

Институт ИТКН

Кафедра инженерной кибернетики

Направление подготовки: 01.03.04 прикладная математика

Квалификация (степень): бакалавр

Группа: **БПМ-22-ПО-1**

ОТЧЕТ

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

на тему: **Algorithm of Learned Digital Back Propagation**

7-й семестр

2025 ÷ 2026 уч. год.

Студент _____ / Голубев Иван Максимович /

подпись

Фамилия И.О.

Руководитель НИР _____ / Семёнов Валерий Васильевич /

подпись

должность, уч. степ. Фамилия И.О.

Оценка: _____

Дата защиты: _____

Утвердил:

Председатель комиссии _____ / _____ /

подпись

Фамилия И.О.

Москва 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ	3
2. ВВЕДЕНИЕ	4
3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	5
3.1. Влияние дальнодействия потенциала на критическое поведение	5
3.2. Влияние дальнодействия потенциала на фазовые диаграммы и плавление	5
3.3. Цели и задачи магистерской работы	5
4. СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	7
5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	8
6. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА	9
7. РАЗРАБОТКА И Т МЕТОДОВ	10
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11

1. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

2. ВВЕДЕНИЕ

Оптоволоконные системы связи являются фундаментом глобальной информационной инфраструктуры XXI века, обеспечивая передачу подавляющего объема данных в интернете, мобильных сетях и межконтинентальных магистралях. Их ключевое преимущество — исключительная пропускная способность и низкие потери сигнала на больших расстояниях. Однако по мере роста спроса на трафик и увеличения скоростей передачи (сотни Гбит/с и выше на канал) физические ограничения оптического волокна становятся критическим барьером. В лонг-холл (длинных) кабелях, особенно подводных и трансконтинентальных, длительное распространение сигнала приводит к совокупному воздействию линейных (хроматическая дисперсия, затухание) и, что особенно важно, нелинейных эффектов Керра. Эти нелинейные искажения, возникающие из-за взаимодействия света с материалом волокна, не являются аддитивным шумом и их влияние принципиально зависит от самого передаваемого сигнала. Традиционные методы компенсации, такие как цифровая обработка сигналов (ЦОС) с линейным уравнением Шрёдингера, становятся неэффективными, делая нелинейность доминирующим фактором, ограничивающим дальность и емкость современных систем.

Существующие методы нелинейной компенсации, например, цифровая обратная распространение (DBP — Digital Backpropagation), сталкиваются с фундаментальными проблемами при практической реализации. Классический DBP требует точного знания параметров всей трассы, чрезвычайно высокой вычислительной сложности (особенно при учете поляризационной модовой дисперсии и эффектов Керра высших порядков) и становится практически неприменимым в системах с динамическим управлением спектром (flex-grid) или с реконфигурируемыми оптическими сетями (ROADM). Таким образом, возникает острая необходимость в разработке интеллектуальных, адаптивных и вычислительно эффективных алгоритмов, способных подавлять нелинейные помехи в реальном времени в условиях неполной информации о канале.

3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

3.1. Влияние дальнодействия потенциала на критическое поведение

Уравнения Максвелла запишем в следующем виде [?]:

$$\mathcal{H}/k_{\text{B}}T = -K \sum_{\langle ij \rangle} \frac{s_i s_j}{r_{ij}^{d+\sigma}} \quad (3.1)$$

3.2. Влияние дальнодействия потенциала на фазовые диаграммы и плавление

В настоящий момент установлено, что 2D-сценарии плавления зависят от мягкости отталкивания, обеспечивая микроскопические сценарии 2D-плавления, описываемые в работах [?, ?], что доказывает теория Березинского-Костерлица-Таулесса-Гальперина-Нельсона-Янга (БКТГНЯ), согласно которой плавление происходит через два непрерывных перехода с промежуточной гексатической фазой с квазидальним ориентационным порядком и близким трансляционным порядком [?, ?, ?, ?], плавление через фазовый переход первого рода, двухстадийное плавление, включающее непрерывный (Березинский-Костерлиц-Таулесс, БКТ) кристаллогексатический фазовый переход и фазовый переход первого рода между гексатической фазой и изотропной жидкостью. Второй и третий сценарии присущи системам с короткодействующим (жестким) отталкиванием, тогда как первый наблюдался при мягком отталкивании между частицами. Установлено, что мягкость отталкивания влияет на сценарии плавления, термодинамику и спектры возбуждения в монослойных системах. Однако известно, что роль притяжения в сценарии плавления монослойных систем остается систематически неизученной.

3.3. Цели и задачи магистерской работы

Цель работы – установить связь дальнодействия притяжения потенциала взаимодействия и спектров возбуждений с транспортными свойствами жидкости.

стей, а также влияние на скорость нуклеации.

Задачи работы:

1. Расчет фазовых диаграмм для 2D и 3D систем частиц, взаимодействующих посредством обобщенного потенциала Леннарда-Джонса с различными степенями притяжения.
2. Адаптация метода кластеризации данных DBSCAN для изучения молекулярных систем и его сравнение с другими методами.
3. Расчет и анализ транспортных свойств и коллективных возбуждений на жидкостных бинодалях.
4. Применение нового метода распознавания фаз для изучения скорости нуклеации в переохлажденных системах Леннарда-Джонса с различным дальнодействием притяжения.

4. СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

6. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА

7. РАЗРАБОТКА ИТ МЕТОДОВ

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты НИРа:
НЕТ ТАКОВЫХ