

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Автоматическая генерация семантически связного текста методами машинного обучения</b>

УДК 004.822:004.85

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Кривошеев Н.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Спицын В.Г.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горбенко М. В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Спицын В.Г.	д.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результаты обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов
1	2	3
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
Р1	Самостоятельно приобретать, и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области современных информационно-коммуникационных технологий для решения междисциплинарных инженерных задач.	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС ТПУ (УК-1,4; ОПК-1,4), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р2	Разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС ТПУ (УК-1,2; ОПК-2,5,6), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. Требования профессиональных стандартов 06.016, 06.017 (ПК-2, ПК-3).
Р3	Применять на практике новые научные принципы и методы исследований. Демонстрировать способность анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС ТПУ (УК-1,2; ОПК-3,4), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р4	Разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем.	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС ТПУ (УК-1,4; ОПК-5,6,7), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2,2.6.), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. Требования профессиональных стандартов: 06.028, 06.016, 06.017 (ПК-1, ПК-3).
Р5	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к дальнейшему образованию и профессиональной мобильности. Активно владеть одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС ТПУ (УК-5,6; ОПК-7,8), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

1	2	3
	профессиональную терминологию языка.	
Р6	Осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов. Эффективно работать, как член и руководитель группы, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре.	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС ТПУ (УК-3,4,5; ОПК-3,8), критерий 5 АИОР (п. 2.4, п. 2.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей Требования профессиональных стандартов: 06.028, 06.016, 06.017 ( ПК-2, ПК-3).
<b>Профессиональные компетенции</b>		
Р7	Разрабатывать стратегии проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости сверточных нейронных сетей и методов вычислительного интеллекта для разработки программно-алгоритмических систем анализа больших объёмов данных.	Требования ФГОС ВО (3++) (3++), СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-5,6), критерий 5 АИОР (п.1.3), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. Требования профессиональных стандартов 06.001, 06.015, 40.057, 06.003, 06.017, 06.035.
Р8	Планировать и проводить теоретические исследования и компьютерные эксперименты в области создания программных систем интеллектуального анализа больших объёмов данных.	Требования ФГОС ВО (3++) (3++), СУОС ТПУ (УК-2,5; ОПК-6,8), критерий 5 АИОР (п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей. Требования профессиональных стандартов 06.001, 06.015, 40.057, 06.003, 06.017, 06.035.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
---

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ83	Кривошееву Николаю Анатольевичу

Тема работы:

<b>Автоматическая генерация семантически связного текста методами машинного обучения</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№140-46/с от 19.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Предметом исследования являются методы искусственного интеллекта, используемые в задачах генерации текстовой информации.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обзор литературных источников.</li> <li>– Поиск или формирование выборок данных.</li> <li>– Реализация алгоритмов генерации текстовой информации</li> <li>– Сравнительный анализ алгоритмов генерации текстовой информации.</li> <li>– Анализ полученных результатов.</li> <li>– Социальная ответственность.</li> </ul>

<i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	– Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Заключение.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Основная часть	Профессор ОИТ ИШИТР, д.т.н., Спицын В.Г.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В. Ю.
Социальная ответственность	Доцент ООД ШБИП, к.т.н., Горбенко М. В.
Английский язык	Доцент ОИЯ ШБИП, к.ф.н., Аксёнова Н. В.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Введение
Аналитический обзор методов генерации текста
Описание основных алгоритмов
Выборки данных

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Спицын В.Г.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Кривошеев Н.А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ВМ83	Кривошееву Николаю Анатольевичу

<b>Школа</b>	<b>Информационных технологий и робототехники</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Информационных технологий</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Информатика и вычислительная техника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС, ставка дисконтирования = 4%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
2. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		25.02.2020 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ВМ83	Кривошеев Н.А.		25.02.2020 г.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ83	Кривошееву Николаю Анатольевичу

Школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

Автоматическая генерация семантически связного текста методами машинного обучения	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Алгоритмы автоматической генерации семантически связных текстов используются для решения разных задач, таких как: аннотирование изображений, перевод, генерация текста и другие задачи.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Трудовой Кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ; Постановление от 25 апреля 2012 года N 390 «О противопожарном режиме» СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Рабочий процесс проводится в специализированном помещении, где могут быть такие вредные факторы как: повышенный уровень шума и вибрации, микроклимат, отсутствие или недостаток естественного света. В ходе выполнения работы возможно поражение электрическим током.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Влияние на литосферу из-за утилизации бытовых отходов. Косвенное влияние на атмосферу – высокий уровень потребления электроэнергии.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможно возникновение пожара.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горбенко М. В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Кривошеев Н. А.		

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Уровень образования – Магистратура  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий  
Период выполнения – осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)
--

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.09.2019	Аналитический обзор методов генерации семантически связного текста	15
01.11.2019	Поиск обучающих выборок или их формирование для задачи генерации текста	15
30.12.2019	Реализация алгоритмов генерации семантически связного текста	20
01.04.2020	Проведение сравнения реализованных алгоритмов с аналогичными решениями	15
01.05.2020	Социальная ответственность	15
01.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
01.05.2020	Заключение	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Спицын В.Г.	д.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Спицын В.Г.	д.т.н.		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 107 листах, включает 14 рисунков, 25 таблиц, 49 источников литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: генерация текста, генеративно-сопоставительная нейронная сеть, SeqGAN, LSTM, автоэнкодер, предварительная обработка текстовых данных, машинное обучение.

Объектом исследования являются: алгоритмы генерации семантически связного текста.

Цель работы: проведение аналитического обзора методов генерации семантически связного текста, реализация алгоритмов машинного обучения для генерации семантически связного текста, проведение сравнения с аналогичными решениями.

В результате исследования: был проведен анализ алгоритмов генерации семантически связного текста. Проведен поиск выборок данных для обучения реализованных алгоритмов генерации текста. Проведен сбор данных для расширения одной из выборок. Реализованы: автоэнкодер, два подхода к генерации текста на основе RNN, упрощенная реализация SeqGAN (без реализации алгоритма Монте-Карло). Проведено обучение и тестирование реализованных алгоритмов. Также проведено тестирование нейронной сети LeakGAN. Приведены результаты обучения и тестирования реализованных или протестированных алгоритмов (LeakGAN). Проведена оценка качества нейронных сетей LSTM и SeqGAN по метрике BLEU. Был проведен поиск аналогичных решений. Проведено сравнение протестированных алгоритмов между собой, также проведено сравнение с аналогами. Приведен анализ полученных результатов. Реализация алгоритмов проводилась на языке Python с помощью библиотек: Keras (автоэнкодер, RNN), TensorFlow (LSTM), PyTorch (LSTM, SeqGAN).

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

**RNN** – recurrent neural network

**SeqGAN** – sequence generative adversarial network

**LeakGAN** – leaked information GAN

**LSTM** – long short-term memory

**MLE** – maximum likelihood estimation

**NLP** - natural language processing

**Dense** – полносвязная нейронная сеть

**GAN** – generative adversarial network

**BLEU** – bilingual evaluation understudy

**VAE** – variational autoencoder

**ЗП** – заработная плата.

**ПР** – прибыль

**РФ** — Российская Федерация.

**ГОСТ** — Государственный стандарт.

**СНиП** – Строительные нормы и правила.

**СН** – строительные нормы.

**СП** – строительные правила.

**СанПиН** – Санитарные правила, нормы, правила и нормы, гигиенические норматив

## Оглавление

Введение.....	14
Глава 1. Аналитический обзор методов генерации текста .....	15
1.1 Автоэнкодер.....	15
1.2 RNN.....	15
1.3 SeqGAN.....	16
1.4 LeakGAN.....	17
Глава 2. Описание основных алгоритмов.....	19
2.1 LSTM.....	19
2.2 Word Embedding.....	20
2.3 Полносвязный слой.....	22
2.4 Оптимизаторы гиперпараметров.....	23
Глава 3. Выборки данных.....	25
3.1 Учебные наборы данных.....	25
3.2 Предварительная обработка данных.....	27
Глава 4. Описание использовавшихся топологий нейронных сетей .....	29
4.1 Автоэнкодер.....	29
4.2 RNN для генерации длинных текстов.....	29
4.3 LSTM для пословной генерации коротких текстов .....	31
4.4 SeqGAN.....	34
4.5 LeakGAN.....	37
Глава 5. Результаты обучения и тестирования нейронных сетей.....	39
5.1 Автоэнкодер.....	39
5.2 RNN для посимвольной генерации длинных текстов.....	39
5.3 LSTM для пословной генерации коротких текстов .....	40
5.4 SeqGAN.....	42
5.5 LeakGAN.....	44
5.6 Сравнение с аналогами.....	45

Глава 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	49
6.1 Организация и планирование работ.....	49
6.1.1 Продолжительность этапов работ.....	50
6.2 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта .....	55
6.2.1 Расчёт затрат на материалы.....	55
6.2.2 Расчёт заработной платы .....	56
6.2.3 Расчёт затрат на социальный налог .....	57
6.2.4 Расчёт затрат на электричество .....	57
6.2.5 Расчёт амортизационных расходов.....	58
6.2.6 Расчёт расходов, учитываемых непосредственно на основе платёжных (расчётных) документов (кроме суточных).....	59
6.2.7 Расчёт прочих расходов.....	60
6.2.8 Расчёт общей себестоимости разработки .....	60
6.2.9 Расчёт прибыли.....	61
6.2.10 Расчёт НДС .....	61
6.2.11 Цена разработки НИР .....	61
6.3 Оценка экономической эффективности проекта .....	61
Глава 7. Социальная ответственность .....	63
Введение .....	63
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	64
7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	64
7.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	65
7.2.1 Эргономические требования к рабочему месту.....	65
7.3 Производственная безопасность .....	67
7.3.1 Вредные производственные факторы.....	68

7.3.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны .....	68
7.3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	70
7.3.1.3 Производственные шумы.....	74
7.3.1.4 Электромагнитные поля.....	75
7.3.2 Опасные производственные факторы.....	76
7.3.2.1 Опасность поражения электрическим током .....	76
7.3.2.2 Опасность возникновения пожара .....	77
7.3.3 Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации .....	78
7.4 Экологическая безопасность.....	79
7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	81
7.6 Выводы по разделу.....	83
Заключение.....	85
Список публикаций и выступлений .....	87
Список использованных источников.....	88
Приложение А.....	93

## Введение

**Актуальность работы.** На данный момент одной из самых популярных задач является понимание текста. Данная задача включает в себя: классификацию, генерацию, перевод текста, ответы на вопросы, аннотирование изображений и другие задачи. Автоматическое создание связного и семантически значимого текста имеет множество применений, например, в машинном переводе, системах диалогов, подписи к изображениям. В данной работе под семантически связным текстом подразумевается целостный и семантически значимый (осмысленный) текст.

**Цель работы.** Целями данной работы являются: проведение аналитического обзора методов генерации семантически связного текста, реализация алгоритмов машинного обучения для генерации семантически связного текста, проведение сравнения с аналогичными решениями.

**Постановка задачи.** Достижение поставленной цели предполагает: проведение аналитического обзора методов решения задачи генерации семантически связного текста, поиск обучающих выборок для задачи генерации текста или их формирование для последующего обучения выбранных алгоритмов, реализация алгоритмов, проведение сравнения реализованных алгоритмов с аналогичными решениями, подведение итогов.

**Предмет исследования.** Предметом исследования являются методы искусственного интеллекта, используемые в генерации семантически связного текста.

## **Глава 1. Аналитический обзор методов генерации текста**

Автоматическая генерация семантически связного текста является сложной и популярной задачей, которая используется в таких задачах как: машинный перевод текстов, создание субтитров, аннотирование текстов и в других задачах. В данной работе под семантически связным текстом подразумевается целостный и осмысленный текст.

В данном разделе проводится анализ методов решения задачи генерации коротких семантически связных текстов и их краткое описание. Существуют различные подходы и решения к задаче генерации текстов, такие как: нейронные сети автоэнкодеры, рекуррентные нейронные сети, генеративно-состязательные сети и их вариации.

В данной работе был проведен аналитический обзор следующих алгоритмов: автоэнкодер [1], рекуррентная нейронная сеть (Recurrent Neural Network, RNN) [2], SeqGAN [3], LeakGAN [4].

### **1.1 Автоэнкодер**

Данная нейронная сеть состоит из двух частей: кодера и декодера. Задачей нейронной сети кодера является сжатие текста в некоторый вектор (кодирование), а задачей декодера является восстановление данного вектора в исходный текст (декодирование). В процессе генерации текста на декодер подается некоторый случайный вектор, для его последующего восстановления в текст. В данной работе случайный вектор заменен на сжатый кодером текст с внесением в него случайного шума, для изменения исходного текста и повышения качества генерации.

### **1.2 RNN**

Существуют различные подходы к генерации текстов с помощью RNN, в данной работе рассматриваются два подхода: RNN для посимвольной генерации длинных текстов и LSTM для пословной генерации коротких текстов.

В подходе RNN для посимвольной генерации длинных текстов генерация текста производится на основе некоторого начального фрагмента текста, поданного на нейронную сеть. В данном алгоритме используется посимвольная генерация. Для обучения нейронной сети проводится посимвольная предобработка текста (описанная ниже), текст обучающей выборки разбивается на примеры, где один пример состоит из  $N$  входных символов (в данной работе 50 символов) и одного выходного символа в качестве желаемого результата.

В подходе LSTM для пословной генерации коротких текстов генерируется некоторый фрагмент текста заданной длины. В данном алгоритме используется пословная генерация (описанная ниже). Текст обучающей выборки разбивается на примеры, где один пример состоит из  $N$  слов. Ответом для сети служит пример сдвинутый на одно слово влево.

### 1.3 SeqGAN

Одной из проблем генерации текстов с помощью LSTM является снижение качества генерируемого текста, при увеличении длины последовательности. Были рассмотрены решения, позволяющие увеличить качество генерации коротких текстов: SeqGAN [3] и LeakGAN [4]. Целью SeqGAN является генерация коротких семантически связных текстов. Данная нейронная сеть является модифицированной генеративно-сопоставительной нейронной сетью (GAN). Впервые данная нейронная сеть была предложена в 2016 году [3].

Основными модификациями являются использование обучения с подкреплением и алгоритма Монте-Карло, использующегося для улучшения качества оценки сгенерированного текста. Следует отметить, что SeqGAN может использоваться без использования алгоритма Монте-Карло. Подробнее о данном подходе можно прочитать в статье [4]. Данный подход использует обучение, состоящее из трех этапов: контролируемое предварительное обучение генератора (maximum likelihood estimation, MLE), предварительное обучение дискриминатора и обучение с подкреплением (использующее



генеративно-сопязательную нейронную сеть для динамической оценки качества текста). По результатам, представленным в статье [4] можно сделать вывод, что использование SeqGAN позволяет улучшить качество генерации текста.

#### **1.4 LeakGAN**

Данная нейронная сеть была предложена в 2017 году [4]. Целью данной нейронной сети является генерация относительно длинных семантически связанных текстов (более 20 слов). Данная нейронная сеть является генеративно-сопязательной нейронной сетью.

В данной статье [4] предлагается нейронная сеть LeakGAN, основанная на объединении идеи таких генеративно-сопязательных нейронных сетей как SeqGAN [3] и RankGAN. Рассматривается подход, основанный на утечке памяти из дискриминатора, которая позволяет улучшить качество генерируемого текста. Проведено сравнение таких подходов как maximum likelihood estimation (MLE), SeqGAN, RankGAN и предлагаемого LeakGAN. По представленным результатам можно сделать вывод, что подходы SeqGAN, RankGAN и LeakGAN позволяют улучшить качество генерируемого текста после использования предобучения генератора на основе MLE. Генеративно-сопязательная нейронная сеть RankGAN генерирует более качественный результат чем SeqGAN, но уступает нейронной сети LeakGAN. Топология нейронной сети LeakGAN представлена на изображении ниже:

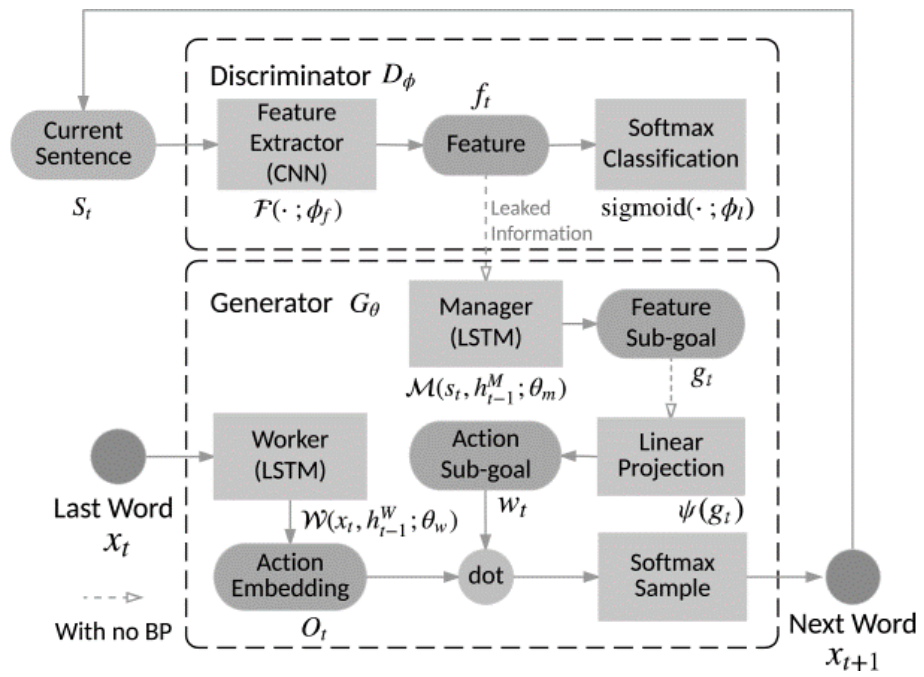


Рисунок 1.1 – Топология нейронной сети LeakGAN.

## Глава 2. Описание основных алгоритмов

В данном разделе рассматриваются алгоритмы машинного обучения характерные и используемые во всех реализованных и рассмотренных алгоритмах (автоэнкодер [1], RNN [2], SeqGAN [3], LeakGAN [4]), такие как: LSTM и Embedding.

### 2.1 LSTM

Long short-term memory (LSTM) – это разновидность архитектуры рекуррентной нейронной сети, предложенная в 1997 году Зеппом Хохрайтером и Юргеном Шмидхубером, а затем оптимизированы и популяризированы во многих последующих работах. Данная нейронная сеть хорошо подходит для задач генерации и классификации текстов. LSTM активно применяется и в других задачах, таких как: генерация музыки, распознавание речи, создание описаний к изображениям и т.д.

LSTM-сети разработаны, чтобы решить проблему долговременных зависимостей, для хранения информации в течение длительных промежутков времени. Основным отличием нейронной сети LSTM является использование LSTM-модулей вместо или в дополнение к другим сетевым модулям. LSTM-модуль – это рекуррентный модуль сети, который способен запоминать информацию на короткие и длинные промежутки времени. Для этого в данной нейронной сети не используется функция активации на рекуррентных компонентах, что позволяет не размывать хранимое значение во времени и способствует лучшему распространению градиента.

LSTM-сеть имеет форму цепочки повторяющихся модулей, где модуль содержит четыре слоя, которые взаимодействуют особым образом. Традиционная LSTM архитектура (используемая в данной работе) с вентилями забывания  $c_0 = 0$  и  $h_0 = 0$  представлена формулами ниже [5]:

$$i_t = \sigma(W_{ii}x_t + b_{ii} + W_{hi}h_{t-1} + b_{hi}) \quad (2.1)$$

$$f_t = \sigma(W_{if}x_t + b_{if} + W_{hf}h_{t-1} + b_{hf}) \quad (2.2)$$

$$g_t = \tanh(W_{ig}x_t + b_{ig} + W_{hg}h_{t-1} + b_{hg}) \quad (2.3)$$

$$o_t = \sigma(W_{io}x_t + b_{io} + W_{ho}h_{t-1} + b_{ho}) \quad (2.4)$$

$$c_t = f_t \circ c_{t-1} + i_t \circ g_t \quad (2.5)$$

$$h_t = o_t \circ \tanh(c_t) \quad (2.6)$$

Где  $\sigma$  функция активации sigmoid,  $\circ$  обозначает произведение Адамара,  $h_t$  скрытое состояние слоя в момент времени  $t$  (или начальное состояние  $h_0$ ),  $c_t$  состояние ячейки в момент времени  $t$ ,  $x_t$  входная информация в момент времени  $t$ , а  $i_t$ ,  $f_t$ ,  $g_t$ ,  $o_t$  являются вентилями входа, забывания, состояния и выхода соответственно. Архитектура традиционной LSTM представлена на изображении ниже:

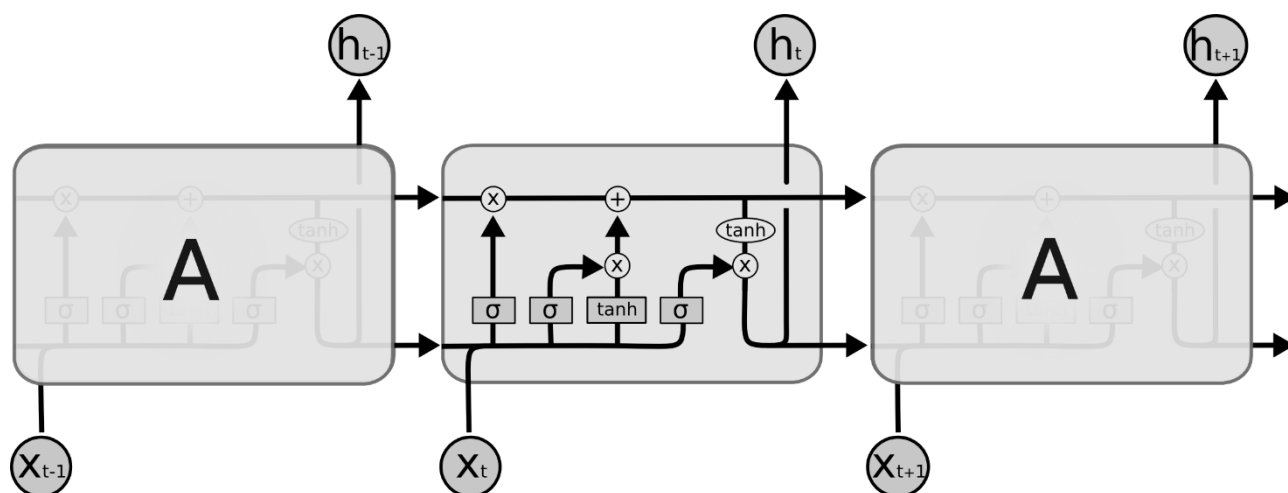


Рисунок 2.1 – LSTM.

Более подробно с принципами работы LSTM можно ознакомиться в данной статье [6].

## 2.2 Word Embedding

Word Embedding [7, 8] – это одно из самых популярных представлений словаря при работе с задачами обработки естественного языка (Natural language processing, NLP). Word Embedding способен захватывать контекст слова в тексте: семантическое и синтаксическое сходство, связь с другими словами и т.д. Целью данного подхода является преобразование слов в векторы чисел (для последующей обработки нейронной сетью) таким образом, чтобы слова с похожим смыслом получали схожие векторы. Второй целью является сжатие

вектора слова (представленного в виде one-hot вектора [9], иначе унитарный код [10]) для увеличения скорости вычислений.

Рассмотрим данный подход более подробно. При использовании стандартного подхода, без использования Embedding [8, 11], слова в словаре кодируются one-hot векторами. В one-hot векторе количество элементов равно количеству кодируемых элементов (в данной работе равняется количеству оригинальных используемых слов текста), один элемент равен 1, а все остальные равны 0.

Слой Embedding похож на полносвязный слой без использования функций активации. Так при преобразовании слова в вектор можно умножить one-hot вектор слова на веса слоя Embedding, чтобы получить выходной вектор. Данная операция представлена на рисунке ниже (см. рисунок 3):

$$\begin{array}{c}
 [0 \quad 0 \quad 0 \quad \mathbf{1} \quad 0] \\
 \text{One-hot vector}
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 \begin{bmatrix}
 8 & 2 & 1 & 9 \\
 6 & 5 & 4 & 0 \\
 7 & 1 & 6 & 2 \\
 \mathbf{1} & \mathbf{3} & \mathbf{5} & \mathbf{8} \\
 0 & 4 & 9 & 1
 \end{bmatrix} \\
 \text{Embedding Weight Matrix}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 [1 \quad 3 \quad 5 \quad 8] \\
 \text{Hidden layer output}
 \end{array}$$

Рисунок 2.2 – Преобразование one-hot вектора с помощью слоя Embedding.

Так как большинство элементов one-hot вектора равны 0, то данная операция эквивалентна взятию соответствующей строки из матрицы весов слоя Embedding, номер которой равен номеру столбца one-hot вектора, в котором содержится элемент равный 1. То есть не требуется производить перемножение матриц, достаточно взять соответствующую строку в матрице весов, что позволяет существенно ускорить вычисления.

Для кодирования слов вместо использования one-hot вектора можно использовать целые числа. Например, чтобы преобразовать слово «небо»,

расположенное на 256 месте в словаре, необходимо найти 256 строку в матрице весов слоя Embedding. Этот процесс называется Embedding Lookup.

Весы слоя Embedding обучаются с помощью обратного распространения ошибки, как и остальные веса нейронной сети.

Подробнее о данном подходе можно прочитать в статье [12].

### 2.3 Полносвязный слой

Полносвязная нейронная сеть прямого распространения (далее Dense) – это сеть, в которой каждый нейрон связан со всеми остальными нейронами, находящимися в соседних слоях, и в которой все связи направлены строго от входных нейронов к выходным [13].

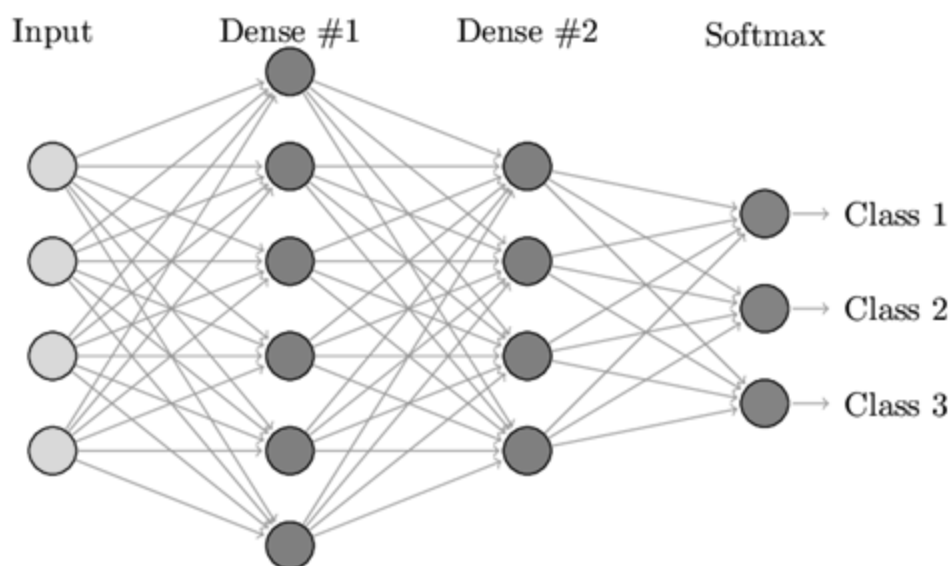


Рисунок 2.3 – Полносвязная нейронная сеть.

Слева на рисунке представлен входной слой, на который приходит сигнал. Правее находятся два скрытых слоя, и крайний правый слой нейронов – выходной слой. Данная сеть может решать задачи классификации, и может распознать несколько классов, например: сгенерированный или реальный текст. Также данная нейронная сеть может использоваться при генерации текста.

В данной работе полносвязная нейронная сеть обучается обратным распространением ошибки.

## 2.4 Оптимизаторы гиперпараметров

Для настройки гиперпараметров в данной работе используются такие оптимизаторы как: AdaGrad [14] и Adam [15].

AdaGrad – это модификация стохастического градиентного спуска с отдельной для каждого параметра скоростью обучения. Алгоритм был опубликован в 2011. Данный алгоритм увеличивает скорость сходимости по сравнению со стандартным стохастическим градиентным спуском в условиях, когда данные редки и соответствующие параметры более информативны. Примерами таких задач являются обработка естественных языков и распознавание образов. Данный оптимизатор использовался для обучения нейронной сети дискриминатора SeqGAN [3].

Оптимизатор AdaGrad описывается следующими формулами:

$$G_{t+1} = G_t + g_t^2 \quad (2.7)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{G_{t+1} + \varepsilon}} g_t \quad (2.8)$$

Где  $\theta_t$  является параметрами сети,  $G_t$  – это сумма квадратов обновлений,  $g_t$  – градиент,  $\varepsilon$  – сглаживающий параметр, необходимый, чтобы избежать деления на 0,  $\eta$  означает скорость обучения.

Adam – метод, который вычисляет адаптивные скорости обучения для каждого параметра. Оптимизатор Adam похож на такие оптимизаторы как AdaGrad, Adadelta и RMSprop. Основные отличия: во-первых, оценка первого момента вычисляется как скользящее среднее; во-вторых, из-за того, что оценки первого и второго моментов инициализируются нулями, используется небольшая коррекция, чтобы результирующие оценки не были смещены к нулю. Метод также инвариантен к масштабированию градиентов. Данный оптимизатор является основным в данной работе и используется для обучения всех нейронных сетей, в том числе в некоторых тестах для обучения дискриминатора в нейронной сети SeqGAN.

При заданных гиперпараметрах  $\gamma_1, \gamma_2, \lambda, \eta, m_0$  и  $g_0 = 0$  оптимизатор Adam описывается следующими формулами:

$$m_{t+1} = \gamma_1 * m_t + (1 - \gamma_1) * \nabla f_i(\theta_t) \quad (2.9)$$

$$g_{t+1} = \gamma_2 * g_t + (1 - \gamma_2) * \nabla f_i(\theta_t)^2 \quad (2.10)$$

$$\bar{m}_{t+1} = \frac{m_{t+1}}{1 - \gamma_1^{t+1}} \quad (2.11)$$

$$\bar{g}_{t+1} = \frac{m_{t+1}}{1 - \gamma_2^{t+1}} \quad (2.12)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t \frac{\eta * \bar{m}_{t+1}}{\sqrt{\bar{g}_{t+1} + \epsilon}} \quad (2.13)$$

Где  $\theta_t$  является параметрами сети,  $\nabla f_i$  – градиент,  $\epsilon$  – это сглаживающий параметр, необходимый, чтобы избежать деления на 0,  $\eta$  обозначает скорость обучения.



## Глава 3. Выборки данных

### 3.1 Учебные наборы данных

Для генерации текстов в данной работе используются различные выборки данных:

1. Womens Clothing E-Commerce Reviews [16];
2. Подписи к изображениям из выборки COCO Image Captions [17];
3. Сборник стихов на русском языке [18];
4. Классические и другие литературные произведения на русском языке.

**Womens Clothing E-Commerce Reviews.** Это набор данных по электронной торговле женской одеждой, основанный на отзывах клиентов, содержащий отзывы пользователей на женскую одежду. Поскольку это реальные коммерческие данные, они были анонимными, а ссылки на компанию в тексте и тексте обзора были заменены на «розничный продавец».

**COCO Image Captions.** Набор данных COCO Image Captions [17] содержит изображения и их описания на английском языке. Большинство предложений данного набора содержит около 10 слов. Выборка данных и ее предварительная обработка соответствует представленной в статье [4], выборка взята из источника [19]. Набор данных [19] представлен следующими файлами: словарь (vocab\_cotra.pkl), тестовая выборка (realtest\_coco.txt), обучающая выборка (realtrain\_cotra.txt). В выборке содержится 4837 оригинальных слов. Обучающий набор данных содержит 80 000 примеров в обучающей выборке, тестовая выборка содержит 5 000 примеров. Авторы статьи [4] указывают, что из выборки удалены слова упоминающиеся менее 10 раз, а также предложения, содержащие их.

**Сборник стихов на русском языке.** Выборка содержащая сборник русских стихов [18] состоит из около 181 600 000 символов, без учета предварительной обработки текста. Была проведена предварительная обработка данных, которая состоит из следующих этапов:

1.Разбиение текста на примеры (предложения и строки).  
2.Составление словаря наиболее часто упоминающихся слов.  
3.Удаление примеров, содержащих в тексте более 5% слов, не вошедших в словарь.

4.Удаление примеров, содержащих меньше 7 слов и знаков препинания.  
5.Замена слов, не вошедших в словарь, на зарезервированное слово «\_UNK\_» (от слова unknown – англ. “неизвестный”). Например, заменяются такие слова как имена, названия профессий, слова с орфографическими ошибками и т.д.

6.Заполнение или сокращение примеров до заданной длины текста. Для заполнения текста до заданной длины используется зарезервированное слово «\_AGG\_» (от слова aggregate – англ. “заполнитель”). Для сокращения длины примера удаляется конец предложения.

7.Разделение выборки на обучающую и тестовую. Все входные образцы в выборке смещены на одно слово вправо, первое слово задается зарезервированным словом «\_START\_» (от слова start – англ. “начало”).

Из данной выборки удалены все знаки препинания, кроме точки означающей конец примера (конец предложения или строки в выборке). В результате предварительной обработки текста используется словарь из 5 000 слов, включая три зарезервированных слова («\_UNK\_», «\_AGG\_» и «\_START\_»). Выборка содержит около 150 000 примеров. Набор данных был разделен на обучающую выборку (из 100 000 примеров) и тестовую выборку (из 25 000 примеров).

Следует отметить, что данная выборка не содержит знаков препинания, кроме точки, означающей конец предложения или строки (конец примера).

**Классические и другие литературные произведения на русском языке.** Данная выборка включает в себя сборник стихов на русском языке описанный выше (около 80% от итоговой выборки). Часть данного набора данных была собрана вручную (около 20% от итоговой выборки) и содержит

следующие произведения: Война и мир (Л.Н. Толстой), Анна Каренина (Л.Н. Толстой), А. Куприн (Л.Н. Толстой), Преступление и наказание (Ф. Достоевский), Фома Гордеев (М. Горький), Герой нашего времени (М. Лермонтов), Евгений Онегин (А. Пушкин), Капитанская дочка (А. Пушкин), Дубровский (А. Пушкин), Горе от ума (А. Грибоедов), Мастер и Маргарита (М.А. Булгаков), Вий (Н.В. Гоголь), Мертвые души (Н.В. Гоголь), Тарас Бульба (Н.В. Гоголь), Шинель (Н.В. Гоголь), Идиот (Ф.М. Достоевского), Обломов (И.А. Гончаров), Гранатовый браслет (А. Куприн), Дама с собачкой (А. Чехов), Собачье сердце (М.А. Булгаков), Муму (И.С. Тургенев), Отцы и дети (И.С. Тургенев), Путешествия Гулливера (Джонатан Свифт), Приключения Тома Сойера (Марк Твен) и некоторые произведения Дэна Абнетта. Составленная выборка содержит около 221 600 000 символов, без учета предварительной обработки текста.

Предварительная обработка текста данной выборки соответствует предобработке сборника стихов на русском языке, которая была описана выше. Знаки препинания собранной части выборки не удаляются.

### **3.2 Предварительная обработка данных**

Перед обучением нейронной сети требуется провести предварительную обработку данных. Используется два основных алгоритма предварительной обработки текста: посимвольная и пословная.

**Пословная предварительная обработка текста.** Предварительная обработка данных заключается в переводе текста в нижний регистр. Далее текст разбивается на предложения, каждое предложение разбивается на слова. В данном случае словом считаются: слова, знаки препинания, числа. Проводится замена слов, не вошедших в словарь на зарезервированное слово. Если в предложении больше 15% замененных слов (не вошедших в словарь), то предложение удаляется.

Длинные предложения обрезаются до заданной длины примера N, короткие предложения меньше заданной длины M удаляются (в данной работе

менее 7 слов и знаков препинания). Здесь N длина генерируемого текста в словах, а M минимальная длина предложения. Проводится заполнение коротких предложений, длина которых меньше N, зарезервированным словом-заполнителем, до длины N. Для заполнения текста до заданной длины используется зарезервированное слово «\_AGG\_» (от слова aggregate – англ. “заполнитель”). Все слова заменяются соответствующими им числами (в соответствии с индексами в словаре) для дальнейшего использования текста и применения таких алгоритмов преобразования текста в вектор как: Word2Vec, Embedding [12], унитарный код [10] (one-hot вектор [9]) и др.

**Посимвольная предварительная обработка текста.** Предварительная обработка данных состоит в переводе текста в нижний регистр, в удалении символов, не вошедших в словарь. В словарь вошли такие символы как: цифры, знаки препинания, английские или русские буквы (всего 45 символов). Все символы заменяются соответствующими им числами, для дальнейшего использования текста и применения таких алгоритмов преобразования текста в вектор как: Word2Vec, Embedding [12], унитарный код [10] (one-hot вектор [9]) и др.

## **Глава 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **6.1 Организация и планирование работ**

Перед началом организации процесса программной реализации автоматической генерации текста на первых этапах необходимо рационально распланировать занятость каждого из участников, а также сроки проведения отдельных исполнительных работ.

В данном пункте отображён полный перечень проведённых работ с указанием конкретных исполнителей с определённой степенью загруженности. Для наглядного представления результатов планирования работ используется линейный график реализации проекта. Построение графика осуществляется согласно упорядоченным вышеуказанным данным, которые сведены в таблицу, представленную ниже (см. таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения.

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	НР – 100% И – 75%
Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	НР – 100% И – 75%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 25% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 25%
Обсуждение используемой литературы	НР, И	НР – 25% И – 100%
Анализ и выбор используемых алгоритмов программной реализации автоматической генерации текста	НР, И	НР – 75% И – 100%
Реализация и тестирование программной реализации	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	НР, И	НР – 25% И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 50% И – 100%

### 6.1.1 Продолжительность этапов работ

Для расчёта продолжительности этапов работ рассмотрены два основных метода: технико-экономический и опытно-статический.

В связи с тем, что в работе задействована не развитая нормированная база трудоёмкости планируемых процессов, что в первую очередь обуславливается низкой степенью повторяемостью процессов, то в качестве основного метода расчёта продолжительности работ выбран опытно-статический метод. Расчёт по опытно-статическому методу реализуется на основе аналогового способа для определения вероятных значений продолжительности работ  $t_{ож}$  (6.1).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (6.1)$$

где  $t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.

$t_{prob}$  – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Для выполнения приведённых в таблице (6.1) работ требуются следующие специалисты:

- действующий исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

При построении линейного графика на основе полученного значения времени продолжительности работ рассчитана длительность этапов в рабочих днях, а затем переведена в календарные дни. Расчёт продолжительности каждого этапа выполнялся согласно формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (6.2)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определённых длительностей, в частности, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Для того, чтобы перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, рассчитаем коэффициент календарности (6.3).

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (6.3)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни;

$T_{ВД}$  – выходные дни;

$T_{ПД}$  – праздничные дни;

$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$  – коэффициент календарности.

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 6.2 и на рисунке 1 приведён расчёт продолжительности этапов работ и их трудоёмкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.



Таблица 6.2 – Трудозатраты на выполнение проекта.

	Исполнитель и	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_{рД}$		$T_{кД}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	2	5	3,2	3,84	2,88	4,63	3,47
Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	7	10	8,2	9,84	7,38	11,86	8,89
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	30	45	36	10,8	43,2	13,01	52,06
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,84	4,05	1,01
Обсуждение литературы	НР, И	4	5	4,4	1,32	5,28	1,59	6,36
Анализ и выбор используемых алгоритмов программной реализации автоматической генерации текста	НР, И	30	45	36	32,4	43,2	39,04	52,06
Реализация и тестирование программной реализации	НР, И	60	75	66	0	79,2	0	95,44
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	7	10	8,2	0	9,84	0	11,86
Оформление графического материала	И	7	10	8,2	2,46	9,84	2,96	11,86
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	3,72	7,44	4,48	8,97
Итого:				179,2	67,74	209,1	81,6267	251,97

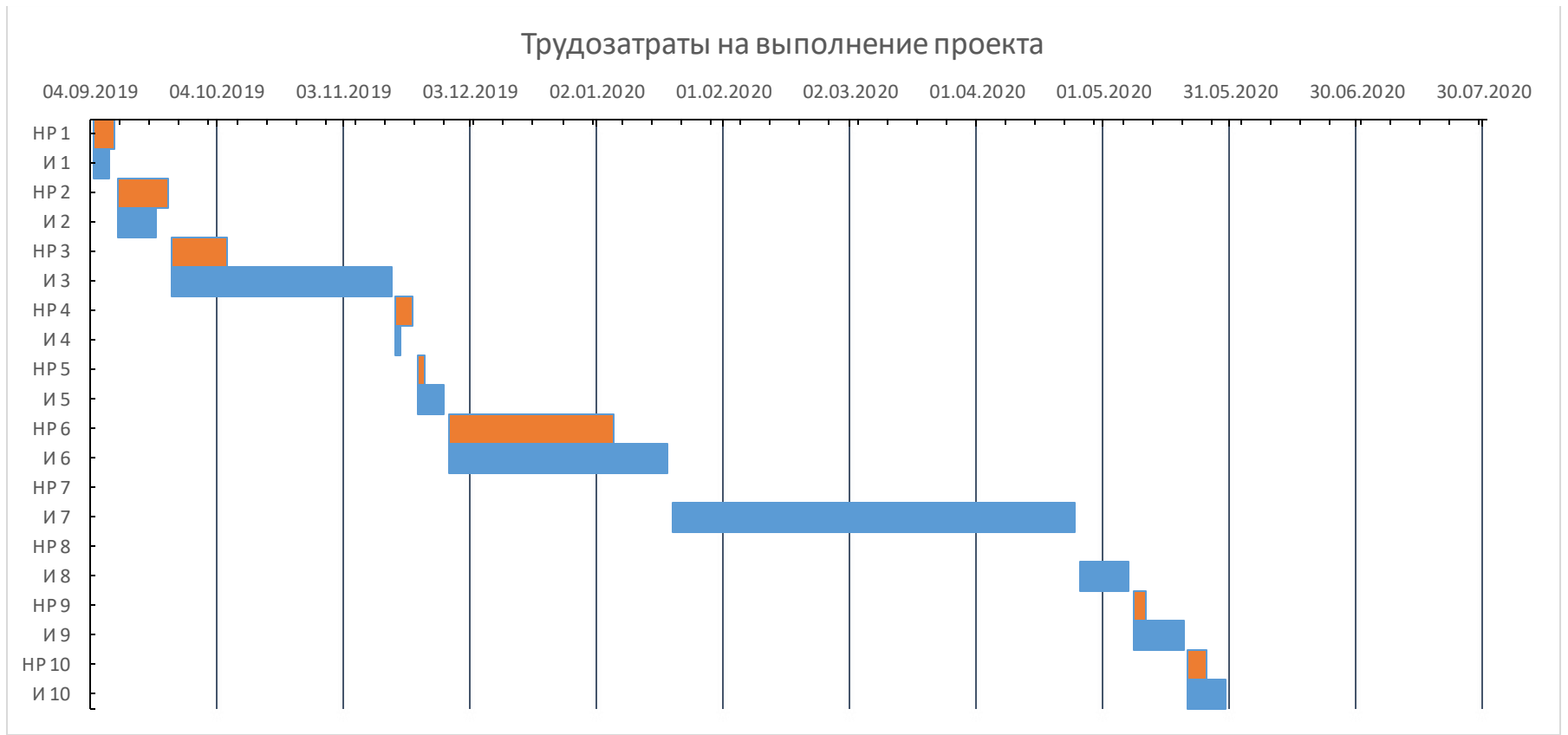


Рисунок 6.1 – Трудозатраты на выполнение проекта

## **6.2 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта**

Для осуществления создания проекта в первую очередь необходимо определить сметную стоимость, которая включает в себя сумму всех денежных расходов. Расчёт сметной стоимости её выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

### **6.2.1 Расчёт затрат на материалы**

Материальные затраты являются самыми значительными среди остальных статей затрат. Их доля в общей сумме затрат составляет 60-90%. К данной статье расходов относится стоимость сырья и материалов, стоимость сторонних работ, стоимость полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Все вышеперечисленные элементы входят в состав себестоимости, за вычетом стоимости реализованных отходов. Под отходами понимается остатки сырья, материалов и т. д., образовавшиеся в процессе производства, которые могут быть реализованы по полной или пониженной цене.

Для рационального использования материалов прибегают к процессу нормирования их материальных затрат. Под нормой расхода понимается максимально допустимое количество сырья, материалов, расходуемых на изготовление единицы продукции установленного качества.

В таблице 6.3 представлен перечень затрат на материалы, используемых при выполнении проекта.

Таблица 6.3 – Расчёт затрат на материалы.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Фотобумага для принтера 250 гр 10 x 15 см.	250	3 ролика	750
Бумага для принтера формата А4	200	1 уп.	200
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Лицензия ППП G Data TotalProtection	2000	1 экз.	2000
<b>Итого:</b>			<b>4500</b>

### 6.2.2 Расчёт заработной платы

Статья включает в себя заработную плату научного руководителя и исполнителя проекта, а также премии. Расчёт основной заработной платы производится на основе трудоёмкости выполнения каждого этапа трудовых затрат на выполнение проекта, а также величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывалась согласно формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083 \quad (6.4)$$

где: MO – величина месячного оклада

Данные расчёта затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6.4. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 6.1. Для учёта в составе полной заработной платы премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется ряд коэффициентов. В результате интегральный коэффициент рассчитывается, как:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп зп}} \cdot K_{\text{р}} \quad (6.5)$$

где:  $K_{\text{пр}}$  – доля премий ( $K_{\text{пр}} = 1,1$ );

$K_{\text{доп ЗП}}$  – дополнительная заработная плата ( $K_{\text{доп ЗП}} = 1,188$  для шестидневной рабочей недели и  $K_{\text{доп ЗП}} = 1,113$  для пятидневной рабочей недели);

$K_p$  – районная надбавка ( $K_p = 1,3$ ).

Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя к полному заработку (зарплатной части сметы) перемножим между собой среднюю ставку, затраты по времени и интегральный коэффициент.

Таблица 6.4 – Затраты на заработную плату.

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	47104	1 877,9	82	1,699	261625,3
И	15470	616,75	252	1,699	264060,3
Итого:					525685,6

### 6.2.3 Расчёт затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСО), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту, т. е.  $C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$ .

$$C_{\text{соц}} = 525685,6 \cdot 0,3 = 157705,67 \text{ руб.}$$

### 6.2.4 Расчёт затрат на электричество

Такие расходы включают в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта при работе оборудования. Затраты электроэнергии при работе оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_э \quad (6.6)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;  $\text{Ц}_э$  – тариф на 1 кВт · час ( $\text{Ц}_э = 6,59$  руб./кВт·час);  $t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

На основе итоговых данных таблицы 6.2 время работы оборудования вычисляется согласно формуле 6.7 с учётом, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_t \cdot 8 \quad (6.7)$$

где  $T_{рд}$  – общая продолжительность этапов работ, дн.;

$K_t$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы к  $T_{рд}$ .

Мощность, потребляемая оборудованием, определялась согласно формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_C \quad (6.8)$$

где  $P_{ном}$  – номинальная мощность оборудования;  $K_C$  – коэффициента загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности ( $K_C = 1$ ).

Таблица 6.5 – Затраты на электроэнергию.

Наименование оборудования	коэффициент использования оборудования $K_t$	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $C_{эл.об}$ , руб.
Персональный компьютер	0,77	1552	0,0275	281,26
Лазерный МФУ принтер	0,001	2	0,675	8,896
Итого:				290,156

### 6.2.5 Расчёт амортизационных расходов

В данной статье приводится расчёт амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта (6.9).

$$C_{ам} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d} \quad (6.9)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования:

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования ( $F_d = 252 \cdot 8 = 2016$  часа);

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Оборудование, которое используется в ходе выполнения проекта попадает под вторую амортизационную группу со сроком полезного использования от 2 до 3 лет.

Таблица 6.6 – Амортизационные расходы.

Наименование	Годовая норма амортизации $H_A$ , лет	Балансовая стоимость единицы оборудования $C_{об}$ , руб.	Фактическое время работы оборудования $t_{рф}$ , часов	Число задействованных единиц оборудования $n$ , шт.	Амортизация $C_{ам}$ , руб.
Персональный компьютер	0,33	20000	1552	1	5080,95
Лазерный МФУ принтер	0,33	10290	2	1	2,85
Итого					5083,8

### 6.2.6 Расчёт расходов, учитываемых непосредственно на основе платёжных (расчётных) документов (кроме суточных)

В данную статью можно отнести следующие расходы:

- командировочные расходы, в т. ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуги связи;
- услуги сторонних организаций.

Время пребывания в общежитии составила 540 календарных дней с учётом дней приезда и отъезда. Оплата проживания в общежитии 12,77 руб. в

день. Общая стоимость проживания составила 6895,8 руб.; стоимость проезда на автобусе в обе стороны 1200 руб. Общая стоимость по проезду с учётом затраченных дней составила  $1200 \cdot 40 = 48000$  руб. Итого по данному пункту общее число расходов  $C_{нр} = 6895,8 + 48000 = 54895,8$  руб.

### 6.2.7 Расчёт прочих расходов

В данной статье отражаются расходы на выполнение проекта, которые не учитываются в предыдущих статьях. Их величина составляет 10% от суммы всех предыдущих расходов.

$$C_{проч.} = (C_{май} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об} + C_{ам} + C_{нр}) \cdot 0,1 \quad (6.10)$$

В итоге получаем:

$$C_{проч.} = (4500 + 525685,6 + 157705,67 + 290,156 + 5083,8 + 54895,8) \cdot 0,1 = 74816,1 \text{ руб.}$$

### 6.2.8 Расчёт общей себестоимости разработки

Проведя расчёт по всем статьям сметы затрат на разработку, определим общую стоимость проекта «Автоматическая генерация семантически связного текста методами машинного обучения».

Таблица 6.9 – Смета затрат на разработку проекта.

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{мат}$	4500
Основная заработная плата	$C_{зп}$	525685,6
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	157705,67
Расходы на электроэнергию	$C_{эл}$	290,156
Амортизационные отчисления	$C_{эм}$	5083,8
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{нр}$	54895,8
Прочие расходы	$C_{проч}$	74816,1
<b>Итого:</b>	<b>C</b>	<b>822977,1</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 822977,1$  руб.



### **6.2.9 Расчёт прибыли**

К прибыли от реализации проекта определяется, как разница между суммарными доходами и затратами на производство или приобретение, хранение, транспортировку, сбыт. В связи с тем, что прибыль с реализации проекта не может быть рассчитана полноценными методами в связи с отсутствием ряда основополагающих операций, то по умолчанию прибыль принята 20% от полной себестоимости проекта по каждому году. В результате прибыль по первому году реализации проекта составит 164595,42 руб.

### **6.2.10 Расчёт НДС**

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Для текущего проекта НДС составляет  $(822977,1 + 164595,42) \cdot 0,2 = 197514,42$  руб.

### **6.2.11 Цена разработки НИР**

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, то есть  $C_{\text{НИР(КР)}} = 822977,1 + 164595,42 + 197514,42 = 1185086,94$  руб.

## **6.3 Оценка экономической эффективности проекта**

Выполнение научно-исследовательских работ оценивается уровнями достижения экономического, научного, научно-технического и социального эффектов. Научный эффект характеризует получение новых научных знаний и отображает прирост информации, предназначенной для внутри научного потребления.

Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов в других проектах и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой техники.

Экономический эффект характеризуется, в частности, выраженной в стоимостных показателях экономией живого общественного труда, а также в

возможности применения полученных знаний для создания новых разработок. Социальный эффект проявляется в улучшении условий труда.

Экономическая эффективность проекта обусловлена возрастающей необходимостью в системах автоматической генерации семантически связных текстов и в целом генерации данных (текста, изображений, речи и т.д.), что является востребованным и актуальным на сегодняшний день.

На данном этапе разработки нет возможности количественно оценить экономический эффект. Данная разработка предназначена для использования во всех сферах, связанных с генерацией текстов, и для оценки экономического эффекта требуется более глубокое системное исследование.

Для решения этой задачи в дальнейшем необходимо рассчитывать данный показатель, исходя из конкретных условий и масштабы использования.

## Глава 7. Социальная ответственность

### Введение

Разработанный проект предназначен для генерации семантически связных коротких текстов, длиной около одного или нескольких десятков слов и знаков препинания. Разработка программы велась только при помощи компьютера.

В данном разделе будут рассмотрены вредные и опасные факторы, которые оказывают влияние на рабочую деятельность персонала, рассмотрены воздействия разрабатываемой программы на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

Работа выполнялась в десятом корпусе ТПУ (четвертый этаж) в отделении информационных технологий. Аудитория 402 была помещением выполнения исследования.

Схема аудитории представлена на рисунке 7.1.

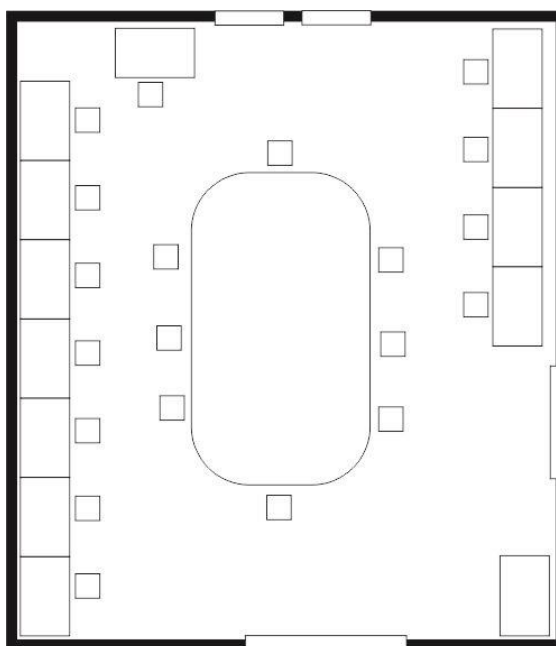


Рисунок 7.1 – Схема аудитории 402.

## **7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Вся трудовая деятельность, организация рабочих мест регламентируется различными нормативными правовыми документами, такими как: ГОСТ, СанПиН, СНиП. Следует дать расшифровку данным определениям.

Межгосударственный стандарт (ГОСТ) – это государственный стандарт, который формулирует требования государства к качеству продукции, работ и услуг, имеющих межотраслевое значение.

Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность (СанПиН) – это государственные подзаконные нормативные правовые акты с описаниями и требованиями безопасных и безвредных для человека, популяции людей и потомков факторов среды обитания и их оптимальных и безопасных количественных параметров с целью сохранения здоровья и нормальной жизнедеятельности.

Строительные нормы и правила (СНиП) – это совокупность принятых органами исполнительной власти нормативных актов технического, экономического и правового характера, регламентирующих осуществление градостроительной деятельности, а также инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования и строительства.

### **7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

В данном разделе рассмотрены основные нормативные документы, выполнение которых необходимо для безопасного исполнения рабочих обязанностей диспетчером, который проводит большую часть времени за компьютером.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (утверждены 30 мая 2003 года) регулируют порядок организации рабочего процесса для лиц, труд которых связан с компьютерной техникой. Требования документа распространяются на персональные компьютеры, периферийные устройства (клавиатуры, принтеры,

модемы, блоки бесперебойного питания и т.д.), а также на видео-дисплейные терминалы всех типов

Статья 27 Закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии от 30 марта 1999 года регулирует вопросы влияния различных устройств (в том числе и ЭВМ) на здоровье работника.

Статья 22 Трудового кодекса РФ устанавливает обязательства работодателя обеспечивать безопасность работника и соответствие условий труда всем необходимым требованиям.

Постановление от 25 апреля 2012 года N 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями на 23 апреля 2020 года) устанавливает необходимые требования по пожарной безопасности ко всем системам и оборудованию электроустановки, системы отопления и вентиляции, противопожарное оборудование и т.д.

«ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере» (утв. Приказом Минсвязи РФ от 02.07.2001 N 162) регламентирует вопрос работы с компьютером. Согласно данному документу, без перерыва работник может находиться за монитором компьютера не более двух часов.

## **7.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

### **7.2.1 Эргономические требования к рабочему месту**

Требования к организации рабочих мест пользователей:

Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы.

Основное внимание необходимо уделить делению на рабочие зоны так, как указано на рисунках 7.2 и 7.3, чтобы каждый сотрудник мог работать максимально эффективно, как отдельно так при необходимости работать в

команде. Эргономика рабочего места напрямую влияет на производительность труда [35, 36].

Согласно требованиям:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;
- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;
- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;

На рисунках 7.2 и 7.3 схематично представлены требования к рабочему месту и пространству вокруг работника.



Рисунок 7.2 – Организация рабочего места.

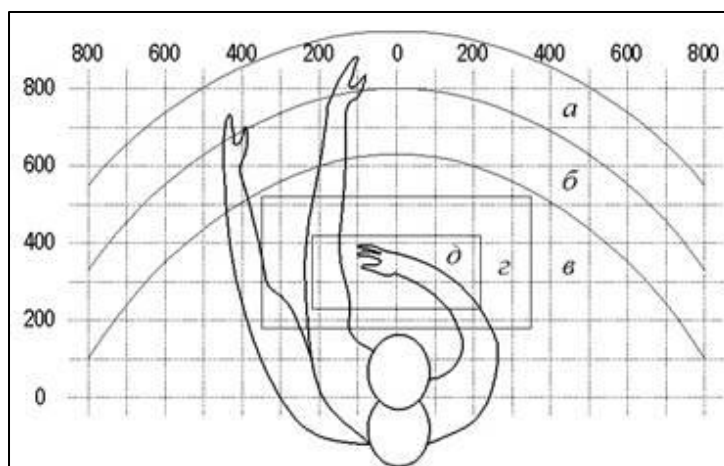


Рисунок 7.3 – Эргономические требования: а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для точной ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [36]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

### 7.3 Производственная безопасность

Для обеспечения безопасности во время эксплуатации и разработки программы, необходимо провести анализ вредных и опасных воздействий на человека, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проекта. Производственный фактор является вредным, в том случае если он приводит к

заболеванию работника. В случае если его воздействие может привести к травме, то фактор является опасным.

В таблице 7.1 приведены возможные и опасные вредные факторы:

Таблица 7.1 – Возможные и опасные вредные факторы.

Факторы (ГОСТ-12.0.003-2015)	Этапы работы	Нормативные документы
	Разработка	
1. Повышенная или пониженная температура и влажность воздуха рабочей	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [3]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [4]
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [5]
4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1] ГОСТ 12.1.006-84 [6]
5. Психофизиологические факторы	+	ТОИР-45-084-01 [7]
6. Опасность возникновения пожара	+	ГОСТ 12.1.004-91 [8]
7. Опасность поражения электрическим-током	+	ГОСТ 12.1.038-82 [9]

### **7.3.1 Вредные производственные факторы**

#### **7.3.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны**

Пониженная или же повышенная температура воздуха рабочей зоны считается вредным производственным фактором и является фактором микроклимата рабочей среды, параметры которого регулируются СанПиН 2.2.4.548-96 [37]. Он более характерен для рабочей среды программиста-разработчика.

Характеристиками микроклимата в производственных помещениях, являются:



- Температура воздуха ( $t$ , °C);
- Температура поверхностей ( $t$ , °C);
- Относительная влажность воздуха ( $\varphi$ , %);
- Скорость движения воздуха ( $v$ , м/с);
- Интенсивность теплового облучения ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>).

Во время работы с ПЭВМ в производственных помещениях происходит систематическое выделение тепла вычислительной техникой, а также вспомогательными устройствами и средствами освещения. По причине того, что оператор находится поблизости от источников выделения тепла, данный фактор является одним из вредных факторов производственной среды оператора ПЭВМ, а высокая температура воздуха способствует быстрому перегреву организма и повышению утомляемости.

Влажность оказывает сильное влияние на терморегуляцию организма. Высокие показатели относительной влажности (более 85 %) затрудняют терморегуляцию, показатели влажности менее 20 % вызывают пересыхание слизистых оболочек человека.

Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения величин показателей микроклимата рабочих мест для различных категорий работ в теплый и холодный периоды года.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 7.2.

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

Исходя из требований, рассматриваемых в данном разделе, в аудитории, в которой проводилось исследование поддерживается температура равная 20–21 °С, при относительной влажности в 55–58%. В помещении функционирует система принудительной вентиляции. Проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание помещения. В зимнее время в помещении предусмотрена система водяного отопления со встроенными нагревательными элементами и терморегуляторами.

Таблица 7.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96 [3]).

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплый	23-25	22-26	40-60	0,1

### 7.3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ. Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и может привести к появлению профессиональных болезней зрения.

Существуют общие требования и рекомендации к организации освещения на рабочем месте:

- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

- Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева, а дисплеи монитора были ориентированы боковой стороной к световым проемам [38].

Требования к освещению приведены в таблице 7.3:

Таблица 7.3 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1]).

Вид	Требование
Освещенность на рабочем столе	200-400 лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 200 лк
Блик на экране	Не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блеклость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости	
Между рабочими поверхностями	3:1-5:1
Между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	Не более 10%

#### 7.3.1.2.1 Расчет имеющегося освещения для операторов ПЭВМ

Из схемы, которая представлена на рисунке 1 видно, что помещение имеет 2 двери и 2 окна. Площадь помещения составляет 45 м<sup>2</sup> (длина 9000, ширина 5000 мм, высота от уровня пола 3000 мм). Первой задачей размещения светильников является определение расчетной высоты подвеса  $H_D$ :

$$H_D = H - h_n - h_{\partial}, \quad (7.1)$$

где  $H$  – высота помещения, м;

$h_n$  – расстояние светильников от перекрытия, как правило, принимается в пределах 0–1,5 м;

$h_{\partial}$  – высота рабочей поверхности над полом, м.

Соблюдение данных мер позволит сохранить зрение работника или избежать пагубного воздействия на глаза. Так как высота потолка данного помещения 3,0 м, то оптимальное значение размещения 3,0 м.

Светильники с линейными излучателями (люминесцентными лампами) обычно располагают рядами параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами. В зависимости от уровня нормированной освещенности и возможности размещения светильники располагают непрерывными рядами или рядами с разрывами. Нежелательно размещать светильники в один ряд, это допускается только для узких помещений.

Коэффициенты отражения был получен исходя из источника [44].  
Формулы для расчетов основаны на источнике [45] страница 154.

Высота рабочей поверхности  $h_p = 0,7$  м;

Размеры помещения:  $A = 9$  м;  $B = 5$  м;  $H = 2,9$  м;  $S = 45$  м<sup>2</sup>;

Коэффициент отражения потолка  $\rho_{п} = 70\%$  (для побеленного потолка).

Коэффициент отражения стен  $\rho_{ст} = 50\%$ .

Коэффициент отражения пола  $\rho_p = 30\%$ .

Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли  $K_3 = 1,5$

Коэффициент неравномерности освещения  $Z=1,1$  (для люминесцентных ламп).

Параметр для светильника типа ОДР с защитной решеткой  $\lambda = 1,1 - 1,3$ .

Световой поток одной лампы  $\Phi = 2500$  лм.

Индекс помещения  $i$  рассчитывается по формуле 7.2:

$$i = \frac{S}{H \cdot (A+B)}, \quad (7.2)$$

где  $S$  – площадь помещения;  $H$  – высота помещения;  $A$  – длина помещения;  $B$  – ширина помещения.

Вычислим индекс помещения  $i$  по формуле 7.2, смотреть формулу 7.3:

$$i = \frac{45}{3 \cdot (9+5)} = 1,07, \quad (7.3)$$

Получили в результате значение  $i = 1,07$ , округлим:  $i=1,1$ . В связи с учётом индекса помещения и коэффициентов отражения стен, согласно таблице 5.3 из источника [44] коэффициент использования светового потока равен  $\eta =$

46 %. Преобразовав формулу (7.4) из источника [44] получаем формулу (7.5) для вычисления требуемого количества люминесцентных ламп.

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (7.4)$$

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{\Phi \cdot \eta}, \quad (7.5)$$

где  $\Phi$  – световой поток;  $E_n$  – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения;  $K$  – коэффициент пульсации освещенности;  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения;  $N$  – количество рядов светильников.

Согласно СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 [47] нормированная степень освещённости для рассматриваемого помещения составляет 300 лк.

Вычислим требуемое количество люминесцентных ламп формуле 7.5, смотреть формулу 7.6:

$$N = \frac{300 \cdot 45 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2500 \cdot 0,46} = 19,3, \quad (7.6)$$

Получили 19,3 люминесцентных ламп. Округлив до ближайшего целого, получим 19 ламп. Такое количество ламп можно получить, применяя 2 ряда светильников по 5 светильников в ряд по 2 лампы. Итого 20 ламп.

На основании полученного значения можно вычислить фактическое значение освещения в помещении по формуле:

$$E_{\text{факт}} = \frac{\Phi \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K \cdot Z}, \quad (7.7)$$

где  $\Phi$  – световой поток;  $E_n$  – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения;  $K$  – коэффициент пульсации освещенности;  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения;  $N$  – количество рядов светильников.

Вычислим фактическое значение освещения в помещении формуле 7.7, смотреть формулу 7.8:

$$E_{\text{факт}} = \frac{2500 \cdot 20 \cdot 0,46}{45 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 309,76, \quad (7.8)$$

В результате получили значение  $E_{\text{факт}} = 309,76$  лк. Согласно СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 [42] освещённость для офисных помещений при общем освещении составляет 300 лк. С учётом того, что рассчитанная освещённость не

должна отличаться от нормы более чем на 10% можно сделать вывод, что найденный световой поток, падающий на участок поверхности единичной площади, обеспечивает требуемую освещённость рабочего помещения.

### **7.3.1.3 Производственные шумы**

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху.

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека беспокойства и значительных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Ненормированный показатель шума на рабочих местах оказывает негативное воздействие на психологическое состояние сотрудника. У работника на поставленной ему задаче понижаются концентрация и сосредоточенность, а увеличивается утомляемость и стресс. Повышенный уровень шума приводит к нарушению слуха или является помехой для коммуникаций между сотрудниками [39].

В таблице 7.4 приведены допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

Измерение уровня звука и уровней звукового давления производится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на уровне расположения источника(ков) звука. Уровень шума исправного компьютера находится в пределах 35-50 дБА, что значительно ниже, чем допустимый уровень шума для данного рабочего места. На рабочем месте уровень шума считается допустимым, так как не вызывает беспокойства, и не воздействует на психологическое состояние.

Таблице 7.4 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1]).

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звука в дБА								
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 Б

#### **7.3.1.4 Электромагнитные поля**

Источниками повышенной напряженности электромагнитного поля в данном случае является персональный компьютер. Допустимым считается 8-часовой рабочий день для сотрудника на своем рабочем месте, с предельно допустимым уровнем напряженности должен составлять не более 8 кА/м, а уровень магнитной индукции – 10 мТл. Соблюдение данных норм дает возможность избежать негативного воздействия электромагнитных излучений.

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется подключать к одной розетке не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

К средствам индивидуальной защиты при работе на компьютере относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения и защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики. Очки уменьшают утомляемость глаз на 25-30%.

Их рекомендуется использовать всем операторам при работе больше 2 часов в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы.

Источниками электромагнитного излучения на рабочем месте выступают системные блоки и мониторы включённых компьютеров. Чтобы снизить

воздействие таких видов излучения, рекомендуется использовать такие мониторы, уровень излучения которых понижен, а также установить защитные экраны и соблюдать режимы труда и отдыха.

Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК приведены в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1]).

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500

### **7.3.2 Опасные производственные факторы**

#### **7.3.2.1 Опасность поражения электрическим током**

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку оператор ПЭВМ имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться много внимания. Нормы электробезопасности на рабочем месте регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [35], вопросы требований к защите от поражения электрическим током освещены в ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ [36].

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [48]. Помещение, где расположено рабочее место оператора ПЭВМ, относится к помещениям без повышенной опасности ввиду отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль,



токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Для оператора ПЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательны следующие меры предосторожности:

- Перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- При обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

### **7.3.2.2 Опасность возникновения пожара**

Возникновение пожара является опасным производственным фактором, т.к. пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб, а также часто сопровождается травмами и несчастными случаями. Регулирование пожаробезопасности производится СНиП 21-01-97 [49].

В помещениях с ПЭВМ повышен риск возникновения пожара из-за присутствия множества факторов:

- наличие большого количества электронных схем,
- устройств электропитания,
- устройств кондиционирования воздуха;
- возможные неисправности электрооборудования, освещения, или неправильная их эксплуатация может послужить причиной пожара.

Возможные виды источников воспламенения:

- Искра при разряде статического электричества;
- Искры от электрооборудования;

- Искры от удара и трения;
- Открытое пламя.

### **7.3.3 Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации**

Для поддержания нормальных значений параметров микроклимата на рабочих местах рекомендуется оснащать их системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Также, в некоторых случаях, целесообразно обеспечить питьевое водоснабжение. В помещениях для работы с ПЭВМ должна производиться ежедневная влажная уборка, а также систематическое проветривание после каждого часа работы. Для защиты операторов ПЭВМ от негативного воздействия электромагнитных полей в первую очередь необходимо, чтобы используемая техника удовлетворяла нормам и правилам сертификации.

Для создания и поддержания благоприятных условий освещения для операторов ПЭВМ, их рабочие места должны соответствовать санитарно-эпидемиологическим правилам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [35].

Рабочее помещение должно иметь естественное и искусственное освещение, соответствующее показателям. В качестве источников искусственного освещения должны быть использованы люминесцентные лампы, лампы накаливания – для местного освещения.

В случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с компьютером (работа программиста разработчика) с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10–15 мин. через каждые 45–60 мин. работы.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- При производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- С целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- При включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- Все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- Необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Для профилактики организации действий при пожаре должен проводиться следующий комплекс организационных мер: должны обеспечиваться регулярные проверки пожарной сигнализации, первичных средств пожаротушения; должен проводиться инструктаж и тренировки по действиям в случае пожара; не должны загромождаться или блокироваться пожарные выходы; должны выполняться правила техники безопасности и технической эксплуатации электроустановок; во всех служебных помещениях должны быть установлены «Планы эвакуации людей при пожаре и других ЧС», регламентирующие действия персонала при возникновении пожара. Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотными огнетушителями типа ОУ-2 или ОУ-5; пожарной сигнализацией, а также, в некоторых случаях, автоматической установкой объемного газового пожаротушения.

#### **7.4 Экологическая безопасность**

В данном разделе рассматривается влияние на окружающую среду деятельности по разработке проекта, а также самого продукта в результате его

реализации на производстве. Непосредственно программный продукт, разработанный в ходе выполнения магистерской диссертации, не наносит вреда окружающей среде ни на стадиях его разработки, ни на стадиях эксплуатации. Однако, средства, необходимые для его разработки и эксплуатации могут наносить вред окружающей среде.

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении, можно отнести, в первую очередь, это бумажные отходы – макулатура, пластиковые отходы, неисправные детали персональных компьютеров и других видов ЭВМ. Бумажные отходы рекомендуется накапливать и передавать их в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Пластиковые бутылки складывать в специально предназначенные контейнеры.

Современные ПЭВМ производят практически без использования вредных веществ, опасных для человека и окружающей среды. Исключением являются аккумуляторные батареи компьютеров и мобильных устройств. В аккумуляторах содержатся тяжелые металлы, кислоты и щелочи, которые могут наносить ущерб окружающей среде, попадая в гидросферу и литосферу, если они были неправильно утилизированы. Для утилизации аккумуляторов необходимо обращаться в специальные организации, специализировано занимающиеся приемом, утилизацией и переработкой аккумуляторных батарей.

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно-опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в специальных пунктах приема. Юридические лица обязаны сдавать лампы на переработку и вести паспорт для данного вида отходов. Дополнительным

методом снижения отходов является увеличение доли электронного документооборота.

### **7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В рабочей среде оператора ПЭВМ возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций техногенного характера:

- Пожары и взрывы в зданиях и на коммуникациях;
- Внезапное обрушение зданий.

Среди возможных стихийных бедствий можно выделить метеорологические (ураганы, ливни, заморозки), гидрологические (наводнения, паводки, подтопления), природные пожары.

К чрезвычайным ситуациям биолого-социального характера можно отнести эпидемии, эпизоотии, эпифитотии. Экологические чрезвычайные ситуации могут быть вызваны изменениями состояния литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы в результате деятельности человека.

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные ПЭВМ, чрезвычайной ситуацией является пожар. Помещение для работы операторов ПЭВМ по системе классификации категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д (из 5-ти категорий А, Б, В1-В4, Г, Д), т.к. относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии.

Все сотрудники организации обязаны быть ознакомлены с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его. Запрещается использовать электроприборы в условиях, не соответствующих требованиям инструкций изготовителей, или имеющие различного рода неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также использовать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией.

Перед уходом из служебного помещения требуется провести его осмотр, закрыть окна, убедиться в том, что в помещении отсутствуют источники возможного возгорания, все электроприборы отключены и выключено освещение.

С периодичностью не менее одного раза в три года необходимо проводить замеры сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования. Увеличение устойчивости достигается за счет проведения соответствующих организационно-технических мероприятий, подготовки персонала к работе в ЧС.

Сотрудник при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, увеличение температуры и т.п.) должен:

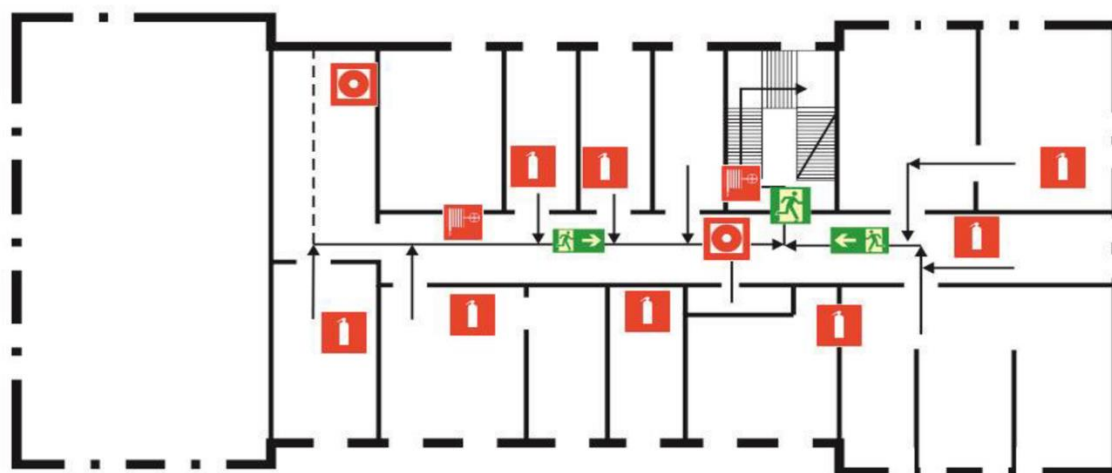
- Требуется прекратить работу, вызвать пожарную охрану по телефону «01»;
- По возможности принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- Отключить от сети электрооборудование;
- Приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- Сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
- При общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС».

Для тушения пожара применять ручные углекислотные огнетушители (типа ОУ-2, ОУ-5), находящиеся в помещениях офиса, и пожарный кран внутреннего противопожарного водопровода. Они предназначены для тушения начальных возгораний различных веществ и материалов, за исключением веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Огнетушители

должны постоянно содержаться в исправном состоянии и быть готовыми к действию. Категорически запрещается тушить возгорания в помещениях офиса при помощи химических пенных огнетушителей (типа ОХП-10).

Рабочее место располагается в 10 корпусе ТПУ 402 аудитория. На рисунке 4 представлен план эвакуации четвертого этажа 10 корпуса.

### ПЛАН ЭВАКУАЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ И ДРУГИХ ЧС



Действия при пожаре Сохранять спокойствие!	
<b>1</b> Сообщить по телефону: 01, сот 010	- адрес объекта - место возникновения пожара - свою фамилию
<b>2</b> Эвакуировать людей	- ориентироваться по знакам направления движения - взять с собой пострадавших
<b>3</b> По возможности принять меры по тушению пожара	- использовать средства противопожарной защиты - при необходимости обесточить помещение

Условные обозначения			
Огнетушитель	Путь к запасному эвакуационному выходу	Путь к основному эвакуационному выходу	Эвакуационный выход
Кнопка включения средств и систем пожарной автоматизации	Направление движения к эвакуационному выходу	Вы находитесь здесь!	Пожарный кран

Рисунок 7.4 – План эвакуации.

### 7.6 Выводы по разделу

Каждый работник должен проводить профессиональную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов здоровья и безопасности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость устойчивого развития.

В данном разделе были рассмотрены основные вопросы соблюдения прав работника на труд, выполнения правил к безопасности труда, промышленной безопасности, экологии и ресурсосбережения.

Установлено, что рабочее место исследователя удовлетворяет требованиям безопасности и гигиены труда во время реализации проекта, а вредное воздействие объекта исследования на окружающую среду не превышает норму.



## Список публикаций и выступлений

1. Кривошеев Н.А., Анфёров И.А., Вик К.В. Разработка рекуррентной нейронной сети для генерации текстов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020.
2. Кривошеев Н.А., Иванова Ю.А., Спицын В.Г. Сегментация изображений на основе генеративной состязательной сети // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020.
3. Кривошеев Н, Krivosheev N, Спицын В, Spicyn V. Machine Learning Methods for Classification Textual Information. GraphiCon'2019 Proceedings Volume 1 [Internet]. Bryansk State Technical University; 2019 Nov 10; Available from: <http://dx.doi.org/10.30987/graphicon-2019-1-266-269>
4. Кривошеев Н.А., Спицын В.Г. Алгоритмы понимания текста методами глубокого обучения нейронных сетей // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 03-07 декабря 2018 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Autoencoder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Autoencoder> (Дата обращения: 15.03.2020).
2. Recurrent neural network [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Recurrent\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Recurrent_neural_network) (Дата обращения: 15.03.2020).
3. Lantao Yu SeqGAN: Sequence Generative Adversarial Nets with Policy Gradient [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1609.05473.pdf> (Дата обращения: 15.03.2020).
4. Jiaxian Guo Long Text Generation via Adversarial Training with Leaked Information [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1709.08624> (Дата обращения: 15.03.2020).
5. TORCH.NN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pytorch.org/docs/stable/nn.html> (дата обращения: 15.03.2020).
6. Знакомство с архитектурой LSTM-сетей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://datareview.info/article/znakomstvo-s-arhitekturoy-lstm-setey/> (Дата обращения: 12.04.2020).
7. What the heck is Word Embedding [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/what-the-heck-is-word-embedding-b30f67f01c81> (Дата обращения: 12.04.2020).
8. Introduction to Word Embedding and Word2Vec [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-word-embedding-and-word2vec-652d0c2060fa> (Дата обращения: 24.04.2020).
9. One-hot [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/One-hot> (Дата обращения: 12.04.2020).
10. Унитарный код [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Унитарный\\_код](https://ru.wikipedia.org/wiki/Унитарный_код) (Дата обращения: 12.04.2020).

11. What Are Word Embeddings for Text? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://machinelearningmastery.com/what-are-word-embeddings/> (Дата обращения: 24.04.2020).
12. What the heck is Word Embedding [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/what-the-heck-is-word-embedding-b30f67f01c81> (Дата обращения: 12.04.2020).
13. Что такое нейронные сети, что они могут, и как написать нейронную сеть на Python? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neural-university.ru/neural-networks-basics> (Дата обращения: 25.04.2020).
14. An overview of gradient descent optimization algorithms [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ruder.io/optimizing-gradient-descent/index.html> (Дата обращения: 30.04.2020).
15. Чабаненко В.Д. Модификации метода стохастического градиентного спуска для задач машинного обучения с большими объемами данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a0/2016\\_417\\_ChabanenkoVD.pdf](http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a0/2016_417_ChabanenkoVD.pdf) (Дата обращения: 05.05.2020).
16. Women's E-Commerce Clothing Reviews [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/nicapotato/womens-ecommerce-clothing-reviews> (Дата обращения: 15.03.2020).
17. Tsung-Yi Lin Microsoft COCO: Common Objects in Context [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1405.0312> (Дата обращения: 15.03.2020).
18. StihiData [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/DenisVorotyntsev/StihiData/tree/194107ff98249fd11e8da5c3ee2d9e34e9860e53> (Дата обращения: 12.04.2020).

19. Выборка данных Image COCO [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/CR-Gjx/LeakGAN/tree/master/Image%20COCO/save> (Дата обращения: 12.04.2020).
20. Long short-term memory [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Long\\_short-term\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Long_short-term_memory) (Дата обращения: 15.03.2020).
21. Функция активации [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция\\_активации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция_активации) (Дата обращения: 15.03.2020).
22. Softmax [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Softmax> (дата обращения: 15.03.2020)
23. Text Generation With Tensorflow [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://machinetalk.org/2019/02/01/text-generation-with-tensorflow/> (Дата обращения: 24.04.2020)
24. Recurrent neural networks and LSTM tutorial in Python and TensorFlow [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://adventuresinmachinelearning.com/recurrent-neural-networks-lstm-tutorial-tensorflow/> (Дата обращения: 24.04.2020).
25. Generative Adversarial Networks for Text Generation — Part 2: RL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://becominghuman.ai/generative-adversarial-networks-for-text-generation-part-2-rl-1bc18a2b8c60> (Дата обращения: 12.04.2020).
26. TORCH.MULTINOMIAL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pytorch.org/docs/master/generated/torch.multinomial.html>
27. Метод Монте-Карло для поиска в дереве [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/282522/> (Дата обращения: 12.04.2020).
28. Neural Network Embeddings Explained [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/neural-network-embeddings-explained-4d028e6f0526> (Дата обращения: 15.03.2020).

29. Функция активации [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция\\_активации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция_активации) (Дата обращения: 15.03.2020).
30. Свёрточная нейронная сеть [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Свёрточная\\_нейронная\\_сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Свёрточная_нейронная_сеть) (Дата обращения: 15.03.2020).
31. BLEU [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/BLEU> (Дата обращения: 12.04.2020).
32. Zichao Yang Improved Variational Autoencoders for Text Modeling using Dilated Convolutions [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1702.08139.pdf> (Дата обращения: 15.03.2020).
33. RNN: может ли нейронная сеть писать как Лев Толстой? (Спойлер: нет) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/342738/> (Дата обращения: 15.03.2020).
34. Генерация текста с помощью LSTM рекуррентных нейронных сетей в Python с Keras [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.machinelearningmastery.ru/text-generation-lstm-recurrent-neural-networks-python-keras/> (Дата обращения: 15.03.2020).
35. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
36. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
37. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
38. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.

39. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы
40. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
41. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере
42. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования
43. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
44. Метод коэффициента использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.websor.ru/metodkoeffi.html> (Дата обращения: 02.06.2020).
45. Кнорринг, Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1981. – 288 с.
46. СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение
47. СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
48. Электробезопасность [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электробезопасность>
49. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений

## Приложение А

### Раздел 1

#### Algorithms for the automatic generation of semantically related texts

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM83	Кривошеев Николай Анатольевич		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШИТР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент				

Консультант – лингвист отделения ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Аксёнова Н. В.	к.фил ол.н.		

## Introduction

**Relevance of work.** At the moment, one of the most popular tasks is understanding the text. This task includes: classification, text generation, translation, answers to questions, image annotation and other tasks. The automatic creation of coherent and semantically meaningful text has many uses, for example, in machine translation, dialogue systems, image captions.

**Purpose of work.** The objectives of this work are: to conduct an analytical review of methods for generating a semantically coherent text, implement machine learning algorithms to generate a semantically coherent text, and compare with similar solutions.

**Formulation of the problem.** Achieving this goal involves: conducting an analytical review of methods for solving the problem of generating a semantically connected text, searching for training samples for the task of generating text, or creating them for subsequent training of selected algorithms, implementing algorithms, comparing the implemented algorithms with similar solutions, and summing up.

**Subject of study.** The subject of research is artificial intelligence methods used in the generation of semantically coherent text.



## **1 Analytical review of text generation methods**

Automatic generation of semantically coherent text is a complex and popular task, which is used in such tasks as: machine translation of texts, creating subtitles, annotating texts, and other tasks. In this paper, semantically coherent text refers to a holistic and meaningful text.

This section provides an introduction to the task of generating short semantically coherent texts, analyzes these approaches and briefly describes them. There are various approaches and solutions to the task of generating texts, such as: neural networks, autoencoders, recurrent neural networks, generative adversarial networks and their variations.

In this paper, an analytical review of the following algorithms was carried out: autoencoder [6], Recurrent Neural Network (RNN) [5], SeqGAN [7], LeakGAN [2].

### **1.1 Autoencoder**

This neural network consists of two parts: encoder and decoder. The task of the encoder's neural network is to compress the text into a certain vector (encoding), and the task of the decoder is to restore this vector to the original text (decoding). In the process of generating text, a random vector is fed to the decoder for its subsequent restoration to text. In this paper, the random vector is replaced by text encoded by the encoder with the introduction of random noise into it, to change the source text and improve the quality of generation.

### **1.2 RNN**

There are various approaches to generating texts using RNN, in this work we consider two approaches: RNN for character-based generation of long texts and LSTM for word-by-word generation of short texts.

In the RNN approach for character-by-character generation of long texts, the text is generated based on some initial fragment of the text fed to the neural network. This algorithm uses character-by-character generation. To train the neural network,

character-by-word preprocessing of the text (described below) is carried out, the text of the training sample is divided into examples, where one example consists of N input characters and one output character as the desired result.

In the LSTM approach for word-by-word generation of short texts, a certain fragment of text of a given length is generated. This algorithm uses word-by-word generation (described below). The text of the training sample is divided into examples, where one example consists of N words. The answer for the network is an example shifted by one word to the left.

### **1.3 SeqGAN**

One of the problems with generating text using LSTM is a decrease in the quality of the generated text, while increasing the length of the sequence. Solutions were considered that allow increasing the quality of short text generation: SeqGAN [7] and LeakGAN [2]. SeqGAN's goal is to generate short semantically coherent texts. This neural network is a modified generative adversarial neural network.

The main modifications are the use of reinforcement learning and the Monte Carlo algorithm, which is used to improve the quality of the assessment of the generated text. It should be noted that SeqGAN can be used without using the Monte Carlo algorithm. Read more about this approach in the article [2]. This approach uses generator training, which consists of two stages: maximum likelihood estimation (MLE) and reinforcement learning (using a generative-competitive neural network to dynamically evaluate text quality). According to the results presented in article [2], we can conclude that using SeqGAN can improve the quality of text generation.

### **1.4 LeakGAN**

The purpose of this neural network is to generate relatively long semantically connected texts (more than 20 words). This neural network is a generative adversarial neural network.

This article [2] proposes a LeakGAN neural network based on a combination of the ideas of generative adversarial neural networks such as SeqGAN [7] and

RankGAN. An approach based on a memory leak from the discriminator is considered, which allows improving the quality of the generated text. Comparison of such approaches as MLE, SeqGAN, RankGAN and the proposed LeakGAN. Based on the presented results, it can be concluded that the approaches of SeqGAN, RankGAN, and LeakGAN can improve the quality of the generated text after using generator pre-training based on MLE (maximum likelihood estimation). The RankGAN generative-competitive neural network generates a better result than SeqGAN, but inferior to the LeakGAN neural network. The neural network topology is shown in the image below:

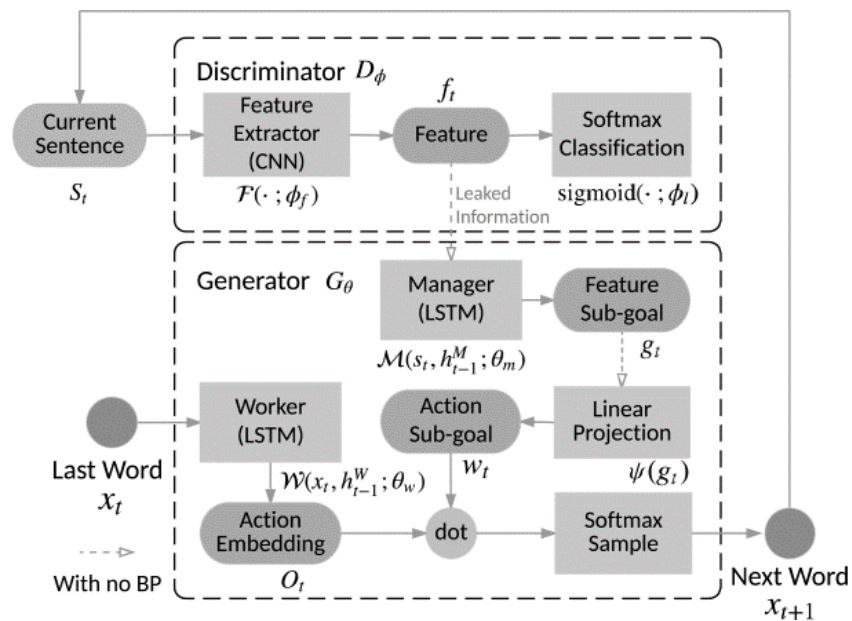


Figure 1.1 – LeakGAN Neural Network Topology.

## 2 Description of the main algorithms

This section discusses machine learning algorithms typical and used in all implemented and reviewed algorithms (autoencoder, RNN, SeqGAN [7], LeakGAN [2]), such as: LSTM and Embedding.

### 2.1 LSTM

Long short-term memory (LSTM) is a variation of the architecture of a recurrent neural network, proposed in 1997 by Sepp Hochreiter and Jürgen Schmidhuber, and then optimized and popularized in many subsequent works. This neural network is well suited for the tasks of generating and classifying texts. LSTM is also actively used in other tasks, such as: generating music, speech recognition, creating descriptions for images, etc.

LSTM networks are designed to solve the problem of long-term dependencies, for storing information for long periods of time. The main difference between the LSTM neural network is the use of LSTM modules instead of or in addition to other network modules. An LSTM module is a network recurrence module that is capable of storing information for short and long periods of time. For this, the activation function on its recurrent components is not used in this neural network, which allows not to blur the stored value in time and contributes to a better spread of the gradient.

An LSTM network is in the form of a chain of repeating modules, where the module contains four layers that interact in a special way. The traditional LSTM architecture (used in this paper) with forgetting gates  $c_0 = 0$  and  $h_0 = 0$  is represented by the formulas below [17]:

$$i_t = \sigma(W_{ii}x_t + b_{ii} + W_{hi}h_{t-1} + b_{hi}) \quad (2.1)$$

$$f_t = \sigma(W_{if}x_t + b_{if} + W_{hf}h_{t-1} + b_{hf}) \quad (2.2)$$

$$g_t = \tanh(W_{ig}x_t + b_{ig} + W_{hg}h_{t-1} + b_{hg}) \quad (2.3)$$

$$o_t = \sigma(W_{io}x_t + b_{io} + W_{ho}h_{t-1} + b_{ho}) \quad (2.4)$$

$$c_t = f_t \circ c_{t-1} + i_t \circ g_t \quad (2.5)$$

$$h_t = o_t \circ \tanh(c_t) \quad (2.6)$$

Где  $\sigma$  функция активации sigmoid,  $\circ$  обозначает произведение Адамара,  $h_t$  скрытое состояние слоя в момент времени  $t$  (или начальное состояние  $h_0$ ),  $c_t$  состояние ячейки в момент времени  $t$ ,  $x_t$  входная информация в момент времени  $t$ , а  $i_t$ ,  $f_t$ ,  $g_t$ ,  $o_t$  являются вентилями входа, забывания, состояния и выхода соответственно. Архитектура традиционной LSTM представлена на изображении ниже:

Where  $\sigma$  is the activation function sigmoid,  $\circ$  is the Hadamard product,  $h_t$  is the hidden state of the layer at time  $t$  (or the initial state  $h_0$ ),  $c_t$  is the state of the cell at time  $t$ ,  $x_t$  is the input at time  $t$ , and  $i_t$ ,  $f_t$ ,  $g_t$ ,  $o_t$  are valves of entry, forgetting, state and exit, respectively. The architecture of the traditional LSTM is shown in the image below:

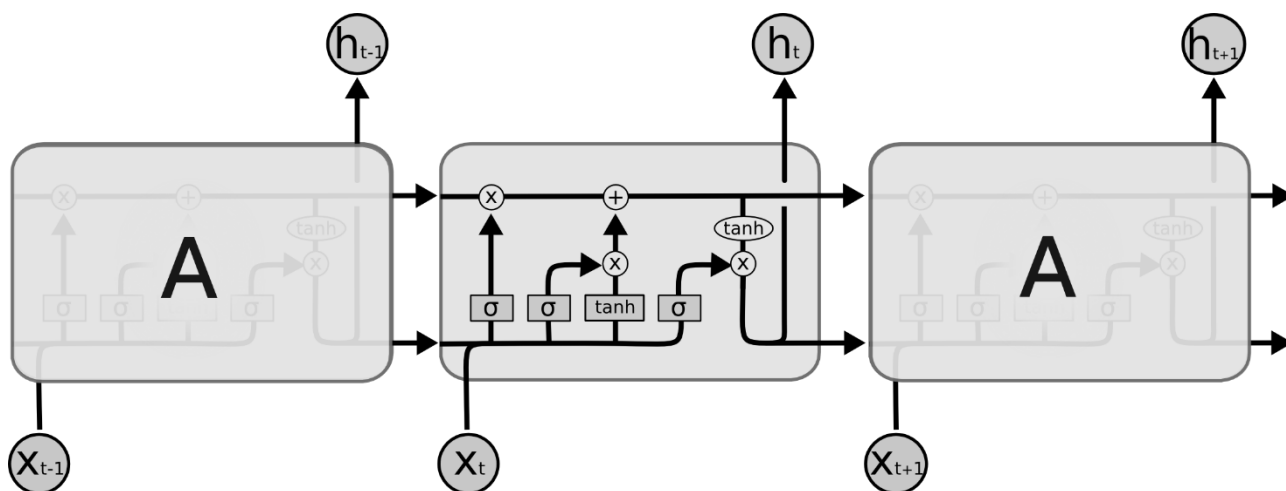


Figure 2.1 – LSTM.

More details about the principles of LSTM operation are described in the article [18].

## 2.2 Word Embedding

Word Embedding [20, 30] is one of the most popular vocabulary views for working with Natural Language Processing (NLP) tasks. Word Embedding is able to capture the context of a word in a text: semantic and syntactic similarities, connection

with other words, etc. The goal of this approach is to convert words to vectors so that words with similar meanings get similar vectors. The second goal is to compress the word vector (represented as a one-hot vector [19]) to increase the speed of calculations.

Consider this approach in more detail. Using the standard approach, without using Embedding [30, 31], the words in the dictionary are encoded by one-hot vectors. In one-hot vector, the number of elements is equal to the number of encoded elements (in this paper it is equal to the number of original words of the text used), one element is 1, and all the others are 0.

The Embedding layer is like a fully connected layer without using activation features. So when converting a word into a vector, you can multiply one-hot word vector by the weight of the Embedding layer to get the output vector. This operation is presented in the figure below (see figure 3):

$$\begin{array}{c}
 [0 \quad 0 \quad 0 \quad \mathbf{1} \quad 0] \times \begin{bmatrix} 8 & 2 & 1 & 9 \\ 6 & 5 & 4 & 0 \\ 7 & 1 & 6 & 2 \\ \mathbf{1} & \mathbf{3} & \mathbf{5} & \mathbf{8} \\ 0 & 4 & 9 & 1 \end{bmatrix} = [1 \quad 3 \quad 5 \quad 8] \\
 \text{One-hot vector} \qquad \qquad \qquad \text{Embedding Weight Matrix} \qquad \qquad \qquad \text{Hidden layer output}
 \end{array}$$

Figure 2.2 – Convert one-hot vector with Embedding layer.

Since most of the elements of the one-hot vector are equal to 0, this operation is equivalent to taking the corresponding row from the weight matrix of the Embedding layer, whose number is equal to the column number of the one-hot vector containing the element equal to 1. That is, it is not necessary to multiply the matrices, it is enough take the corresponding row in the weight matrix, which allows you to significantly speed up the calculation.

Instead of using a hot vector, you can use integers to encode words. For example, to convert the word “sky” located at 256 place in the dictionary, you need to find 256 row in the weight matrix of the Embedding layer. This process is called Embedding Lookup.

Embedding layer weights are trained using backward propagation of errors, like other neural network weights.

Read more about this approach in the article [21].

### 2.3 Fully connected neural network

A fully connected direct distribution neural network (hereinafter referred to as Dense) is a network in which each neuron is connected to all other neurons located in neighboring layers, and in which all connections are directed strictly from the input neurons to the output neurons [32].

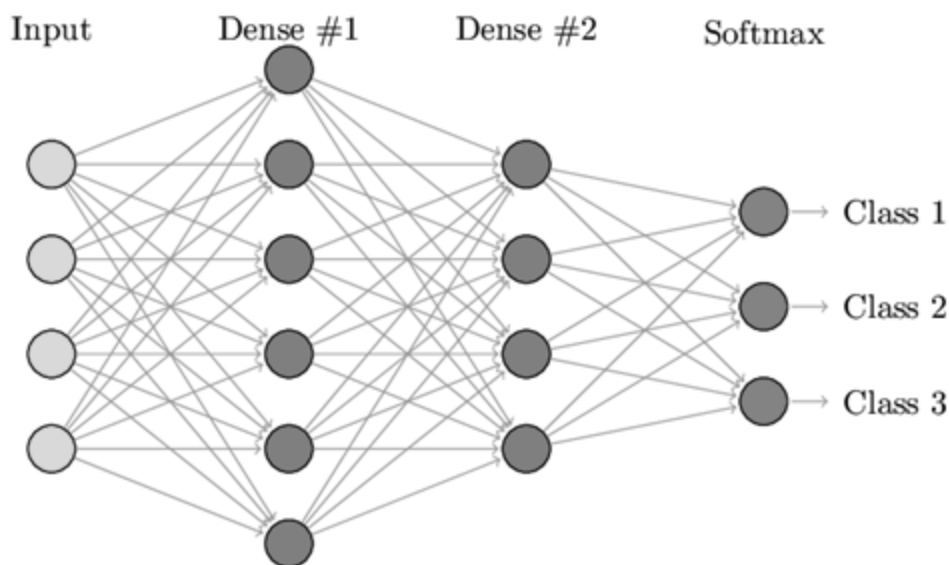


Figure 2.3 – Fully connected neural network.

On the left in the figure is the input layer to which the signal arrives. To the right are two hidden layers, and the far right layer of neurons is the output layer. This network can solve the classification problem, and can recognize several classes, for example: generated or real text.

In this paper, a fully connected neural network is trained by back propagation of error.

## 2.4 Hyperparameter Optimizers

In this work, optimizers such as AdaGrad [33] and Adam [34] are used to configure hyperparameters.

AdaGrad is a modification of stochastic gradient descent with a learning speed separate for each parameter. The algorithm was published in 2011. This algorithm increases the convergence rate compared to standard stochastic gradient descent in conditions when data is rare and the corresponding parameters are more informative. Examples of such tasks are natural language processing and pattern recognition. This optimizer was used to train the neural network of the SeqGAN discriminator.

The AdaGrad Optimizer is described by the following formulas:

$$G_{t+1} = G_t + g_t^2 \quad (2.7)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{G_{t+1} + \varepsilon}} g_t \quad (2.8)$$

Where  $\theta_t$  is the network parameters,  $G_t$  is the sum of squares of updates,  $g_t$  is the gradient,  $\varepsilon$  is the smoothing parameter necessary to avoid dividing by 0,  $\eta$  is the learning speed.

Adam is a method that calculates adaptive learning speeds for each parameter. The Adam optimizer is similar to optimizers like AdaGrad, Adadelta, and RMSprop. The main differences: firstly, the estimate of the first moment is calculated as a moving average; secondly, due to the fact that the estimates of the first and second moments are initialized to zeros, a small correction is used so that the resulting estimates are not biased to zero. The method is also invariant to scale gradients. This optimizer is the main one in this work and is used to train all neural networks, including some tests for training discriminator in the SeqGAN neural network.

For given hyperparameters  $\gamma_1, \gamma_2, \lambda, \eta, m_0$  and  $g_0 = 0$ , the Adam optimizer is described by the following formulas:



$$\mathbf{m}_{t+1} = \gamma_1 * \mathbf{m}_t + (1 - \gamma_1) * \nabla f_i(\theta_t) \quad (2.9)$$

$$\mathbf{g}_{t+1} = \gamma_2 * \mathbf{g}_t + (1 - \gamma_2) * \nabla f_i(\theta_t)^2 \quad (2.10)$$

$$\bar{\mathbf{m}}_{t+1} = \frac{\mathbf{m}_{t+1}}{1 - \gamma_1^{t+1}} \quad (2.11)$$

$$\bar{\mathbf{g}}_{t+1} = \frac{\mathbf{m}_{t+1}}{1 - \gamma_2^{t+1}} \quad (2.12)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t \frac{\eta * \bar{\mathbf{m}}_{t+1}}{\sqrt{\bar{\mathbf{g}}_{t+1} + \varepsilon}} \quad (2.13)$$

Where  $\theta_t$  is the network parameters,  $\nabla f_i$  is the gradient,  $\varepsilon$  is the smoothing parameter needed to avoid dividing by 0,  $\eta$  is the learning speed.

## 3 Datasets

### 3.1 Training Datasets

To generate texts in this paper, various data samples are used:

1. Womens Clothing E-Commerce Reviews [3];
2. Image Captions from Sample COCO Image Captions [4];
3. Collection of poems in Russian [22];
4. Classical and other literary works in Russian.

**Womens Clothing E-Commerce Reviews.** This is a dataset for women's clothing e-commerce based on customer reviews and contains user reviews of women's clothing. Since this is real business data, they were anonymous, and the links to the company in the text and the text of the review were replaced by a “retailer”.

**COCO Image Captions.** The COCO Image Captions [4] dataset contains images and their descriptions in English. Most sentences in this set contain about 10 words. The data sample and its preliminary processing corresponds to that presented in the article [2], the sample is taken from the source [23]. The data set [23] is represented by the following files: dictionary (vocab\_cotra.pkl), test sample (realtest\_coco.txt), training sample (realtrain\_cotra.txt). The data set contains 4837 original words. The training data set contains 80,000 examples in the training set, the test sample contains 5,000 examples. The authors of [2] indicate that words mentioned less than 10 times, as well as sentences containing them, are removed from the sample.

**Collection of poems in Russian.** The sample containing a collection of Russian poems [22] consists of about 181.6 million characters, excluding text preprocessing. Text pre-processing was carried out. This processing consists of the following steps:

1. Break text into examples (sentences and lines).

2. Compiling a dictionary of the most frequently mentioned words.
3. Deleting examples containing more than 5% of words not included in the dictionary in the text.
4. Removing examples containing less than 7 words and punctuation.
5. Replacing words not included in the dictionary with the reserved word “\_UNK\_” (from English “unknown”). Replaced words, such as: names, names of professions, words with spelling errors, etc.
6. Fill or shorten examples to a given text length. The reserved word “\_AGG\_” (from the English “aggregate”) is used to fill the text to the specified length. To shorten the length of the example, the end of the sentence is deleted.
7. Separation of the sample into training and test. All input examples in the dataset are shifted by one word to the right, the first word is set by the reserved word “\_START\_” (from English “start”).

All punctuation marks have been removed from this dataset, except for the point indicating the end of the example. As a result of preliminary processing of the text, a dictionary of 5,000 words is used, including three reserved words (“\_UNK\_”, “\_AGG\_” and “\_START\_”). The sample contains about 150,000 examples. The data set was divided into a training sample (from 100,000 examples) and a test sample (from 25,000 examples).

It should be noted that this sample does not contain punctuation marks, except for the point denoting the end of a sentence or line (end of an example).

**Classical and other literary works in Russian.** This sample includes a collection of poems in Russian described above (about 80% of the final dataset). Part of this data set was manually collected (about 20% of the final dataset) and contains the following works: War and Peace (Leo Tolstoy), Anna Karenina (Leo Tolstoy), Crime and Punishment (Fyodor Dostoyevsky), Thomas Gordeev (Maxim Gorky), Hero of Our Time (Mikhail Lermontov), Eugene Onegin (Alexander Pushkin), The Captain's Daughter (Alexander Pushkin), Dubrovsky (Alexander Pushkin), Woe from

Wit (Alexander Griboyedov), The Master and Margarita (Mikhail Bulgakov), The Viy (Nikolai Gogol), Dead Souls (Nikolai Gogol), Taras Bulba (Nikolai Gogol), The Overcoat (Nikolai Gogol), The Idiot (Fyodor Dostoyevsky), Oblomov (Ivan Goncharov), The Garnet Bracelet (Alexander Kuprin), The Lady with the Dog (Anton Chekhov), Heart of a Dog (Mikhail Bulgakov), Mumu (Ivan Turgenev), Fathers and Sons (Ivan Turgenev), Gulliver's Travels (Jonathan Swift), The Adventures of Tom Sawyer (Mark Twain). The compiled sample contains about 221.6 million characters before the preliminary processing of the text.

The preliminary processing of the text of this dataset corresponds to the preprocessing of the collection of poems in Russian described above.

### **3.2 Data preprocessing**

Two basic text preprocessing algorithms are used: character-wise and word-wise.

**Word-by-word preprocessing.** Pre-processing of data is to translate the text to lowercase. Further, the text is divided into sentences, each sentence is divided into words. In this case, a word is considered: words, punctuation, numbers. The words that are not included in the dictionary are replaced with a reserved word. If the sentence contains more than 15% of the replaced words (not included in the dictionary), the sentence is deleted.

Long sentences are truncated to a given length of example N, short sentences less than a given length M are deleted. Here N is the length of the generated text in words, and M is the minimum length of the sentence. Short sentences, the length of which is less than M, with the reserved word placeholder, are filled up to the length M. The reserved word “\_AGG\_” (from the word “aggregate”) is used to fill the text to the specified length. All words are replaced by numbers corresponding to them for further use of the text and the use of such algorithms for converting text to vector as: Word2Vec, Embedding, one-hot vector, etc.

**Character-based word processing.** Pre-processing of data consists in translating the text into lower case, in the removal of characters that are not included in the dictionary. The dictionary includes such symbols as: numbers, punctuation marks, English or Russian letters. All characters are replaced by their corresponding numbers, for further use of the text and the use of such algorithms for converting text to vector as: Word2Vec, Embedding, one-hot vector, etc.