиками разомкнутой цепи.
69. Что представляют собой корневые оценки качества?
70. В чем удобство и недостатки интегральных критериев качества?
71. Каким образом экспериментальным путем можно оценить качество работы системы?

72. Какова роль моделирования систем управления?
73. Приведите классификацию дискретных САУ по виду квантования?
74. По какому параметру производится квантование в релейных системах?
75. По какому параметру производится квантование в импульсных системах?
76. Что такое период квантования?
77. По каким параметрам производится квантование в релейно-импульсных системах?
78. Какие основные категории дискретных систем Вы знаете?
79. Что называют импульсной модуляцией?
80. Какой сигнал является входным для импульсного элемента или модулятора?
81. Что является выходным сигналом для импульсного элемента или модулятора?
82. Какие виды модуляции в зависимости от параметра, модулируемого непрерывным сигналом импульса Вы знаете?
83. Какой вид модуляции называется частотно-импульсной модуляцией?
84. Какой вид модуляции называется модуляцией первого рода?
85. Какой вид модуляции называется модуляцией второго рода?
86. На какие виды подразделяются САУ в зависимости от вида импульсной модуляции?
87. Что называется статической характеристикой импульсного элемента?
88. Что называется приведенной непрерывной частью?
89. Что необходимо для определения импульсной передаточной функции системы с формирующим элементом произвольного типа?
90. Какими числовыми показателями можно характеризовать импульсную передаточную функцию?
91. Приведите условие устойчивости для импульсных систем.
92. Опишите подходы к синтезу импульсных систем.
93. Какие виды коррекции импульсных систем Вы знаете?
94. Какая САУ считается нелинейной?
95. Почему линейную систему анализировать математически проще, чем нелинейную?
96. Как определяется «принцип суперпозиции»?
97. Какие качества нелинейной системы нельзя определить по линеаризованному дифференциальному уравнению?
98. Какие два вида устойчивого состояния имеет нелинейная система управления?
99. Возникновение установившегося автоколебательного режима в нелинейной системе может зависеть от начальных условий?
100. Может ли возникновение автоколебательного режима не зависеть от начальных условий?
101. Какая САУ считается оптимальной?
102. Какие критерии оптимальности вы знаете?
103. Как определяется «критерий оптимальности»?
104. Как формулируется принцип максимума?
105. Что такое квазиоптимальное управление?
106. Что такое критерий минимизации энергетических затрат?
107. Что такое оптимальная система?
108. Что такое оптимальное управление?
109. Что значит рекомендуемое состояние равновесия?
110. Что такое критерий быстродействия?
111. Изложите метод классического вариационного исчисления.
112. Приведите математическую формулировку принципа максимума Понтрягина.
113. Изложите физический смысл принципа максимума Понтрягина.
114. Приведите область целесообразного использования принципа максимума Понтрягина.
115. Изложите метод динамического программирования Р. Беллмана.
116. Для каких систем метод Беллмана полностью обоснован?

117. Опишите применение принципа оптимальности для задач оптимизации дискретных детерминированных систем.
118. Опишите применение принципа оптимальности для задач оптимизации непрерывных детерминированных систем.
119. Опишите применение принципа оптимальности для задач оптимизации непрерывных стохастических систем.
120. Приведите математическую формулировку задачи синтеза оптимального по быстродействию управления.
121. Приведите соотношение отражающее условие трансверсальности в задаче быстродействия.
122. Какой характер имеет оптимальное по быстродействию управление $u_i(t)$, $i = \overline{1, m}$?
123. Какое управление называют вырожденным?
124. Сформулируйте теорему об «n интервалах».
125. Приведите функцию переключения.
126. Изложите метод «стыковки».
127. Перечислите задачи оптимизации систем по точности при детерминированных сигналах.
128. Какие принципы построения оптимальных по точности систем Вы знаете?
129. Опишите критерий оптимальности, минимизирующий отклонение вектора состояния объекта от заданного вектора.
130. Опишите задачу синтеза оптимального регулятора состояния и ее решение с использованием уравнения Риккати.
131. Опишите критерий оптимальности, минимизирующий отклонение вектора выхода объекта от заданного вектора.
132. Опишите задачу синтеза оптимального регулятора выхода.
133. Какая САУ считается адаптивной?
134. Что такое адаптивный предсказатель?
135. Что такое адаптивный «оптимизатор»?
136. Для чего нужен блок оценивания?
137. Для чего нужна модель в адаптивной системе?
138. Назовите пути преодоления трудностей ОУ?
139. Классификации адаптивных систем

6.2.2. Примерные тестовые задания к дифференцированному зачету Вариант 1

	Вопросы	Варианты ответов
1.	Системой автоматического управления называется система	<ol style="list-style-type: none"> 1. выполняющая функции контроля объектов управления. 2. в которой функции управления делят поровну машина и человек. 3. осуществляющая основной процесс без участия человека. 4. осуществляющая управление наилучшим образом.
2.	Метод Попова пригоден для исследования систем	<ol style="list-style-type: none"> 1. с одной однозначной нелинейностью. 2. с двумя нелинейностями. 3. с любым количеством нелинейностей. 4. ни один из вышеперечисленных.
3.	При исследовании методом фазовой плоскости	<ol style="list-style-type: none"> 1. уравнения состояний не изменяются. 2. из уравнений состояния исключается время. 3. уравнения дифференцируются.

		4. уравнения интегрируются.
4.	Метод Ляпунова является	1. дифференциальным. 2. интегральным. 3. корневым. 4. алгебраическим.
5.	Алгоритм управления – это совокупность предписаний, определяющих необходимые воздействия на	1. Объект управления с целью осуществления его алгоритма функционирования; 2. Устройство управления с целью осуществления его алгоритма функционирования; 3. Исполнительное устройство с целью осуществления контроля его работоспособности 4. Регулирующий орган.
6.	Управляемая величина - это	1. Величина на выход управляющего устройства; 2. Величина сигнала обратной связи; 3. Величина на выходе объекта управления. 4. Нет правильного ответа
7.	Дискретной системой называется такая САУ, в которой имеет место	1. непрерывный характер передачи информации управления; 2. смешанный характер передачи информации управления; 3. прерывистый характер передачи информации управления; 4. импульсный характер передачи информации управления.
8.	Импульсные системы разделяются на	1. системы с амплитудно-импульсной модуляцией; 2. с широтно-импульсной модуляцией; 3. фазоимпульсной модуляцией; 4. все вышеперечисленное.
9.	Обратной связью называется	1. путь, на котором сигналу присваивается обратный знак. 2. путь от выхода ко входу системы. 3. непрерывная последовательность направленных звеньев. 4. ни один из вышеперечисленных.
10.	Звено, выходная величина которого в каждый момент времени пропорциональна входной величине, называется	1. астатическим. 2. дифференциальным. 3. интегральным. 4. усилительным.
11.	Задача систем программного управления состоит в достижении высокой точности воспроизведения	1. возмущающих воздействий, которые изменяются по заданному закону. 2. управляющих воздействий, которые изменяются по произвольному закону. 3. управляющих воздействий, которые изменяются по заданному закону. 4. возмущающих воздействий, которые изменяются по произвольному закону.
12.	Типовым называется звено, которое	1. не выше первого порядка. 2. не выше третьего порядка

		3. алгебраическое 4. не выше второго порядка.
13.	Звено, выходная величина которого в каждый момент времени пропорциональна входной величине, называется	1. астатическим. 2. дифференциальным. 3. интегральным. 4. усилительным.
14.	Звено с передаточной функцией $W(s) = \frac{k}{Ts + 1}$ называется	1. дифференцирующим. 2. аperiodическим первого порядка. 3. усилительным. 4. интегрирующим.
15.	Звено, ЛАЧХ которого представляет собой одиночную асимптоту с наклоном -20 дБ/дек	1. пропорциональное. 2. интегрирующее. 3. дифференцирующее. 4. аperiodическое второго порядка.
16.	Звено с передаточной функцией $W(s) = Ks$ называется	1. интегрирующим. 2. усилительным. 3. дифференцирующим. 4. аperiodическим первого порядка.
17.	Звено является консервативным при условии	1. $\xi = 0$. 2. $0 < \xi < 1$. 3. $\xi = 1$. 4. $\xi = \infty$.
18.	Под устойчивостью линейной системы понимается	1. расходящиеся переходные процессы. 2. процессы с постоянной амплитудой колебания. 3. переходные процессы с модуляцией. 4. свойство затухания переходных процессов.
19.	При каком условии звено $a_0 y'' + a_1 y' + y = kx$ является консервативным звеном?	1. показатель затухания $\xi = 0$. 2. показатель затухания $\xi \geq 1$. 3. показатель затухания $0 < \xi < 1$. 4. показатель затухания $\xi = \infty$.
20.	Условие устойчивости выполняется если	1. все полюса лежат строго в правой полуплоскости координат. 2. все полюса лежат строго в левой полуплоскости координат. 3. на оси ординат. 4. на оси абсцисс.

Вариант 2

№ п.п	Вопрос	Вариант ответа
1.	Системой автоматизированного управления называется система,	1. осуществляющая основной процесс без участия человека. 2. выполняющая функции контроля объектов управления. 3. в которой функции управления делятся между машиной и человеком. 4. осуществляющая управление наилучшим образом.
2.	Оператор Лапласа это	1. $s = dt$.

		<p>2. б) $s = e^{-st}$.</p> <p>3. $s = \frac{d}{dt}$.</p> <p>4. $s = \int dt$.</p>
3.	Какие типовые воздействия используются при изучении динамики элементов систем	<p>1. Гармонические, гиперболические, линейно-возрастающее, типа дельта-функции</p> <p>2. Гармонические, параболические, линейно-возрастающее, типа дельта-функции</p> <p>3. Гармонические, ступенчатые, линейно-возрастающее, типа дельта-функции</p> <p>4. Параболические, линейно-возрастающее, типа дельта-функции</p>
4.	Чему равен коэффициент усиления системы в установившемся режиме при стандартной форме записи дифференциального уравнения и ступенчатом входном воздействии?	<p>1. a_n / a_0.</p> <p>2. a_0 / b_0.</p> <p>3. b_m / b_0.</p> <p>4. b_m / a_n.</p>
5.	Как называется реакция на гармоническое воздействие в установившемся режиме?	<p>1. логарифмическая функция.</p> <p>2. переходная функция.</p> <p>3. импульсная функция.</p> <p>4. частотная функция.</p>
6.	Единицы измерения функции $L(\omega)$ по оси ординат это	<p>1. децибелы.</p> <p>2. декады.</p> <p>3. октавы.</p> <p>4. градусы.</p>
7.	Каждый полюс, расположенный в числителе характеристического полинома дает наклон	<p>1. -20 дБ/дек.</p> <p>2. +40 дБ/дек.</p> <p>3. +20 дБ/дек.</p> <p>4. - 40 дБ/дек.</p>
8.	Что называется полюсами передаточной функции?	<p>1. корни, обозначаемые на комплексной плоскости крестиком.</p> <p>2. корни полинома числителя передаточной функции.</p> <p>3. корни полинома знаменателя передаточной функции.</p> <p>4. корни, обозначаемые на комплексной плоскости кружком.</p>
9.	Система устойчива, если при свободном движении	<p>1. ее переходный процесс не имеет колебательной составляющей.</p> <p>2. система возвращается в исходное состояние равновесия.</p> <p>3. система не возвращается к исходному состоянию равновесия.</p> <p>4. система стремится к новому состоянию равновесия.</p>
10.	По свойству устойчивости система будет нейтральной, если	<p>1. все ее полюса левые.</p> <p>2. она имеет нулевой полюс при</p>

		<p>остальных левых.</p> <p>3. она имеет нулевой полюс при остальных правых.</p> <p>4. все ее полюса правые.</p>
11.	По критерию Гурвица система устойчивости, если	<p>1. $\Delta_n = 0$ при остальных положительных определителях.</p> <p>2. $\Delta_n = 0$ при остальных отрицательных определителях.</p> <p>3. $a_0 > 0$ и все диагональные определители положительны.</p> <p>4. $a_0 < 0$ и все диагональные определители положительны.</p>
12.	Функция $y(t)$ называется	<p>1. промежуточным воздействием.</p> <p>2. возмущающим воздействием.</p> <p>3. входной переменной.</p> <p>4. выходной переменной.</p>
13.	Системы с разомкнутым принципом управления эффективны тогда,	<p>1. когда характеристики ОУ нестабильны.</p> <p>2. когда характеристики ОУ достаточно стабильны.</p> <p>3. когда на вход подается постоянное воздействие.</p> <p>4. когда на вход подается переменное воздействие.</p>
14.	Система, имеющая главную обратную связь, называется	<p>1. оптимальной.</p> <p>2. программной.</p> <p>3. замкнутой.</p> <p>4. адаптивной.</p>
15.	Функция $y(t)$ называется	<p>1. промежуточным воздействием.</p> <p>2. возмущающим воздействием.</p> <p>3. входной переменной.</p> <p>4. выходной переменной.</p>
16.	Система, задающее воздействие которой является произвольной функцией времени, называется	<p>1. программной.</p> <p>2. стабилизирующей.</p> <p>3. следящей.</p> <p>4. адаптивной.</p>
17.	Звено, реакция которого на скачок является экспоненциальной функцией, называется	<p>1. усилительным.</p> <p>2. аperiodическим первого порядка.</p> <p>3. дифференциальным.</p> <p>4. аperiodическим второго порядка.</p>
18.	Функция $A(\omega)$ равна	<p>1. разности фаз выходной и входной гармонических величин.</p> <p>2. отношению фаз выходной и входной гармонических величин.</p> <p>3. сумме фаз выходной и входной гармонических величин.</p> <p>4. отношению амплитуд выходной и входной гармонических величин.</p>
19.	Структурная схема это	<p>1. табличная форма представления</p>

		<p>системы.</p> <p>2. математическая форма представления системы.</p> <p>3. графическая форма представления системы.</p> <p>4. комбинация графической и математической формы представления системы.</p>
20.	Если звенья соединены последовательно, то их можно	<p>1. переставлять местами в любой последовательности.</p> <p>2. нельзя переставлять.</p> <p>3. менять местами только два первых звена.</p> <p>4. менять местами только два последних звена</p>

Вариант 3

№ п.п	Вопрос	Вариант ответа
1.	Каковы основные методы исследования и расчета нелинейных систем, применяемых в инженерной практике?	<p>1. Метод фазовых траекторий</p> <p>2. Метод амплитудно-фазовых траекторий, метод гармонической линеаризации</p> <p>3. Метод фазовой траектории, метод гармонической линеаризации</p> <p>4. Метод фазовых отображений, метод максимума</p>
2.	Преимуществом систем управления с обратной связью является	<p>1. простота в математическом описании ОУ.</p> <p>2. большая инвариантность по отношению к возмущающим воздействиям.</p> <p>3. меньшая зависимость от изменения характеристик ОУ или УУ.</p> <p>4. все вышеперечисленное.</p>
3.	Система, задающее воздействие которой является известной функцией времени, называется	<p>1. следящей.</p> <p>2. стабилизирующей.</p> <p>3. программной.</p> <p>4. оптимальной.</p>
4.	В следящих системах основной является задача наиболее точного воспроизведения	<p>1. управляющих воздействий, изменяющихся по заданному закону.</p> <p>2. возмущающих воздействий, изменяющихся по заданному закону.</p> <p>3. управляющих воздействий, изменяющихся по произвольному закону.</p> <p>4. не изменяющихся управляющих воздействий.</p>
5.	Граф это	<p>1. математическая форма представления системы.</p> <p>2. табличная форма представления системы.</p>

		<p>3. комбинация математической и табличной форм системы.</p> <p>4. множество точек, называемых вершинами, и множество кривых, называемых дугами.</p>
6.	Как называется реакция на типовое воздействие $\delta(t)$?	<p>1. переходная функция.</p> <p>2. передаточная функция.</p> <p>3. частотная функция.</p> <p>4. весовая функция.</p>
7.	Закончите предложение: Система «устойчива в целом», если...	<p>1. она устойчива при линейно-возрастающей управляющем воздействии</p> <p>2. она устойчива при гармоническом управляющем воздействии</p> <p>3. она устойчива при любых отклонениях</p> <p>4. она устойчива всегда</p>
8.	Звено является колебательным при условии, что	<p>1. $\xi = 0$.</p> <p>2. $\xi = 1$.</p> <p>3. $\xi = \infty$.</p> <p>4. $0 < \xi < 1$.</p>
9.	При каком условии звено $a_0 y'' + a_1 y' + y = kx$ является колебательным звеном?	<p>1. показатель затухания $0 < \xi < 1$.</p> <p>2. показатель затухания $\xi \geq 1$.</p> <p>3. оба корня квадратного уравнения действительны.</p> <p>4. показатель затухания $\xi = 0$.</p>
10.	Для звена $W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$, если все корни отрицательные ЛАЧХ будет иметь наклон	<p>1. + 40 дБ/дек.</p> <p>2. - 20 дБ/дек.</p> <p>3. - 40 дБ/дек.</p> <p>4. + 20 дБ/дек.</p>
11.	Звено с передаточной функцией $W(s) = k$ называется	<p>1. астатическим.</p> <p>2. усилительным.</p> <p>3. апериодическим первого порядка.</p> <p>4. дифференциальным.</p>
12.	АФЧХ безинерционного звена представляет собой	<p>1. эллипс.</p> <p>2. круг.</p> <p>3. линию.</p> <p>4. точку.</p>
13.	Звено с передаточной функцией $W(s) = \frac{k}{Ts}$ называется	<p>1. дифференцирующим.</p> <p>2. интегрирующим.</p> <p>3. апериодическим первого порядка.</p> <p>4. апериодическим второго порядка.</p>
14.	АФЧХ интегрирующего звена представляет собой	<p>1. эллипс.</p> <p>2. точку.</p> <p>3. многоугольник.</p> <p>4. прямую линию.</p>
15.	АФЧХ дифференцирующего звена представляет собой	<p>1. эллипс.</p> <p>2. прямую линию.</p> <p>3. треугольник.</p>

		4. многоугольник.
16.	Что называется нулями передаточной функции?	1. точки, обозначаемые на комплексной плоскости крестиком. 2. корни полинома знаменателя передаточной функции. 3. точки, обозначаемые на комплексной плоскости кружком. 4. корни полинома числителя передаточной функции.
17.	Условие положительности всех коэффициентов характеристического уравнения является необходимым и достаточным для устойчивости систем	1. второго порядка. 2. третьего порядка. 3. не выше второго порядка. 4. выше третьего порядка.
18	Значение времени, отсекаемое на линии установившегося значения касательной к переходной характеристике инерционного звена, восстановленной из начала координат, называется	1. временем регулирования. 2. временем установления. 3. постоянной времени. 4. временем нарастания.
19.	Метод Ляпунова является	1. дифференциальным. 2. интегральным. 3. корневым. 4. алгебраическим
20.	Чему равно начальное значение переходной функции при $m < n$?	1. a_0 / b_0 . 2. b_m / b_0 . 3. b_0 / a_0 . 4. 0.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированный зачёт)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Борисевич А.В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB. М.: Инфра-М, 2014. 200 с. [Электронный ресурс] – <http://znanium.com/bookread2.php?book=470329>
2. Шапкарин А.В., Кулло И.Г. Лабораторный практикум «Теория автоматического управления. Методы исследования нелинейных систем». М.: НИЯУ «МИФИ», 2012. 92 с. [Электронный ресурс] – <http://znanium.com/bookread2.php?book=604092>
3. Глазырин Г.В. Теория автоматического регулирования. Новосибирск: НГТУ, 2014. 168 с. [Электронный ресурс] – <http://znanium.com/bookread2.php?book=558731#>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Никулин Е.А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем: учеб. пособие. СПб: БХВ-Петербург, 2015. 632 с. [Электронный ресурс] – <http://znanium.com/bookread2.php?book=939825>
2. Пантелеев А.В., Бортакровский А.С. Теория управления в примерах и задачах: учеб. пособие, 2-е изд. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. 584 с. [Электронный ресурс] – <http://znanium.com/bookread2.php?book=542627#>

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

Изучать дисциплину следует в соответствии с Рабочей программой дисциплины, Курсом лекций по дисциплине, Учебно-методическими материалами к практическим занятиям, Учебно-методическими материалами к самостоятельной работе.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/.
10. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитория для проведения лекционных занятий

Специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа оснащена мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы
 Оснащенность аудитории: 120 посадочных мест. Стол аудиторный – 61 шт., стул аудиторный – 120 шт., кресло преподавательское – 1 шт., доска настенная «Magnetoplan» – 1 шт., переносная трибуна – 1, источник бесперебойного питания ProtectionStation – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., проектор – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения и реквизиты подтверждающего документа: Microsoft Windows Pro 7 PRO RUS

Аудитории для проведения практических занятий

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 29 посадочных мест. Мультимедийный проектор – 1 шт., стол – 7 шт., стул – 30 шт., АРМ преподавателя ПК (системный блок, монитор) – 1 шт., компьютер – 14 шт. (возможность доступа к сети «Интернет»).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, MathCad Education.

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 10 посадочных мест. Мультимедийный проектор – 1 шт., стол – 10 шт., стул – 17 шт., АРМ преподавателя ПК (системный блок, монитор) – 1 шт., компьютер – 13 шт. (возможность доступа к сети «Интернет»).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 Professional Plus, MathCad Education.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная

маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 Standard

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Standard.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License, Microsoft Office 2007 Professional Plus, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, Cisco Packet Tracer 7.1, Quantum GIS, Python, R, Rstudio, SMath Studio, GNU Octave, Scilab.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 Professional Plus,

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповёрт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional.

Microsoft Office 2007 Professional Plus.

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional. Microsoft Office 2007 Professional Plus. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

8.4. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 8 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Standard.
3. Microsoft Office 2010 Professional Plus.
4. MathCad Education.
5. LabView Professional.