

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики

Г. Н. Суворов
«25» мая 2026 г.

ТЕРМОДИНАМИКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Рабочая программа для обучающихся
по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы
(производственная аспирантура)
форма обучения (очная)

Шевелёв А.П., Лукошкина Т.А. Термодинамика многокомпонентных систем. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы (производственная аспирантура), форма обучения (очная). Тюмень, 2026.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утверждены приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г., № 951.

Рабочая программа дисциплины Термодинамика многокомпонентных систем опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины — сформировать у аспирантов систему теоретических знаний и практических навыков в области термодинамики многокомпонентных углеводородных систем, необходимых для моделирования фазового поведения пластовых флюидов (нефти, газа, газоконденсата), расчёта парожидкостного равновесия с использованием уравнений состояния и программных комплексов PVT-моделирования, а также для подготовки аспирантов к самостоятельной научно-исследовательской работе в области термодинамического моделирования нефтегазовых систем.

Задачи учебного курса:

- освоить основные понятия и законы термодинамики многокомпонентных систем (термодинамическая система, фаза, компонент, химический потенциал, уравнение Гиббса-Дюгема, правило фаз Гиббса);
- изучить уравнения состояния чистых веществ и многокомпонентных смесей (уравнение Менделеева-Клапейрона, Ван-дер-Ваальса, вириальные уравнения, кубические уравнения Редлиха-Квонга, Соаве-Редлиха-Квонга, Пенга-Робинсона и их модификации);
- освоить правила смешения для многокомпонентных систем и методы расчёта параметров уравнений состояния;
- изучить методы и алгоритмы расчёта парожидкостного равновесия многокомпонентных систем, включая коэффициенты распределения компонентов, условие термодинамического равновесия фаз, расчёт коэффициентов фугитивности (летучести);
- освоить построение и анализ фазовых диаграмм («давление-температура», «давление-состав») для чистых веществ, бинарных и многокомпонентных систем, изучить ретроградные явления и классификацию залежей по фазовому состоянию;
- изучить корреляционные зависимости для определения критических параметров (температура, давление) и ацентрического фактора, метод разбиения на фракции C5+ (метод Куртиса-Витсона, метод линеаризации молярной доли);
- освоить работу с автоматизированными программными комплексами PVT-моделирования (задание параметров компонентов, настройка модели, построение фазовых диаграмм);
- сформировать навыки моделирования фазового поведения газоконденсатных и нефтяных систем, анализа полученных результатов и оформления их в виде отчётов.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основных понятий и законов, описывающих фазовое поведение индивидуальных веществ и многокомпонентных природных углеводородных систем;
- классических методов расчета фазового состояния многокомпонентных углеводородных систем нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений с использованием уравнений состояния и программного обеспечения.

Уметь:

- моделировать фазовое поведение многокомпонентной углеводородной системы;
- анализировать полученные результаты и оформлять их в виде отчётов.

Иметь навыки:

- пользования автоматизированными программными комплексами PVT-моделирования;
- работы с различными корреляционными зависимостями для параметров, характеризующих фазовое поведение многокомпонентной углеводородной системы.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

В результате освоения ОП выпускник должен обладать следующими компетенциями:

- способностью владеть современными подходами к анализу турбулентности, многофазных течений, ударных волн и неустойчивостей потока (ПК-4).

- способностью прогнозировать поведение текущих сред под действием внешних воздействий,
- включая климатические и космические условия (ПК-5).
- способностью адаптировать научные знания к практическим инженерным решениям и промышленным инновациям (ПК-6).

3. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4
Общий объем зач. ед. час	3	3
	108	108
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	22	22
Лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	50	50
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Дифференцированный зачет 36

4. Система оценивания

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет, который сдаётся по окончании освоения дисциплины. Дифференцированный зачет проводится в устно-письменной форме. Дифференцированный зачет включает письменную часть – ответ по билету, состоящему из трёх вопросов. Устная часть зачёта оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем. При ответе на три вопроса билета ставится оценка "отлично", на два вопроса - "хорошо", на один вопрос - "удовлетворительно". За устное собеседование выставляется отдельная оценка. Итоговая оценка за зачет выставляется как среднеарифметическая двух оценок (за письменную и устную части).

Для допуска к дифференцированному зачёту обязательно выполнить и сдать реферат, подготавливаемый на практических занятиях по курсу. Темы рефератов формируются в зависимости от тем научного исследования аспирантов. Тема реферата может являться главой диссертации (расчет основных параметров, создание методики теплофизического расчета и др.). Объем реферата – 30-50 страниц. Реферат сдается на проверку преподавателю не позднее чем за 1 неделю до окончания курса, после проверки защищается на практическом занятии. Если защита проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к дифференцированному зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/ п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.		
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)	Иные виды

			Лек ции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгрупп-ам	контактно й работы
1	2	3	4	5	6	7
	Часов в 4 семестре	58	12	10	0	36
	Термодинамика многокомпонентных систем	58	12	10	0	36
1	Основы термодинамики многокомпонентных систем. Термодинамическая система, фаза, компонент. Химический потенциал. Уравнение Гиббса-Дюгема. Правило фаз Гиббса.	2	2	0	0	0
2	Уравнения состояния чистых веществ. Уравнение Менделеева- Клапейрона. Реальный газ. Уравнение Ван- дер-Ваальса. Вириальные уравнения состояния.	2	2	0	0	0
3	Практическое занятие 1. Решение задач на первое и второе начала термодинамики. Расчет термодинамических параметров.	2	0	2	0	0
4	Кубические уравнения состояния. Уравнение Редлиха-Квонга и его модификации. Уравнение Соаве- Редлиха-Квонга. Уравнение Пенга- Робинсона и его модификации. Правила смещения. Расчет параметров уравнения для многокомпонентных смесей.	2	2	0	0	0
5	Практическое занятие 2. Расчет коэффициента сверхсжимаемости по уравнениям Редлиха- Квонга и Пенга- Робинсона.	2	0	2	0	0
6	Методы и алгоритмы	2	2	0	0	0

	расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем. Коэффициенты распределения компонентов. Условие термодинамического равновесия фаз.					
7	Практическое занятие 3. Построение алгоритма определения молярных концентраций компонентов в фазах. Расчет констант фазового равновесия.	2	0	2	0	0
8	Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Диаграммы "давление-температура", "давление-состав". Ретроградные явления. Классификация залежей по фазовому состоянию.	2	2	0	0	0
9	Практическое занятие 4. Построение фазовых диаграмм. Моделирование газоконденсатных и нефтяных систем. Метод разбиения на фракции C5+.	2	0	2	0	0
10	Фугитивность (летучесть) и коэффициент фугитивности. Корреляции для определения критических параметров и ацентрического фактора.	2	2	0	0	0
11	Практическое занятие 5. Автоматизированные комплексы PVT-моделирования. Задание параметров компонентов. Настройка модели.	2	0	2	0	0
12	Дифференцированные занятия и зачет	36	0	0	0	36
	Итого (часов)	58	12	10	0	36

5.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Основы термодинамики многокомпонентных систем.

Основные понятия и определения термодинамики многокомпонентных (углеводородных) систем. Определения термодинамической системы, независимых термодинамических параметров, функции состояния, характеристических функций, экстенсивных, интенсивных, внешних и внутренних параметров, механических, тепловых и массообменных взаимодействий, открытой и закрытой систем, гомогенной и гетерогенной термодинамической системы, фазы и компонента термодинамической системы. Химический потенциал. Уравнение Гиббса–Дюгема. Правило фаз Гиббса. Летучесть и коэффициент летучести.

Тема 2. Уравнения состояния.

Уравнения состояния чистых веществ. Вириальные уравнения состояния. Уравнение Менделеева–Клапейрона. Кубические уравнения состояния. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Многокоэффициентные уравнения состояния. Уравнение Бенедикта–Вебба–Рубина. Уравнение Старлинга–Ханна. Уравнение Редлиха–Квонга. Модификации уравнения Редлиха–Квонга. Модификация Алани–Кеннеди–Багиа. Модификация Вильсона. Модификация Чу–Прауснитца. Модификация Иоффе–Зудкевича. Модификация Симоне–Бихара. Модификация Барсука–Беньяминовича. Уравнение Соаве–Редлиха–Квонга. Уравнение Пенга–Робинсона и его модификации. Модификация с шифт–параметром. Обобщенный вид кубического уравнения состояния.

Тема 3. Методы и алгоритмы расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем.

Методы и алгоритмы расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем. Коэффициенты распределения компонентов двухфазной системы. Уравнения фазовых концентраций двухфазных систем. Стабильность фазового состояния. Понятие и критерий стабильности фазы. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для чистых веществ. Фазовая диаграмма «давление – температура» чистого вещества. Фазовая диаграмма «давление – удельный объем» чистого вещества. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем. Диаграмма «давление – удельный объем» бинарных систем. Диаграмма «давление – состав» двойных систем. Фазовая диаграмма «давление – состав» бинарной смеси метан–диоксид углерода. Псевдокомпонент. Фазовые диаграммы «давление – температура» бинарных смесей. Ретроградные явления. Фазовые диаграммы трехкомпонентных систем. треугольная фазовая диаграмма для определения состава трехкомпонентной смеси. Классификация залежей по фазовому состоянию и свойствам пластовых флюидов. Моделирование газоконденсатных систем. Методика и алгоритм определения фазового состояния газоконденсатной системы на основе разделения компонентов на фракции. Моделирование нефтяных систем на основе данных исследования глубинной пробы. Две модели пластовой нефти и алгоритмы расчета фазового состояния нефтяных систем. Метод разбиения на фракции группы CN+. Метод Куртиса–Витсона. Метод линеаризации молярной доли. Расчет параметров фракций–компонентов модели пластовой смеси. Корреляционные зависимости для определения критических температуры и давления. Корреляции для определения ацентрического фактора. Эффективный метод расчета критического давления и ацентрического фактора фракций группы C5+. Фугитивность (летучесть). Условие термодинамического равновесия фаз. Коэффициент фугитивности. Методика расчёта фазового равновесия через фугитивности. Замыкающие соотношения. Условия на молярные концентрации.

Тема 4. Автоматизированные комплексы PVTi-моделирования.

Автоматизированные комплексы PVTi-моделирования. Функциональные возможности. Задание параметров компонентов в программных комплексах PVTi-моделирования. Построение фазовых диаграмм в программных комплексах PVTi-моделирования. Настройка модели.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Тема 1. Основы термодинамики многокомпонентных систем	Формы СРС: чтение рекомендованной литературы, работа с глоссарием, составление конспекта, подготовка к тестированию. Требования: освоить основные понятия термодинамики многокомпонентных систем (термодинамическая система, фаза, компонент, химический потенциал, летучесть, коэффициент летучести), изучить уравнение Гиббса-Дюгема и правило фаз Гиббса, усвоить различия между экстенсивными и интенсивными параметрами, открытыми и закрытыми системами, гомогенными и гетерогенными системами. Контроль: тестирование по основным определениям, проверка глоссария и конспекта.
2.	Тема 2. Уравнения состояния	Формы СРС: чтение рекомендованной литературы, выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями, составление таблицы уравнений состояния. Требования: изучить уравнения состояния чистых веществ (Менделеева-Клапейрона, Ван-дер-Ваальса, вириальные, кубические), освоить модификации уравнения Редлиха-Квонга, изучить уравнение Соаве-Редлиха-Квонга, уравнение Пенга-Робинсона и его модификации, освоить обобщённый вид кубического уравнения состояния, выполнить расчёт коэффициента сверхсжимаемости по различным уравнениям состояния. Контроль: проверка домашнего задания (расчёт коэффициента сверхсжимаемости), устный опрос по типам уравнений состояния.
3.	Тема 3. Методы и алгоритмы расчета парожидкостного равновесия многокомпонентных систем	Формы СРС: чтение рекомендованной литературы, выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями, освоение алгоритмов расчёта, построение фазовых диаграмм. Требования: освоить методы и алгоритмы расчёта парожидкостного равновесия, изучить коэффициенты распределения компонентов и уравнения фазовых концентраций, освоить понятие стабильности фазы и критерии стабильности, изучить фазовые диаграммы для чистых, бинарных и трёхкомпонентных систем (P-T, P-V, P-состав), освоить ретроградные явления и классификацию залежей по фазовому состоянию, изучить методику моделирования газоконденсатных и нефтяных систем (метод разбиения на фракции C5+, метод Куртиса-Витсона, метод линеаризации молярной доли), освоить корреляционные зависимости для определения критических параметров и ацентрического фактора, изучить расчёт фазового равновесия через фугитивности. Контроль: проверка домашнего задания (расчёт констант фазового равновесия, построение фазовой диаграммы), защита расчёта.
4.	Тема 4. Автоматизированные комплексы PVT-моделирования	Формы СРС: чтение рекомендованной литературы, выполнение практической работы в программном комплексе, работа с методическими указаниями, оформление отчёта. Требования: освоить функциональные возможности автоматизированных комплексов PVT-моделирования (например, tNavigator), научиться задавать параметры компонентов в программном комплексе, освоить настройку модели и построение фазовых диаграмм, выполнить моделирование фазового поведения газоконденсатной или нефтяной системы, оформить отчёт по результатам моделирования. Контроль: проверка выполненной практической работы, защита отчёта (анализ полученных фазовых диаграмм).

5.	Дифференцированный зачет	Подготовка устных ответов по представленному перечню вопросов
----	--------------------------	---

7. Промежуточная аттестация по дисциплине

7.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачёт, который сдаётся по окончании освоения дисциплины. Дифференцированный зачёт проводится в устно-письменной форме. Дифференцированный зачёт включает письменную часть – ответ по билету, состоящему из трёх вопросов, формируемых из перечня 40 вопросов. Устная часть зачёта оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем. При ответе на три вопроса билета ставится оценка "отлично", на два вопроса - "хорошо", на один вопрос - "удовлетворительно". За устное собеседование выставляется отдельная оценка. Итоговая оценка за зачёт выставляется как среднеарифметическая двух оценок (за письменную и устную части).

Для допуска к дифференцированному зачёту обязательно выполнить и сдать реферат, подготавливаемый на практических занятиях по курсу. Темы рефератов формируются в зависимости от тем научного исследования аспирантов. Тема реферата может являться главой диссертации (расчет основных параметров, создание методики теплофизического расчета и др.). Объем реферата – 30-50 страниц. Реферат сдается на проверку преподавателю не позднее чем за 1 неделю до окончания курса, после проверки защищается на практическом занятии. Если защита проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к дифференцированному зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

Темы рефератов не ограничиваются, они соответствуют предполагаемым темам диссертации на соискание учёной степени кандидата наук. Если защита реферата проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

Реферат оформляется шрифтом 14 Times New Roman с полуторным интервалом, абзацный отступ 1,25 см, интервал полуторный.

Пример оформления реферата

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра моделирования физических процессов и систем

Реферат
по теме: «Тема диссертации»

Аспирант 2 курса
по научной специальности

Фамилия И.О.
1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Проверил:

Фамилия И.О.
кандидат физико-математических наук

ВВЕДЕНИЕ

Описывается актуальность задачи.

ГЛАВА 1. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

Текст главы, рисунки, таблицы.

ГЛАВА 2. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

Текст главы, рисунки, таблицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Вопросы к дифференцированному зачёту

1. Термодинамическая система: определение, классификация (открытые, закрытые, изолированные).
2. Экстенсивные и интенсивные параметры термодинамической системы: определения, примеры, различия.
3. Фаза и компонент термодинамической системы: определения, примеры для углеводородных систем.
4. Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы: определения, отличия, примеры.
5. Химический потенциал: определение, физический смысл, связь с другими термодинамическими функциями.
6. Уравнение Гиббса-Дюгема: вывод, физический смысл, применение для многокомпонентных систем.
7. Правило фаз Гиббса: формулировка, вывод, применение для однокомпонентных и многокомпонентных систем.
8. Летучесть (фугитивность) и коэффициент летучести: определения, физический смысл, методы расчёта.
9. Уравнение состояния идеального газа (Менделеева-Клапейрона): область применения, ограничения.
10. Реальный газ. Отличие от идеального газа. Фактор сверхсжимаемости (коэффициент сжимаемости).
11. Уравнение Ван-дер-Ваальса: структура, физический смысл параметров a и b , достоинства и недостатки.
12. Вириальные уравнения состояния: форма записи, вириальные коэффициенты, их физический смысл.
13. Кубические уравнения состояния: общая характеристика, преимущества и недостатки.
14. Уравнение Редлиха-Квонга: структура, область применения, недостатки.
15. Модификации уравнения Редлиха-Квонга (Алани-Кеннеди-Багиа, Вильсона, Чу-Прауснитца, Иоффе-Зудкевича, Симоне-Бихара, Барсука-Беньяминовича).
16. Уравнение Соаве-Редлиха-Квонга (SRK): структура, отличия от уравнения Редлиха-Квонга.
17. Уравнение Пенга-Робинсона (PR): структура, преимущества по сравнению с SRK.
18. Модификации уравнения Пенга-Робинсона: модификация с шифт-параметром, области применения.
19. Обобщённый вид кубического уравнения состояния: структура, параметры.
20. Правила смешения для многокомпонентных систем: классические правила, бинарные параметры взаимодействия.
21. Расчёт параметров кубического уравнения состояния для многокомпонентной

смеси.

22. Многокоэффициентные уравнения состояния: уравнение Бенедикта-Вебба-Рубина (BWR), уравнение Старлинга-Ханна.
23. Коэффициенты распределения компонентов в двухфазной системе: определение, физический смысл.
24. Уравнения фазовых концентраций двухфазных систем (уравнения материального баланса фаз).
25. Стабильность фазового состояния: понятие, критерии стабильности фазы.
26. Фазовая диаграмма «давление – температура» (P-T) для чистого вещества: линии фазовых равновесий, тройная точка, критическая точка.
27. Фазовая диаграмма «давление – удельный объём» (P-V) для чистого вещества: изотермы реального газа, область двухфазного состояния.
28. Фазовые диаграммы бинарных систем: диаграмма «давление – состав» (P-x-y), диаграмма «давление – температура» (P-T) для бинарных смесей.
29. Псевдокомпонент: определение, методы выделения, роль в моделировании нефтяных и газоконденсатных систем.
30. Ретроградные явления: ретроградная конденсация и ретроградное испарение, условия возникновения, практическое значение.
31. Классификация залежей по фазовому состоянию и свойствам пластовых флюидов: нефтяные, газовые, газоконденсатные залежи.
32. Треугольная фазовая диаграмма для трёхкомпонентных систем: построение, линии равного состава, область расслоения.
33. Моделирование газоконденсатных систем: методика и алгоритм определения фазового состояния на основе разделения компонентов на фракции.
34. Моделирование нефтяных систем по данным исследования глубинной пробы: две модели пластовой нефти, алгоритмы расчёта фазового состояния.
35. Метод разбиения на фракции группы C5+: метод Куртиса-Витсона, метод линеаризации молярной доли.
36. Корреляционные зависимости для определения критических температуры и давления фракций.
37. Корреляции для определения ацентрического фактора (по Питцеру, по Ли-Кеслеру и др.).
38. Условие термодинамического равновесия фаз через фугитивности: равенство фугитивностей компонентов в фазах.
39. Методика расчёта фазового равновесия через коэффициенты фугитивности: итерационный алгоритм, замыкающие соотношения.
40. Автоматизированные комплексы PVT-моделирования: функциональные возможности, задание параметров компонентов, настройка модели, построение фазовых диаграмм

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература:

1. Тетельмин, В. В. Нефтегазовое дело. Полный курс. Том 2 : учебник / В. В. Тетельмин. - 3-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 400 с. - ISBN 978-5-9729-2022-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2170586> (дата обращения: 21.05.2026). – Режим доступа: по подписке.
2. Федоров, Константин Михайлович. Фильтрационные течения с физико-химическими превращениями в задачах нефтегазовой механики : учебное пособие / К. М. Федоров, Н. Г. Мусакаев, Татьяна Анатольевна Кремлева Тюмень : Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2017. - URL: https://library.utmn.ru/dl/PPS/Fedorov_Musakaev_Kremleva_572_UP_2017.pdf/view (дата обращения: 21.05.2026).

8.2. Интернет-ресурсы:

1. Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». URL: <https://rd.springer.com/>

2. Электронно-библиотечная система “ЗНАНИУМ”/ ООО “ЗНАНИУМ”. URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>
3. Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

LibreOffice, платформы: Яндекс. Мессенджер, Яндекс.Телемост, Lazarus, Pascal ABC.NET.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.
- Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, персональный компьютер.

11. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы аспирант должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Перед консультацией необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у аспиранта, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.