

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 10 (113)/2023 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

• **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

• **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

• **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ахмедиярова А.Т.,

Олжабаева А.Б., Намазбаев Т.А.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С

ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....3

Гусак Е.В., Гурьев А.Т.

ОБЗОР ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЗАЦИИ

ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ.....17

Ершова Д.В.

АРХИТЕКТУРА И ПРАКТИКА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

БИЗНЕС-ЦЕНТРОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ

ГОРОДОВ КУЗБАССА25

Смирнов С.В.,

ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МЕДИЦИНЕ:

СФЕРЫ И МЕХАНИЗМ РАБОТЫ34

Фаталиев В.М., Аббасзаде Га.Р.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЕНИЯ ГАЗА В ПРИРОДНОЙ

УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ НА ЕГО

РЕТРОГРАДНОЕ ИСПАРЕНИЕ37

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Ахмедиярова А.Т., Олжабаева А.Б., Намазбаев Т.А.
КазННТУ имени К.И.Сатпаева, Казахстан, Алматы
[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.113.1894](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.113.1894)

АННОТАЦИЯ

В настоящее время технологии распознавания речи являются одними из наиболее актуальных и перспективных направлений в области разработки мобильных приложений. Распознавание языка имеет широкий спектр применений, от улучшения взаимодействия с устройствами до помощи людям с ограниченными возможностями. В рамках данной работы будет разработано кроссплатформенное мобильное приложение с использованием технического языка Dart Flutter, которое будет способно распознавать и определять язык.

Выбор данной темы обусловлен многими факторами, такими как быстрый рост мобильных технологий, возрастающий спрос на удобные и функциональные приложения, а также наличие потребности в использовании распознавания языка в самых разных областях.

В данной статье распознавание речи – используется для обработки естественного языка, целью которого является определение языка заданного фрагмента текста или речи и перевода его на другие языки. Такие технологии используются в различных приложениях, включая транскрипцию речи в текст, перевод языка и голосовые помощники.

Введение. Технология распознавания языка быстро прогрессирует в последние годы, и она нашла применение в различных областях, от преобразования речи в текст при транскрипции до голосовых персональных помощников. Одной из наиболее перспективных областей для распознавания языка является разработка мобильных приложений, которые могут использоваться в самых разных контекстах.

Мобильные приложения становятся все более популярными, и технология распознавания речи может быть интегрирована в эти приложения для повышения удобства пользователей. Технология распознавания речи может помочь пользователям более эффективно взаимодействовать с мобильными устройствами, особенно в условиях, когда набрать текст или провести пальцем по экрану сложно, например, во время вождения автомобиля, занятий спортом или в случае, когда приложением пользуются люди с ограниченными возможностями (слабовидящие, слабослышащие).

Целью разработки приложения является создание инструмента, который позволяет пользователям передавать и преобразовывать речевую информацию на разных языках. Приложение должно распознавать и интерпретировать произнесенные фразы и автоматически переводить их на выбранный язык пользователя. Это снизит языковые барьеры и улучшит межкультурное взаимодействие, позволяя людям, в том числе и с ограниченными возможностями, коммуницировать на их родном языке.

Пользователь должен иметь возможность вводить текст как с клавиатуры, так и через встроенный микрофон смартфона. Затем, текст может быть переведен на один из выбранных языков и воспроизведен.

Распознавание языка, также известное как идентификация языка, - это процесс автоматической идентификации языка, на котором говорят в данном аудиообразце или письменном тексте. Способность распознавать язык, на котором говорят в данном аудиообразце или письменном тексте, необходима для многих приложений, таких как транскрипция речи в текст, машинный перевод и поиск информации. В последние годы в области распознавания языка был достигнут значительный прогресс, и в настоящее время существует множество эффективных методик и алгоритмов для определения языка заданного текста или речевого сигнала [1].

Распознавание языка, переданного с помощью аудио сигнала является сложной задачей из-за высокой вариативности языков и диалектов, а также влияния таких факторов, как акцент диктора, фоновый шум и скорость речи. Более того, существует множество языков со схожими характеристиками, что затрудняет их дифференциацию друг от друга. Однако, несмотря на эти проблемы, был достигнут значительный прогресс в разработке эффективных методов и алгоритмов распознавания языков[3].

Одним из наиболее часто используемых методов распознавания языков является статистическое моделирование. Статистические модели обучаются на больших массивах текстовых или речевых данных для изучения закономерностей и характеристик различных языков. Затем эти модели могут быть использованы для определения языка данного текста или речевого сигнала. Существует множество различных типов статистических моделей, используемых для распознавания языка, включая скрытые марковские модели (HMM) [2], модели гауссовых смесей (GMM) [3] и глубокие нейронные сети (DNN) [4].

НММ широко используются для распознавания языка благодаря своей способности моделировать временную динамику речи. НММ могут улавливать переходы между различными фонемами, словами и языковыми моделями, что позволяет эффективно использовать их для распознавания речи и идентификации языка. ГММ - еще один популярный метод распознавания языка, который моделирует статистическое распределение признаков, извлеченных из речи или текстовых данных. ГММ успешно используются для задач идентификации диктора и распознавания языка, и часто сочетаются с НММ для повышения эффективности.

В последние годы глубокие нейронные сети (DNN) стали мощным методом распознавания языка. DNN способны обучаться сложным и абстрактным представлениям речи или текстовых данных, что позволяет им улавливать более тонкие и нюансные различия между разными языками. DNN были успешно использованы для идентификации диктора и задач распознавания языка и достигли лучших результатов на многих эталонных наборах данных. [7]

Помимо методов статистического моделирования, существует множество других подходов к распознаванию языка, включая методы, основанные на правилах, алгоритмы машинного обучения и гибридные системы, сочетающие несколько методов. Методы, основанные на правилах, используют созданные вручную правила и эвристику для определения языка заданного текста или речевого сигнала. Алгоритмы машинного обучения, такие как машины опорных векторов (SVM) и случайные леса, также успешно используются для задач распознавания языка. Также были разработаны гибридные системы, сочетающие несколько методов, которые могут повысить точность и надежность систем распознавания языка.

Следует отметить, что распознавание языка является важной и сложной задачей, имеющей множество применений в транскрипции речи в текст, машинном переводе и информационном поиске. Существует множество эффективных методов и алгоритмов для определения языка заданного текста или речевого сигнала, включая методы статистического моделирования, такие как ЧММ, ГММ и ДНН, а также методы, основанные на

правилах, алгоритмы машинного обучения и гибридные системы. Несмотря на трудности, связанные с распознаванием языка, в последние годы был достигнут значительный прогресс, и ведутся исследования, направленные на дальнейшее повышение точности и надежности систем распознавания языка.

«Шестое чувство» — это мультиплатформенное приложение для помощи нуждающимся людям, то есть людям с ограниченными возможностями в виде отсутствия речи (немой), отсутствия слуха (глухой), отсутствия зрения (слепы), отсутствия судебной системы. Мобильное приложение работает даже в случаях обнаружения объектов в автономном режиме. Текущая реализация занимается распознаванием объектов, преобразованием текста в речь, и преобразователь речи в текст. Преобразователь речи в текст и преобразователь текста в речь использовали Web Speech API (интерфейс прикладной программы) для веб-сайта и библиотеки преобразования текста в речь и речи в текст мобильной платформы [10].

В этой статье [11], используя сенсор Kinect, поставляемый в комплекте с MS X-box, с распознаванием речи и движений, автор предложит новый компьютерный интерфейс для пользователей с ограниченными возможностями, у которых нет рук, чтобы иметь возможность управлять персональными компьютерами на расстоянии. уровень, аналогичный обычному пользователю. Показано, что реализованное приложение с новой системой интерфейса позволяет пользователям вводить пользовательские данные, информацию и легко контролировать выполнение программы.

Существует еще несколько сервисов машинного перевода, которые предоставляют собственные API. В целом, за последние годы машинный перевод прошел долгий путь благодаря разработке нейронных моделей машинного перевода и достижениям в области обработки естественного языка. Машинный перевод стал важным инструментом для общения, образования и глобального бизнеса. Несмотря на то, что еще есть возможности для совершенствования, будущее машинного перевода выглядит многообещающим благодаря дальнейшему развитию технологий и доступности высококачественных данных.

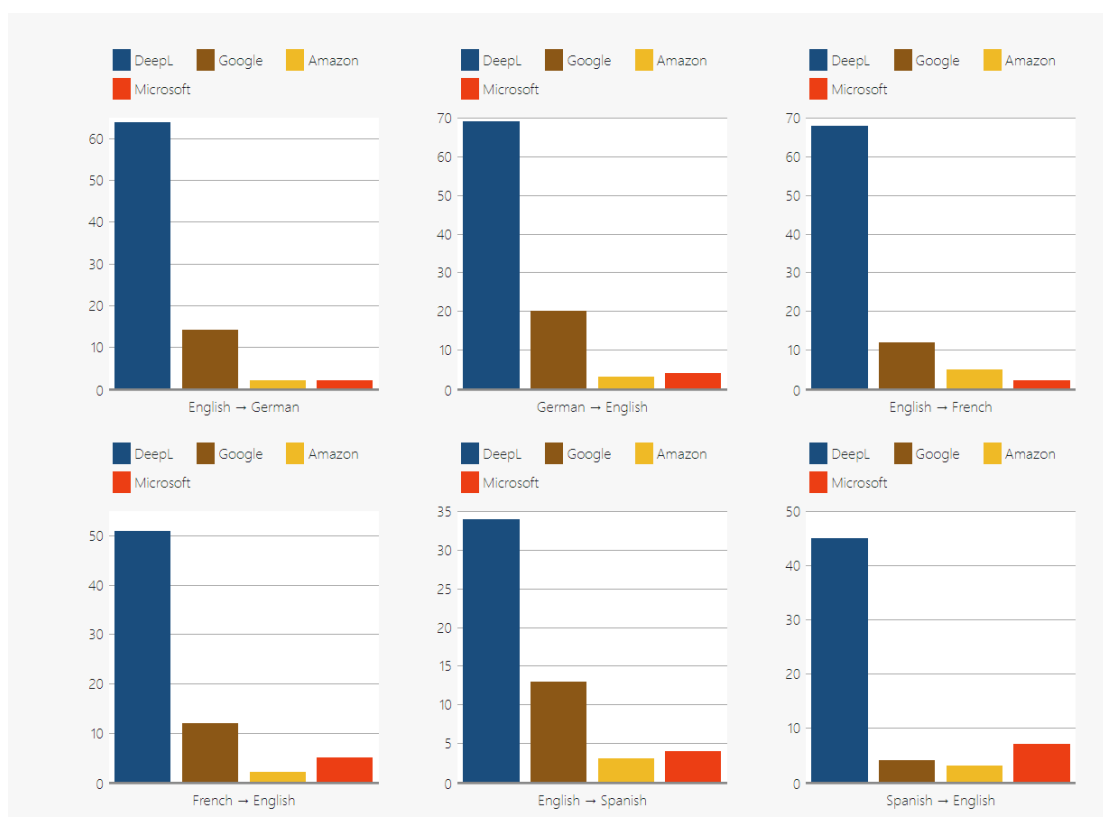


Рисунок 1 – Сравнение эффективности приложений переводчиков

Microsoft Translator, DeepL и Amazon Translate, Yandex Translator - вот некоторые из других популярных сервисов машинного перевода. Эти сервисы используют нейронный машинный перевод и предлагают схожие с Google Translate функции.

На диаграмме (рисунок 1) выше представлено сравнение работы автоматического перевода, проведенное компанией DeepL, где она сравнивает эффективность работы своего переводчика с эффективностью перевода у конкурентов. Для этого в январе 2020 года был выполнен перевод 119 параграфов из различных областей с использованием различных систем. Для проверки качества переводов были привлечены внешние профессиональные переводчики, не имеющие информации о том, какая система выполнила каждый перевод. График демонстрирует частоту, с которой переводы каждой системы оценивались лучше, чем переводы других систем. Однако на графике не отображаются случаи, когда несколько систем показывали наилучший результат. [12]

Трудно дать однозначное заключение о точности, поскольку она в некоторой степени зависит от конкретных языковых пар, которые используются для перевода. Однако DeepL в целом немного лучше, чем Google Translate в слепых тестах, особенно когда речь идет о парах европейских языков. Однако количество языков, доступных в DeepL все еще уступает количеству в переводчике от компании Google.

Система взаимодействия с приложением

Данное приложение разработано с применением Google Translate API в качестве средства для взаимодействия с сервером. С использованием данного программного интерфейса приложение имеет возможность переводить текст на другие языки, а также определять язык, введенный в текстовое поле.

Посредством использования сторонних библиотек Dart, реализован функционал для распознавания речи и преобразования текста в речь.

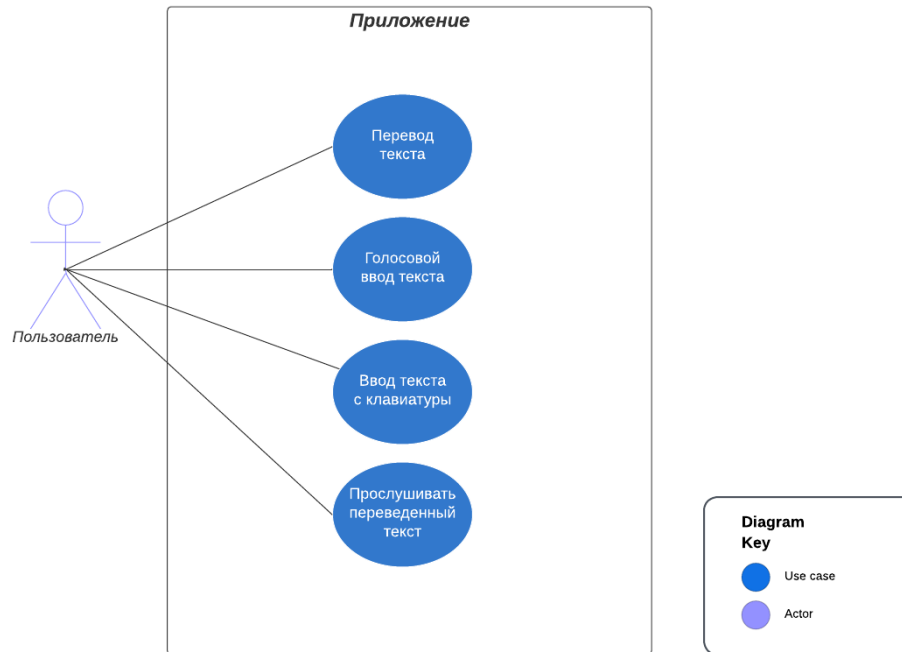


Рисунок 2 – Use case диаграмма приложения

Use case диаграмма выше отображает функционал доступный пользователю для взаимодействия в приложении, который включает в себя ввод текста с помощью клавиатуры, его перевод на выбранный язык, ввод текста с помощью голоса и прослушивание переведенного текста.

Основные сценарии использования (Use case'ы):

1. Перевод текста:

1.1. Описание: Пользователь хочет определить язык заданного текста.

1.2. Поток событий:

1.2.1. Пользователь вводит текст для перевода и выбирает целевой язык;

1.2.2. Приложение отправляет текст и целевой язык на обработку для перевода;

1.2.3. Приложение выполняет перевод с использованием выбранного языка.

2. Распознавание языка:

2.1. Описание: Пользователь хочет определить язык заданного текста.

2.2. Поток событий:

2.2.1. Пользователь вводит текст в текстовое поле;

2.2.2. Приложение отправляет текст на обработку для распознавания языка;

2.2.3. Приложение анализирует текст и определяет его язык;

2.2.4. Приложение отображает результат пользователю.

3. Распознавание речи:

3.1. Описание: Пользователь хочет, чтобы приложение распознало речь и преобразовало ее в текст.

3.2. Поток событий:

3.2.1. Пользователь активирует функцию распознавания речи в приложении;

3.2.2. Приложение начинает запись аудио с микрофона устройства;

3.2.3. Приложение обрабатывает записанное аудио и распознает речь, преобразуя ее в текст;

3.2.4. Приложение отображает распознанный текст пользователю.

4. Преобразование текста в речь:

4.1. Описание: Пользователь хочет, чтобы приложение преобразовало введенный текст в речь.

4.2. Поток событий:

4.2.1. Пользователь вводит текст в приложение для преобразования в речь;

4.2.2. Приложение обрабатывает введенный текст и генерирует соответствующую речь;

4.2.3. Приложение воспроизводит сгенерированную речь пользователю.

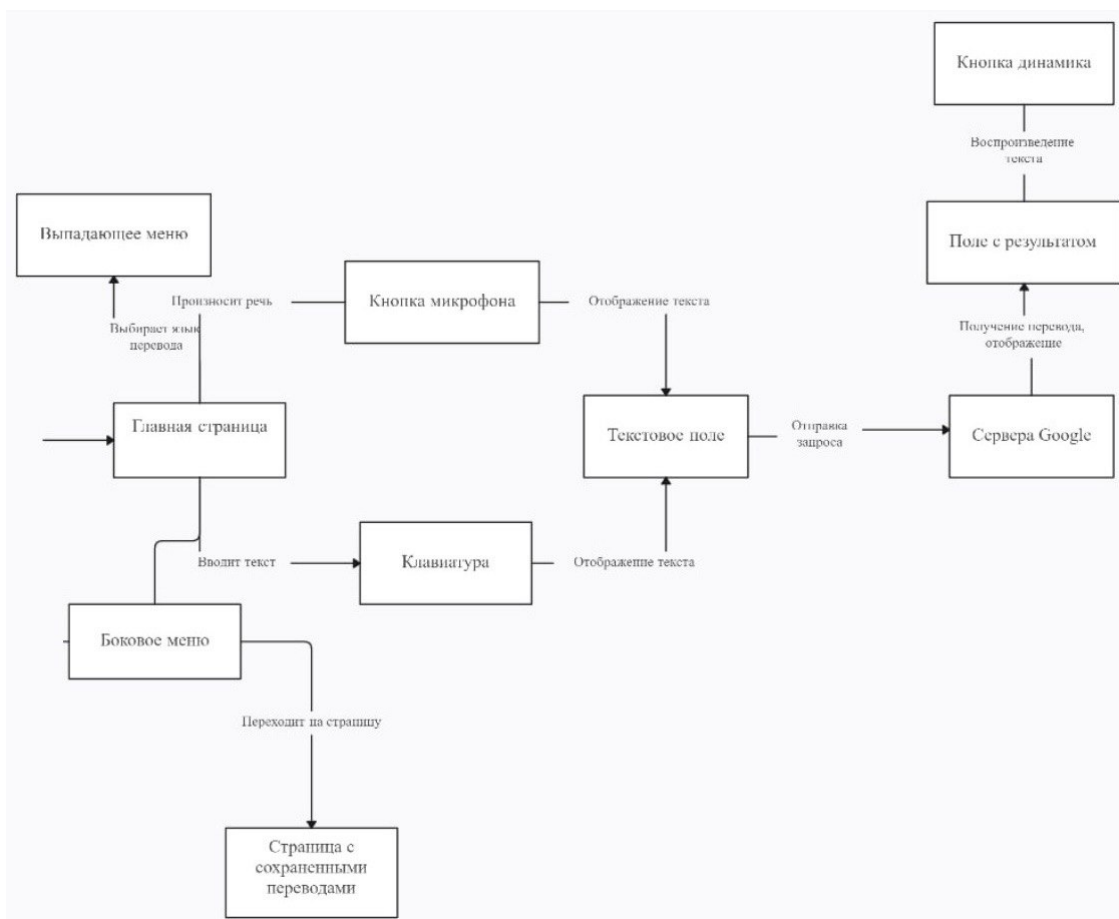


Рисунок 3 – Диаграмма взаимодействия пользователя с приложением

UML-диаграмма взаимодействия пользователя с приложением (или диаграмма последовательности) описывает взаимодействие между объектами (компонентами) системы в рамках определенного сценария использования приложения. Диаграмма позволяет увидеть, как объекты взаимодействуют друг с другом и как они обмениваются данными в ходе выполнения определенного сценария.

– Доступ к приложению. Пользователь открывает приложение и проходит регистрацию, либо заходит в уже существующий аккаунт.

– Ввод текста и перевод. Пользователь выбирает язык, на который его нужно перевести текст, вводит его с помощью клавиатуры или посредством голоса, и воспроизводит переведенный текст для прослушивания.

– Сохранение в избранное. Пользователь может сохранить только что переведенный текст в

список избранных, нажав на кнопку «Save». После этого у него есть возможность просмотреть список сохраненных переводов в соответствующей вкладке бокового меню.

– В диаграмме также показано взаимодействие приложения с серверами Google, при помощи соответствующего программного интерфейса.

Разработка пользовательского интерфейса

При создании пользовательского интерфейса была поставлена задача сделать его интуитивно понятным и простым в использовании, в особенности для людей слабовидящих, а поэтому в качестве примера при разработке пользовательского интерфейса были использованы приложение-переводчик от самой компании Google и разного рода программы голосовых помощников, таких как Siri от компании Apple и Алиса от компании Яндекс.

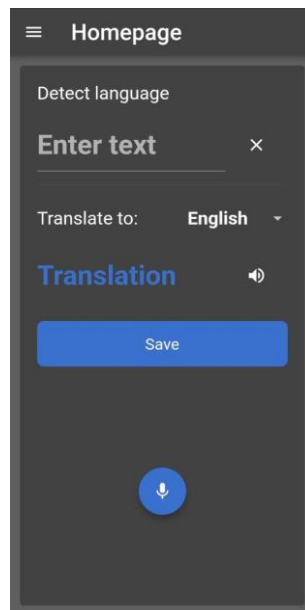


Рисунок 4 – Главная страница приложения

Интерфейс приложения представляет собой AppBar с боковым меню, открывающимся при свайпе вправо. В боковом меню представлены разделы с главным экраном приложения и экраном, где отображаются сохраненные переводы.

Ниже расположен текст «Detect language», который динамически изменяется при вводе текста в зависимости от его языка.

После идет поле, куда пользователь вводит текст с помощью клавиатуры и где появляется текст, введенный пользователем посредством преобразования речи. При нажатии на крестик справа от текстового поля пользователь может разом удалить весь текст, не используя клавиатуру.

После текстового поля расположено выпадающее меню, в котором пользователь может выбрать язык, на который он хочет сделать перевести введенный текст.

Перевод текста появляется ниже, перед кнопкой сохранения перевода. Рядом расположена иконка динамика, нажав на который пользователь может прослушать перевод.

В нижней части экрана, нажав и удерживая синюю иконку микрофона, пользователь произносит текст, который в дальнейшем появляется в текстовом поле.

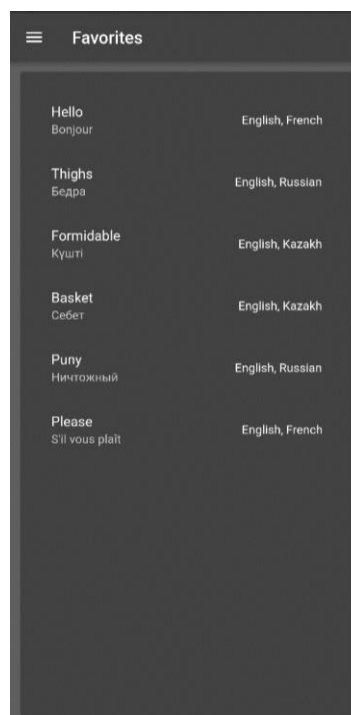


Рисунок 5 – Экран сохраненных переводов

На рисунке 5 изображена страница с пользователем и текст перевода. Рядом сохранными переводами, куда они попадают по нажатию на кнопку «Save». На странице в виде списка отображается слово или текст, введенный

пользователем и текст перевода. Рядом располагается язык введенного текста и язык перевода.

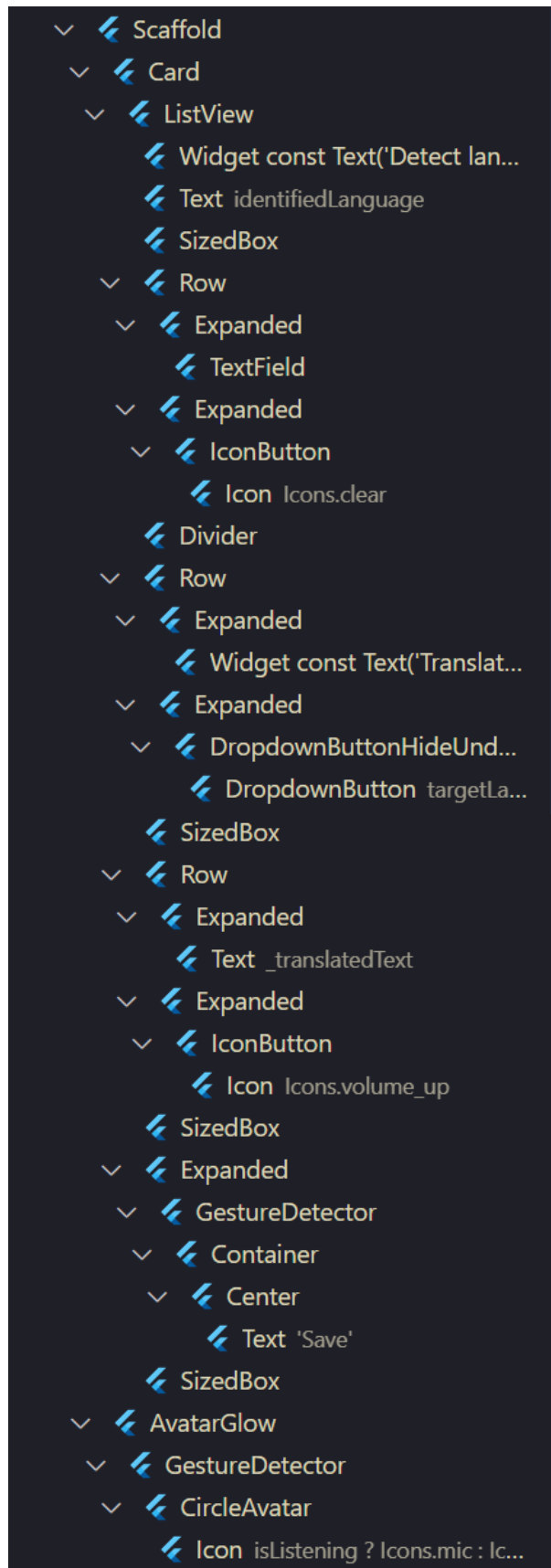


Рисунок 6 – Структура интерфейса приложения

Структурное дерево приложения представляет собой серию строчных (Row) виджетов, расположенных на виджете Scaffold, реализующего базовую структуру визуального макета приложения. Кроме этого строчные Row виджеты вложены внутри виджета Card, который представляет собой панель со слегка закругленными углами и возможностью настроить эффект «парения», путем изменения свойства, регулирующего тень.

В виджете Card располагается также виджет ListView, который отображает дочерние элементы один за другим в направлении прокрутки. Таким образом, в случае если элементы выходят за нижние границы экрана устройства, они не будут

перевода.

создавать ошибки. Этот виджет уже и содержит строчные виджеты, в которых уже расположены три Row виджета.

Строчные виджеты уже в свою очередь содержат остальные виджеты с текстом, кнопки и текстовое поле.

Первый строчный виджет содержит текстовое поле и кнопку в виде иконки крестика, которое стирает текст

Второй виджет Row содержит виджет текста и выпадающее меню со списком языков.

В третьем строчном виджете в, свою очередь, располагается переведенный текст и кнопка для озвучивания

```
Run | Debug | Profile
Future<void> main() async {
  WidgetsFlutterBinding.ensureInitialized();
  await Firebase.initializeApp(options: DefaultFirebaseOptions.currentPlatform);
  runApp(const MyApp());
}

class MyApp extends StatelessWidget {
  const MyApp({super.key});

  final apiKey = 'AIzaSyCL9vBoC8hytx6CBYbQN947IGGT1AwZJes';

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return GoogleTranslatorInit(
      apiKey,
      translateFrom: const Locale('en'),
      translateTo: const Locale('ru'),
      automaticDetection: true,
      builder: () => MaterialApp(
        debugShowCheckedModeBanner: false,
        theme: ThemeData(
          brightness: Brightness.dark,
        ), // ThemeData
        darkTheme: ThemeData(
          brightness: Brightness.dark,
        ), // ThemeData
        home: const MainPage(),
      ), // MaterialApp
    ); // GoogleTranslatorInit
  }
}
```

Рисунок 7 – Использование Google Translate API для локализации приложения

Кроме перевода введенного текста, Google Translate API также можно использовать для локализации приложения на различные языки. Для этого мы инициализируем класс GoogleTranslatorInit, который принимает в качестве аргументов ключ API, язык с которого нужно произвести перевод и язык, на который нужно произвести перевод. Помимо этого, можно задать автоматический перевод и аргумент builder, который отображает наше приложение.

В связи с тем, что приложение использует прикладной интерфейс используется в тестовом формате, нет необходимости в его сокрытии.

Разработка функционала приложения

Функционал программы был разработан с использованием таких библиотек как google_translator, flutter_tts, text_to_speech, firebase_core и других. Весь список можно увидеть на изображении ниже:

```

cupertino_icons: ^1.0.2
translate: ^1.0.0
translator: ^0.1.7
googleapis: ^11.0.0
http: ^0.13.5
google_cloud_translation: ^0.0.3
google_mlkit_language_id: ^0.6.0
flutter_tts: ^3.6.3
google_translator: ^1.0.0
firebase_core: ^2.10.0
cloud_firestore: ^4.5.3
firebase_auth: ^4.4.2
hidden_drawer_menu: ^3.0.1
speech_to_text: ^6.1.1
avatar_glow: ^2.0.2

```

Рисунок 8 – Список библиотек, использованных в приложении

Функция перевода реализована с помощью библиотеки `google_translator`, которая реализует функционал Google Translate API и предоставляет

неограниченный и бесплатный доступ к функционалу переводчика.

```

//Translator instance
final translator = GoogleTranslator();
// Where inputted text stored
String inputText = '';
//Placeholder text
String _translatedText = 'Translation';
//Initial language to translate to
String targetLang = 'ru';

Future<void> translateLanguage(String textController) async {
  final translation = await inputText.translate(
    from: 'auto',
    to: targetLang,
  );
  setState(() {
    _translatedText = translation.text;
    identifyLanguage();
  });
}

```

Рисунок 9 – Функция, реализующая перевод текста

В коде выше сначала объявляется экземпляр класса `GoogleTranslator`. Затем объявляются следующие переменные:

- `inputText`: строковая переменная, в которой будет храниться введенный текст;
- `_translatedText` является строковой переменной с начальным значением 'Translation', которая будет использоваться в качестве заполнителя для переведенного текста;
- `targetLang` это строковая переменная, определяющая язык, на который будет производиться перевод (в данном случае, значение 'ru' указывает на русский язык, установленный по умолчанию).
- Функция `translateLanguage` является асинхронной и предназначена для перевода текста.

Внутри функции вызывается метод `translate()` у объекта `inputText` с указанием следующих параметров:

- `from: 'auto'` - определение исходного языка автоматически на основе текста;
- `to: targetLang` - указанный ранее целевой язык для перевода.

Результат перевода сохраняется в переменной `translation`, а затем вызывается метод `setState()` для обновления состояния виджета. Внутри этого метода переменной `_translatedText` присваивается значение переведенного текста из `translation.text`. Также вызывается функция `identifyLanguage()` для определения языка переведенного текста.

Таким образом, при вызове функции `translateLanguage` с аргументом `textController`, текст

из `inputText` будет переведен на язык, указанный в переменной `targetLang`, и результат перевода будет сохранен в переменной `_translatedText`.

```
//Lang id instance
final languageIdentifier = LanguageIdentifier(confidenceThreshold: 0.5);
//Identified language
String identifiedLanguage = '';

//Language Identifier Function
Future<void> identifyLanguage() async {
  if (_textController.text == '') return;
  String language;
  try {
    language =
      await languageIdentifier.identifyLanguage(_textController.text);
  } on PlatformException catch (pe) {
    if (pe.code == languageIdentifier.undeterminedLanguageCode) {
      language = 'error: no language identified!';
    }
    language = 'error: ${pe.code}: ${pe.message}';
  } catch (e) {
    language = 'error: ${e.toString()}';
  }
  setState() {
    identifiedLanguage = language;
  });
}
```

Рисунок 10 – Реализация функции определения языка

Для определения языка введенного текста сначала объявляется экземпляр класса `LanguageIdentifier` с заданным порогом уверенности (`confidenceThreshold`) в 0.5. Затем объявляется строковая переменная `identifiedLanguage` для хранения идентифицированного языка.

Функция `identifyLanguage` является асинхронной и предназначена для определения языка текста, введенного в `_textController`. Сначала происходит проверка, является ли текстовое поле пустым. Если да, то функция просто возвращает управление.

Затем происходит попытка идентификации языка путем вызова метода `identifyLanguage()` у объекта `languageIdentifier` с передачей текста из `_textController.text` в качестве аргумента. Полученный язык сохраняется в переменной `language`.

Возможны два типа исключений: `PlatformException` и общее исключение (`catch-all`). В случае возникновения `PlatformException` проверяется код ошибки (`pe.code`). Если код

соответствует неопределенному языку (`undeterminedLanguageCode`), переменной `language` присваивается сообщение "error: no language identified!". В противном случае, переменной `language` присваивается сообщение с кодом ошибки и сообщением об ошибке (`pe.message`). Если возникает другое исключение, переменной `language` присваивается сообщение об ошибке (`e.toString()`).

В конце функции вызывается метод `setState()`, чтобы обновить состояние виджета. Внутри метода `setState()` переменной `identifiedLanguage` присваивается значение `language`, определенное в процессе идентификации языка.

Таким образом, при вызове функции `identifyLanguage` будет выполнена идентификация языка текста из `_textController.text`, и результат будет сохранен в переменной `identifiedLanguage`.

Как можно видеть, распознавание речи работает с помощью соответствующей библиотеки и активируется по удержанию кнопки с микрофоном.

```

onTapDown: (details) async {
  if (!isListening) {
    var available = await stt.initialize();
    if (available) {
      setState(() {
        isListening = true;
        stt.listen(
          onResult: (result) {
            setState(() {
              _textController.text = result.recognizedWords;
            });
          },
        );
      });
    }
  }
},
onTapUp: (details) {
  setState(() {
    isListening = false;
  });
  stt.stop();
},

```

Рисунок 11 – Реализация функции распознавания речи

Код выше описывает работу распознавания речи по нажатию кнопки. Внутри обработчика события есть условие, проверяющее значение переменной `isListening`. Если оно равно `false`, выполняется следующий код.

Вначале асинхронно вызывается метод `initialize()` объекта `stt` (Speech-to-Text), который, инициализирует распознавание речи. Результат выполнения этого метода сохраняется в переменную `available`.

Затем выполняется проверка значения `available`. Если оно равно `true`, то вызывается метод `setState()`, который обновляет состояние виджета. Внутри этого метода переменная `isListening` устанавливается в значение `true`.

Затем вызывается метод `listen()` объекта `stt`, предположительно для прослушивания речи. В параметре `onResult` передается функция обратного вызова, которая будет вызываться при получении результатов распознавания речи. Внутри этой функции снова вызывается метод `setState()`, и в поле `_textController.text` записываются распознанные слова из объекта `result`.

В итоге, при выполнении данного кода, при первом нажатии на виджет будет инициализирована функциональность распознавания речи (если доступна), и будет начато прослушивание речи. Распознанные слова будут отображаться в текстовом поле, связанном с `_textController`.

```

class TranslationPair {
  String id;
  final String sourceTranslation;
  final String targetTranslation;

  TranslationPair({
    this.id = '',
    required this.sourceTranslation,
    required this.targetTranslation,
  });

  Map<String, dynamic> toJson() => {
    'id': id,
    'sourceTranslation': sourceTranslation,
    'targetTranslation': targetTranslation,
  };

  static TranslationPair fromJson(Map<String, dynamic> json) =>
    TranslationPair(
      sourceTranslation: json['source_language'],
      targetTranslation: json['target_language'],
    );
}

```

Рисунок 12 – Модель для пары перевода

Этот код определяет класс `TranslationPair`, который представляет пару перевода. Класс имеет следующие свойства:

- `id`: строка, представляющая идентификатор пары перевода.

- `sourceTranslation`: строка, обязательное свойство, содержащее исходный текст для перевода.

- `targetTranslation`: строка, обязательное свойство, содержащее целевой перевод текста.

Конструктор класса `TranslationPair` инициализирует свойства `id`, `sourceTranslation` и `targetTranslation`. `id` имеет значение по умолчанию пустой строки. `sourceTranslation` и `targetTranslation` должны быть указаны при создании объекта класса.

Класс также имеет два метода:

- `toJson()`: возвращает объект типа `Map<String, dynamic>`, представляющий текущий объект `TranslationPair` в формате JSON. В этом объекте свойства `id`, `sourceTranslation` и `targetTranslation` представлены в виде ключей и значений.

- `fromJson()`: статический метод класса, который принимает объект типа `Map<String, dynamic>`, содержащий данные в формате JSON, и возвращает объект `TranslationPair`. Метод извлекает значения свойств `sourceTranslation` и `targetTranslation` из переданного объекта JSON и использует их для создания нового объекта `TranslationPair`.

Таким образом, этот код предоставляет простую модель данных для представления пары перевода и методы для преобразования объекта `TranslationPair` в формат JSON и обратно из него.

```
Future saveTranslation({
  required String sourceTranslation,
  required String targetTranslation,
}) async {
  try {
    final docTrans =
      FirebaseFirestore.instance.collection('translation').doc();

    final transModel = TranslationPair(
      id: docTrans.id,
      sourceTranslation: _textController.text,
      targetTranslation: _translatedText,
    );

    final json = transModel.toJson();

    await docTrans.set(json);
  } catch (e) {
    print('Error saving text to Firestore: $e');
  }
}
```

Рисунок 13 – Сохранение перевода в базе данных

Код на изображении выше реализует функцию сохранения перевода в базу данных `Firestore`, которая вызывается нажатием кнопки.

Для начала создается переменная `docTrans`, которая представляет документ в коллекции "translation" базы данных `Firestore`. Метод `doc()` используется для создания нового документа с автоматически сгенерированным идентификатором.

После создается объект `transModel` типа `TranslationPair`, используя значения `sourceTranslation` и `targetTranslation`, переданные в качестве аргументов функции. Значение `id` устанавливается равным идентификатору документа `docTrans.id`.

Объект `json`, вызывая метод `toJson()` на объекте `transModel`. Этот метод возвращает представление

объекта `TranslationPair` в виде `Map<String, dynamic>`, который будет использоваться для сохранения данных в базе данных `Firestore`.

Используя метод `set()`, асинхронно сохраняются данные объекта `json` в документе `docTrans`. Метод `set()` заменяет содержимое документа `docTrans` новыми данными, указанными в объекте `json`.

Если происходит ошибка при сохранении данных в `Firestore`, отлавливается исключение и выводится сообщение об ошибке в консоль.

В итоге функция `saveTranslation` обеспечивает сохранение пары перевода в базе данных `Firestore`, используя модель `TranslationPair` и методы `Firestore` для взаимодействия с базой данных.

```

class _ProfilePageState extends State<ProfilePage> {
  final CollectionReference _translations =
    FirebaseFirestore.instance.collection('translation');

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Scaffold(
      body: StreamBuilder(
        stream: _translations.snapshots(),
        builder: (context, AsyncSnapshot<QuerySnapshot> streamSnapshot) {
          if (streamSnapshot.hasData) {
            return ListView.builder(
              itemCount: streamSnapshot.data!.docs.length,
              itemBuilder: (context, index) {
                final DocumentSnapshot documentSnapshot =
                  streamSnapshot.data!.docs[index];
                return Card(
                  margin: const EdgeInsets.all(10),
                  child: ListTile(
                    title: Text(documentSnapshot['sourceTranslation']),
                    subtitle: Text(documentSnapshot['targetTranslation']),
                  ), // ListTile
                ); // Card
              }); // ListView.builder
          }
          return const Center(
            child: CircularProgressIndicator(),
          ); // Center
        },
      ), // StreamBuilder
    ); // Scaffold
  }
}

```

Рисунок 14 – Класс страницы с сохраненными переводами

Данный код представляет собой реализацию состояния для виджета ProfilePage. В виджете происходит следующее:

Создается экземпляр класса CollectionReference с именем _translations, который представляет ссылку на коллекцию "translation" в Firebase Firestore.

Переопределяется метод build, который строит и возвращает виджет Scaffold. Виджет Scaffold предоставляет структурный каркас для построения экрана приложения.

Внутри виджета Scaffold используется StreamBuilder. StreamBuilder прослушивает изменения в stream _translations.snapshots() и автоматически перестраивает пользовательский интерфейс в соответствии с получаемыми данными.

Внутри StreamBuilder определена функция-строитель (builder), которая вызывается каждый раз при получении новых данных из потока. Если streamSnapshot содержит данные (streamSnapshot.hasData), то строится виджет ListView.builder.

Внутри ListView.builder устанавливается количество элементов (itemCount) равным количеству документов (docs) в streamSnapshot.data. Затем для каждого элемента строится виджет Card, содержащий виджет ListTile. Виджет ListTile отображает текст из полей sourceTranslation и targetTranslation каждого документа.

Если streamSnapshot не содержит данных, то возвращается виджет Center с индикатором загрузки (CircularProgressIndicator).

Заключение

В результате данной работы было разработано кроссплатформенное мобильное приложение с использованием языка Dart и его фреймворка Flutter, с возможностью распознавания и идентификации языка, на котором говорят пользователи приложения. Приложение также имеет возможность переводить распознанный текст и сохранять избранные переводы используя облачное хранилище в качестве базы данных.

Были проведены исследования различных алгоритмов и моделей, применяемых для распознавания языка и речи и перевода текста. В

результате определены наиболее современные и эффективные из имеющихся и доступных среди представленных API, которые были внедрены в разработанное приложение. Это позволило достичь высокой точности и скорости распознавания языка и речи, удовлетворяя потребностям пользователей.

Был создан пользовательский интерфейс приложения при помощи встроенного набора виджетов Flutter, а также различных сторонних библиотек с использованием таких встроенных систем дизайна, как Material Design для Android и Cupertino icons для IOS. Логика и функционал приложения были разработаны с использованием библиотек для распознавания речи, преобразования текста в аудио, а также его перевода на другие языки. В следствии того, что язык Dart и используемая технология перевода являются разработками компании Google, большое количество сервисов этой компании имеют большую совместимость и более удобны в использовании и интеграции, чем подобные сервисы от сторонних разработчиков.

Были изучены различные популярные программные интерфейсы для распознавания языка и речи, а также проведен их сравнительный анализ. На основе результатов сравнения было выбрано наиболее подходящее API для реализации функции перевода. Далее был разработан пользовательский интерфейс приложения, который был адаптирован для удобства использования на мобильных устройствах и на других, поддерживаемых Flutter-ом платформах. Также были настроены взаимодействия между интегрированными технологиями, чтобы обеспечить бесперебойную работу приложения.

Разработка мобильного приложения для распознавания языка имеет несколько потенциальных применений, включая улучшение работы пользователей с мобильными устройствами и повышение доступности для людей с ограниченными возможностями. Кроме этого оно может быть использовано в различных сферах, например, для перевода и распознавания речи на многих языках. Приложение имеет простой и удобный пользовательский интерфейс и может быть установлено на мобильные устройства с операционной системой Android, iOS и Web. Таким образом, данное приложение может быть использовано в качестве инструмента для повышения эффективности работы в различных сферах, связанных с обработкой речи и языка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Benefits of Cross-Platform Mobile App Development // <https://www.browserstack.com/guide/build-cross-platform-mobile-apps>
2. How to Create Cross-Platform Mobile Apps in 2023 // <https://appexperts.io/blog/cross-platform-mobile-apps/>
3. Кетан Д. Audio Deep Learning Made Simple: Automatic Speech Recognition (ASR), How it Works // <https://towardsdatascience.com/audio-deep-learning-made-simple-automatic-speech-recognition-asr-how-it-works-716cfce4c706>
4. A Gentle Introduction to Neural Machine Translation // <https://machinelearningmastery.com/introduction-neural-machine-translation/>
5. The technology behind Google Translate // <https://sure-languages.com/translation-services/technology/how-does-google-translate-work-and-is-it-any-good/>
6. How do we compare to the competition? // <https://www.deepl.com/en/quality.html>
7. Integrated development environment // https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_development_environment
8. Visual Studio Code (Wikipedia) // https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio_Code
9. Krishnamurthy, G., Ghovanloo, M.: Tongue Drive: A Tongue Operated Magnetic sensor Based Wireless Assistive Technology for people with severe Disabilities. In: Proceedings of 2006 IEEE International Symposium on IEEE Circuits and Systems, ISCAS 2006 (2006)
10. Aditya Sharma ,Aditya Vats ,Shiv Shankar Dash ,Surinder Kaur. "Artificial Intelligence enabled virtual sixth sense application for the disabled." Fusion: Practice and Applications, Vol. 1, No. 1, 2020 ,PP. 32-39.
11. Seung-Hyun Oh. Context-Aware Kinect Sensor based PC Control Interface for Handicapped Users. International Journal of Control and Automation Vol.8, No.3 (2015), pp.197-206
12. Cloud Translation API Documentation // <https://cloud.google.com/translate/docs/overview>
13. Google Cloud documentation // <https://cloud.google.com/translate/docs/basic/translating-text>
14. Flutter Firebase documentation // <https://firebase.google.com/docs/database>

УДК 004.023

**ОБЗОР ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ**

*Гусак Е.В., Гурьев А.Т.**Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Россия, 163002, г. Архангельск, наб. Северной думы, 17***APPROACHES TO AUTOMATIZATION DESIGN PROCESS OF CABLE NETWORKS IN
MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRIES***E.V. Gusak, A.T. Guryev**Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Russia, 163002, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Emb., 17**DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.113.1895***АННОТАЦИЯ**

Автоматизация процесса проектирования кабельных сетей играет важную роль в различных областях современной инженерной деятельности, включающих судостроительную, авиа- и автомобильную промышленность. В данной обзорной статье рассматривается ряд инновационных методов и алгоритмов, предложенных исследователями, для оптимизации проектирования и прокладки кабельных сетей. В статье анализируются данные подходов и алгоритмов, а также выясняется, как эти методы могут применяться в различных контекстах.

ABSTRACT

Automatization of the cable network routing process plays an important role in various fields of modern engineering activities, such as the shipbuilding, aircraft and automotive industries. This article reviews a innovative methods and algorithms developed by researchers to optimize the routing and installation of cable networks. In the article gives analyzes this approaches and algorithms and explores applied of these methods in different contexts.

Ключевые слова: кабельные сети, графы, кабельные трассы, проектирование, математическое моделирование

Keywords: roadmap, graphs, cable routes, engineering design, mathematical modeling

Введение:

Современное проектирование кабельных сетей связано с актуальными вызовами и решениями в различных машиностроения отраслях, где этот процесс выполняется в САПР и является критической частью инженерных проектов. Но до сих пор большинство современных САПР позволяют выполнять проектирование кабельных сетей только вручную методом проб и ошибок с большими приближениями. В это время в условиях развития технологий и электроники кабельные сети становятся сложнее и требуют соблюдения множества ограничений. Усложняет задачу проектирования кабельных сетей и объем – в некоторых машиностроительных проектах тысячи различных единиц электрооборудования должны быть подключены в единую систему.

В связи с этим современной индустрии важно сократить затраты на проектирование и разработку машиностроительных объектов, в которых кабельные сети могут составлять существенную часть бюджета проекта. Так, например, кабели электропроводки автомобильной системы вместе со жгутами становятся третьим по весу и стоимости компонентом автомобильной системы (после шасси и двигателя) [1]. Автоматизация проектирования кабельных сетей может повлиять на бюджет проекта следующим образом:

– Уменьшение трудоемкости проектирования – автоматизированные инструменты и алгоритмы

позволяют снизить количество рабочих часов, необходимых для выполнения задач проектирования, что приводит к снижению трудозатрат и, следовательно, снижению сметы проекта.

– Оптимизация использования материалов – автоматизация проектирования может помочь в оптимизации длин кабелей, размеров сечений и крепежных конструкций, что снижает затраты на материалы и в свою очередь влияет на общую смету проекта.

– Уменьшение возможных ошибок – автоматизированные инструменты и алгоритмы позволяют избегать и обнаруживать ошибки на ранних этапах проектирования. Устранение проектных ошибок уже на этапе постройки и монтажа кабелей может привести к увеличению сметы проекта.

– Повышение конкурентоспособности – применение современных методов автоматизации в проектировании кабельных сетей может сделать предприятия более конкурентоспособными в условиях рыночной экономики. Эффективное и быстрое проектирование позволяет привлекать новых клиентов и предлагать более конкурентоспособные цены.

– Снижение стоимости обслуживания – если машиностроительный объект предполагает обслуживание после постройки (как это часто

бывает при гарантийном обслуживании автомобилей или ремонте морских судов), то снижение сложности и проектных ошибок в кабельных сетях снизить количество обращений с жалобами, и соответственно общую стоимость обслуживания.

Как было сказано выше, проблема автоматизации проектирования кабельных сетей не ограничивается одной машиностроительной отраслью. Она характерна для судостроения, автомобильной промышленности, авиационной индустрии и других отраслях. Разные машиностроительные направления требуют соблюдения требований и ограничений из своих отраслевых стандартов. Частично интеллектуальные алгоритмы оптимизации, агентные систем и соответствующие математические модели, интегрированы в современные САПР, и позволяют учесть часть данных ограничений, но современные исследования продолжают разработку более совершенных методов и инструментов для автоматизации проектирования кабельных сетей.

В данной статье обзревается несколько подходов, представляющих собой только небольшой пример того, как эти данная задача может быть решена, ведь с каждым новым исследованием методы продолжают совершенствоваться.

Основная часть

Обращаясь к теме автоматизации проектирования кабельных сетей, большинство исследователей стремятся сосредоточиться на совершенствовании комплекса методов и средства для непосредственного построения маршрутов кабелей, используя для этого структуру графов, с учетом коллизий окружающей среды, но без учета дополнительных отраслевых ограничений на прокладку.

Так магистерская диссертация «Оптимизация прокладки кабельных жгутов» Тобиаса Карлссона касается проектирования маршрутов кабелей для определенного промышленного устройства в контексте их объединения в составные структуры, называемые кабельными жгутами [2]. Задачу поиска маршрутов кабелей и объединения их в жгуты он рассматривает как оптимизационную, для решения которой описывает эффективные модели и методы. Прокладка кабелей производится в ограниченном трехмерном пространстве, где часть этого пространства занята препятствиями, с использованием структур графа, на котором строится маршрут кабеля в обход препятствий. В сценарии поиска маршрута заданы начальные и конечные точки подключения кабелей, а маршрут кабеля представляет собой кратчайший путь из одной точки в другую через узлы пространственного графа.

Само трехмерное пространство автор дискретизирует на равномерный сетчатый граф с направленными ребрами. Сетчатый граф – это граф, узлы которого соответствуют точкам на плоскости с координатами, а ребра соответствуют возможным физическим путям кабеля, по которым его маршрут может быть проложен.

В такой формулировке в приложении на реальные промышленные устройства данная оптимизационная задача обладает высокой сложностью и требует высокого разрешения сетки графа для достижения удовлетворительных результатов. Автор обращается к методу Лагранжевой релаксации для решения данной проблемы

Автор описывается многоцелевую модель смешанного целочисленного линейного программирования для построения маршрутов кабелей, используя уже существующие методы ее решения, но при этом отмечая их сложность, что требует перехода в решении от задачи линейного программирования к двойственной задаче Лагранжа с учетом дополнительных ограничений. Для этого им применяется метод Лагранжевой релаксации, позволяющий находить нижнюю границу оптимального значения целевой функции и приблизить сложную задачу к более простой.

Важным моментов в данной работе является использование многокритериального линейного программирования для определения наилучшей релаксационной границы

Основной алгоритм, представленный на рисунке 1, включает процедуру оптимизации субградиента с использованием эвристической модели для улучшения верхних границ оптимального значения путем поиска вероятных решений более лучшего качества. Субградиентная оптимизация – метод решения двойственной задачи Лагранжа, представляющий собой итерационную процедуру, которая может решить задачу максимизации негладкой вогнутой функции. В основном алгоритме задействуются эргодические последовательности для более лучшего приближения значений задачи линейного программирования к двойственной задаче Лагранжа. Для улучшения результатов основного алгоритма в нем используются дополнительная эвристика, состоящая из двух алгоритмов. Первый эвристический алгоритм локального поиска, перераспределяет кабели через используемые другими маршрутами пути для сокращения длины их пути, тем самым оптимизируя маршруты кабелей. Второй эвристический алгоритм решения основной проблемы находит фиксированные значения переменных двойственной задачи с помощью эргодических последовательностей, уменьшая эргодических последовательностей, уменьшая вычислительные затраты, и строит модель решения основной задачи поиска кратчайшего пути кабеля.

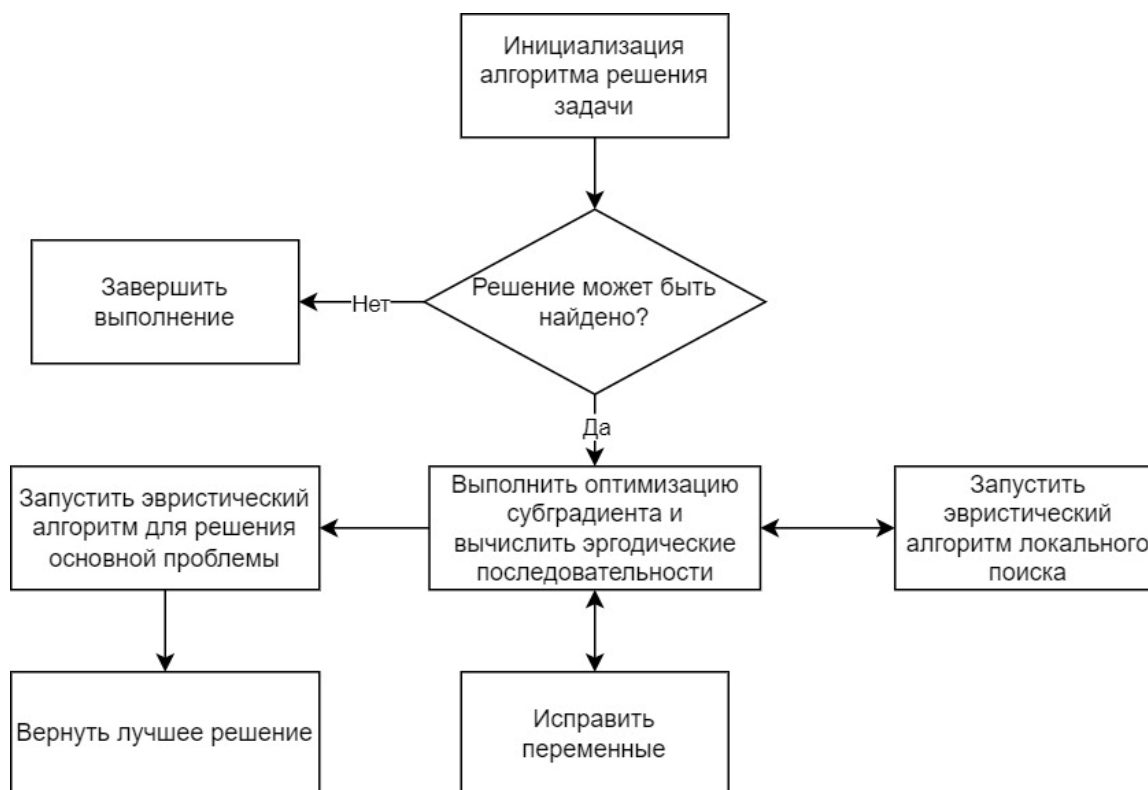


Рис. 1. Алгоритм оптимизации субградиента с использованием эвристической модели

Как отмечает автор, несмотря на разработанные в диссертации модели и алгоритмы, они все равно нуждаются в доработке в будущих исследованиях, так как не учитывают важные требования к прокладке кабеля, например соблюдение минимального радиуса изгиба.

Автор для вычисления эффективности по Парето множества решений используя разработал два алгоритма. Первый алгоритм ограничений с двоичными переменными находит все оптимальных по Парето решения. Второй алгоритм взвешенных сумм позволяет оптимизировать целевые функции при разных значениях весов. Это позволяет ускорить затратные вычисления за счет определения наиболее оптимальных по Парето решений.

Алгоритмы, представленные в диссертации, были реализованы на языке программирования C++. При тестировании на тестовых данных работа алгоритма заняла 158,5 секунд и потребовала 1144 субградиентных итераций. Автор отмечает, что полученные решения требуют интерпретации со стороны инженера-проектировщика, для проверки соблюдения маршрутами всех необходимых требований, но уже имеют хороший конечный вид для реальной прокладки кабельных жгутов в

промышленных устройствах. Хотя полученное решение не дает гарантию, что маршруты полностью соответствуют всем требованиям процедура, представленная в исследовании, служит первым шагом в направлении автоматизации процесса проектирования кабельных жгутов.

Другой подход заключается в проектирование маршрутов кабелей с неперенным учетом различных отраслевых ограничений разных машиностроительных направлений, касающихся монтажа кабеля, прокладки рядом с электрооборудованием и другими кабелями, применения крепежных конструкций и равномерности распределения массы компоновки объекта.

В книге «Автоматизированное проектирование судовых кабельных сетей» авторами Бердичевским Л.Д. и Марченко В.А. подробно исследуется методика автоматизации проектирования кабельных сетей в контексте судостроительной промышленности [3]. Авторы разбирают этапы проектирования кабельных сетей, а также особенности составления проектной документации, на основе чего формулируют основные требования к судовым кабельным сетям.

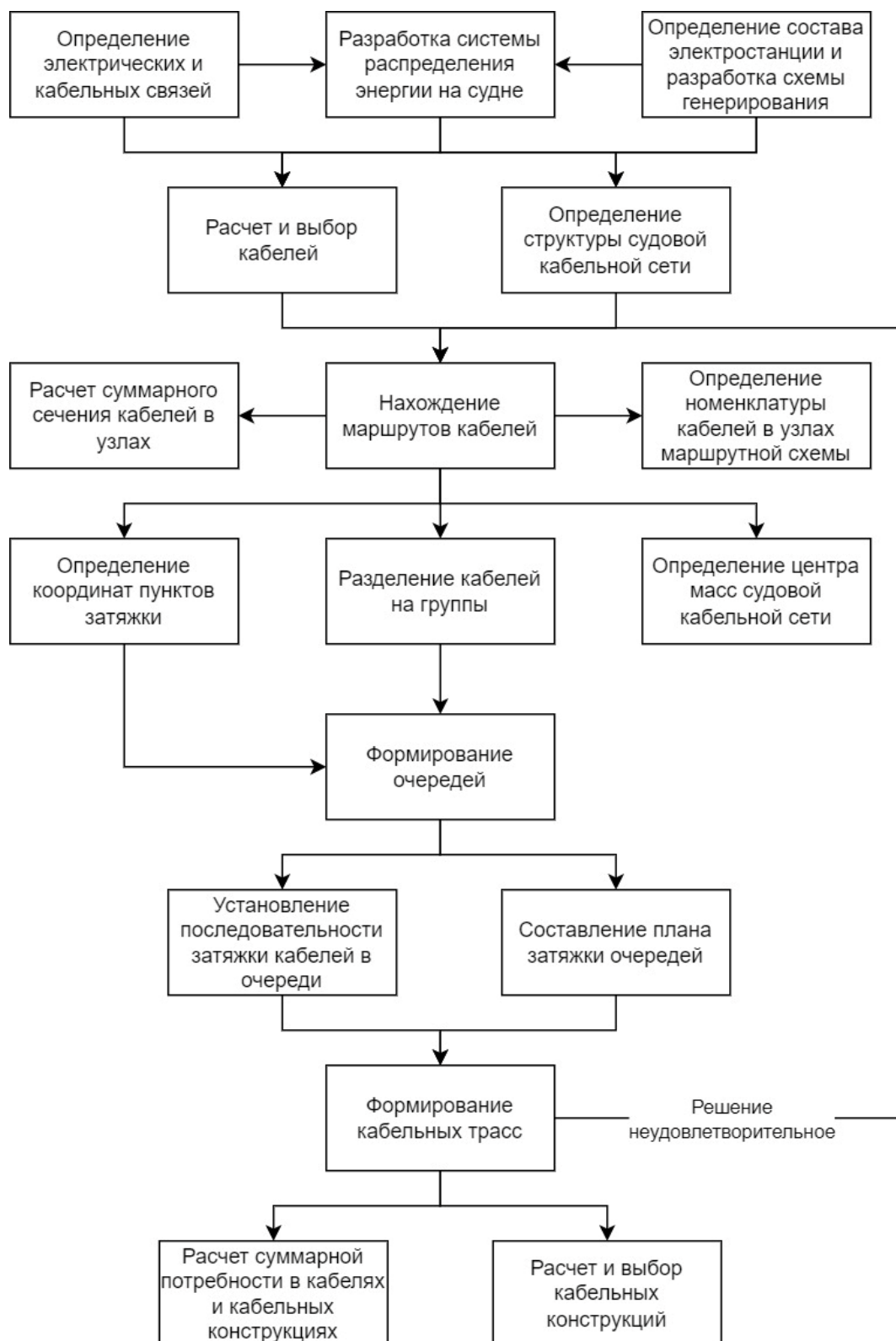


Рис. 2. Схема работы системы автоматизированного проектирования кабельных сетей

Задачу проектирования судовых кабельных сетей авторы разделяют на две подзадачи. Первая из них связана с размещением кабелей на судне, а вторая – с планированием порядка прокладки магистральных кабелей. На рисунке 2 представлена схема работы разработанной авторами системы автоматизированного проектирования кабельных сетей.

Для решения первой подзадачи авторы используют структуру графов в качестве представления маршрута кабельной сети. В нем ребра представляют собой трассы кабелей по схеме, а узлы – места пересечения трасс с переборками, палубами, разветвлениями и центрами помещений судна. Для поиска кратчайших путей авторы предлагают использование матричных и сетевых методов.

Такие сетевые методы, как точный метод и метод изолирования, в частности, предлагается использовать для нахождения кратчайших путей с учетом ограничений по пропускной способности узлов. Получив кратчайшие пути, алгоритм определяет трассы кабелей, выбирая типы кабельных подвесок и коробок, а также вычисляет центры масс судовой кабельной сети.

Вторая подзадача связана с исследованием особенностей процесса прокладки магистральных кабелей на судах и формированием оптимальных очередей их монтажа. Авторы анализируют критерии качества прокладки и создают математическую модель процесса формирования оптимальных очередей, включающую критерий оптимальности. Полученная модель позволяет учитывать зависимости между трудоемкостью прокладки кабеля и основными параметрами очереди. Авторы приходят к выводу, что их вероятностная модель очереди имеет нормальное (гауссовское) распределение, которое они преобразуют в равномерное распределение для упрощения вычислений. Упрощенная модель может быть сведена к непрерывной задаче линейного программирования, в отличие от первоначальной дискретной задачи.

Книга также описывает особенности документирования проектной информации в условиях автоматизированного проектирования судовых кабельных сетей.

Важно отметить, что книга авторов Бердичевского Л.Д. и Марченко В.А. затрагивает лишь часть процесса судостроения, оставляя некоторые вопросы, такие как выбор элементов судовой электростанции, разработка электрических схем и систем, а также расчет и выбор кабелей, вне рамок данной работы. Тем не менее, авторы надеются, что их идеи и методики будут продолжены и развиты в дальнейших исследованиях в области автоматизации судостроительного проектирования.

В своей диссертации Ромо Фуентес Карлос исследует вопросы, связанные с разработкой алгоритмов размещения бортовых устройств и прокладки кабельных сетей на подвижных объектах, делая акцентом на соблюдение требования электромагнитной совместимости [4].

В современном проектировании бортовых систем для подвижных объектов, независимо от их назначения, наблюдается явная тенденция к увеличению количества электронных устройств, средств связи, средств навигации, автоматизированных систем управления и других компонентов, которая ведет к необходимости решать задачи, связанные с электромагнитной совместимостью, с учетом увеличения плотности установки устройств в ограниченном пространстве.

Вопросам взаимодействия электромагнитных помех, создаваемых бортовыми электронными устройствами, не всегда уделяется должное внимание в существующих стандартах, инструкциях по установке и монтажу, а также существующих алгоритмах автоматизированного проектирования трасс кабельных жгутов. Чтобы обеспечить необходимую электромагнитную совместимость автор разработал модели и алгоритмы для создания бортовых сетей и эффективной прокладки кабелей.

Автор стремится к рациональному размещению бортовых устройств и связанных с ними кабелей, что позволяет обеспечить электромагнитную совместимость комплекса приборов и минимизировать воздействие излучаемых электромагнитных помех, для чего описывает математическую модель влияния излучаемых электромагнитных помех на электрические цепи различных элементов и устройств и получения их резонансных характеристик.

Также автор разрабатывает алгоритм построения пространственной топологической модели подвижного объекта в виде графа, представленный на рисунке 3, основываясь на заданных расположениях бортовых устройств в различных отсеках, который определяет оптимальные кратчайшие пути для прокладки кабелей внутри конструкции подвижного объекта. Алгоритм позволяет соблюсти критерии оптимальных трасс для прокладки кабельных жгутов и проводников с учетом электромагнитной совместимости, а также критерий минимальности длины.

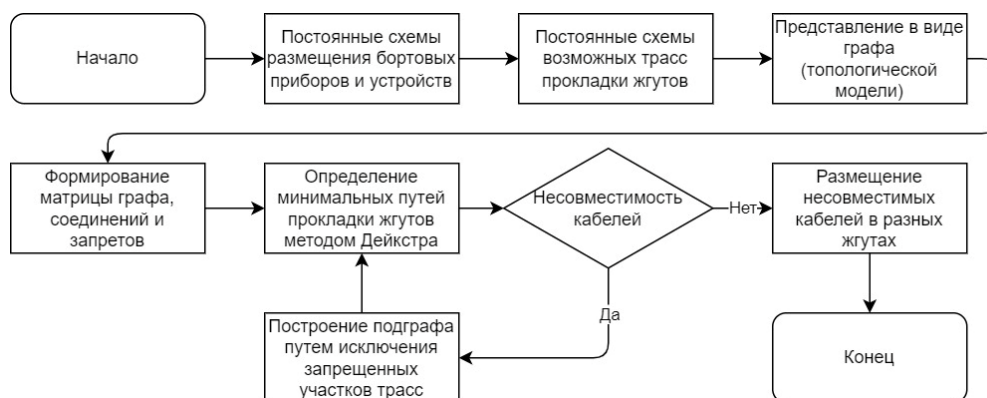


Рис. 3. Схема основных этапов алгоритма проектирования трасс бортовой кабельной сети на плоской поверхности с учетом электромагнитной совместимости проводников и кабелей в жгутах

Чтобы определить границу зон распространения излучаемых импульсных электромагнитных помех автор предлагает специальный критерий, позволяющий учесть воздействие излучаемых электромагнитных помех, пороговые значения их восприимчивости и

собственные характеристики кабелей и проводников. Данный критерий применяется в алгоритме прокладки кабельных жгутов и проводников по трассам, представленном на рисунке 4.

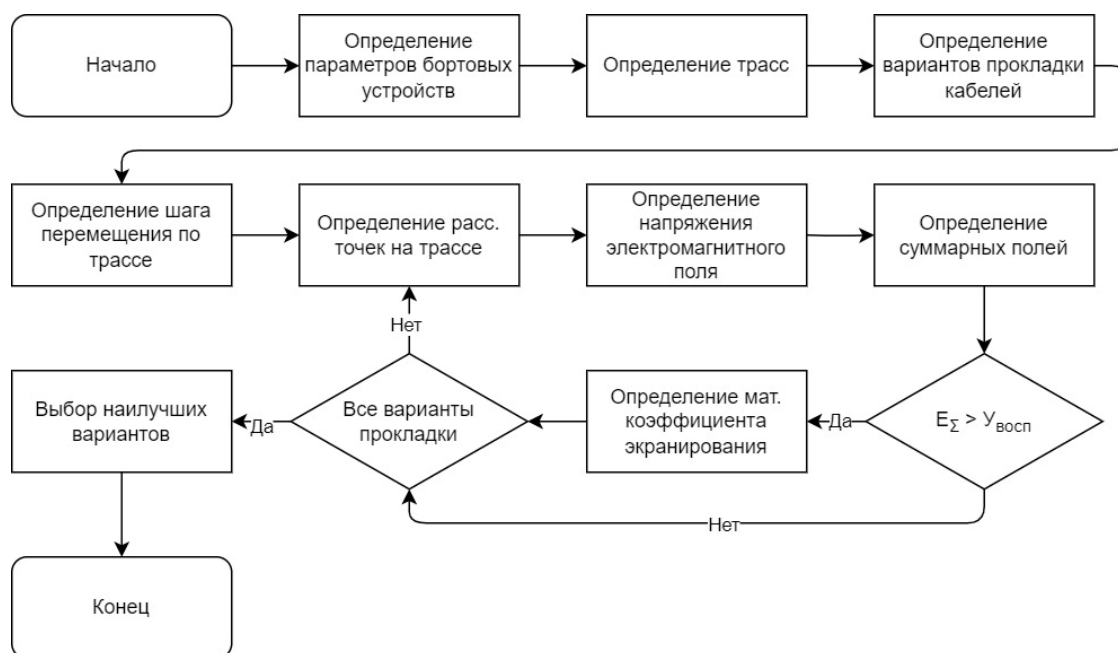


Рис. 4. – Схема основных этапов алгоритма определения трасс прокладки жгутов кабелей и проводников с учетом влияния излучаемых электромагнитных помех создаваемых бортовыми устройствами, пороговых значений восприимчивости кабелей и наименьшей длины трасс.

Кроме того, для оценки восприимчивость бортовых устройств и кабелей к излучаемым электромагнитным помехам с использованием моделей бортовых приборов, автор разрабатывает методику испытаний. Полученные результаты этих испытаний позволяют определить оптимальное расстояние для прокладки кабелей от бортовых устройств, при котором индуцируемые напряжения и токи, вызванные излучаемыми помехами в кабеле, не превышают заданные стандартами нормативные значения для кондуктивных помех.

Другая группа алгоритмов стремится не только учесть ограничения на прокладку кабельных сетей, но и сократить затраты на их монтаж и повысить общую эффективность машиностроительного объекта.

Чунг-Вэй Линь и его исследовательская группа в своей статье описывают новый алгоритм оптимизации и выбора кабельной архитектуры, целью которого является снижение затрат на проведение кабельных сетей в таких транспортных средствах, как автомобили, грузовики, автобусы и т.д. [5]. Снижения затрат они стремятся добиться за счет уменьшения длины кабельных маршрутов и сокращения сечений кабелей. Их алгоритм осуществляет поиск оптимальных маршрутов кабелей от одного подключаемого устройства до другого на маршрутном графе, выбирая при этом оптимальные длины, сечения кабелей через кабельные жгуты и оптимизируя распределение мест для ввода и вывода кабелей из жгутов с учетом

технических ограничений. Разработанный алгоритм стал основой для созданного ими инструмента, который может интегрироваться в готовые системы оптимизации и проектирования рабочих процессов. Полученные алгоритмы и инструментарий обеспечивают эффективный, гибкий, масштабируемый и удобный подход к анализу затрат и принятию проектных решений.

Для реализации алгоритма, Чунг-Вэй Линь и его группа проанализировали предметную области, дав математические определения связанным с ней понятиям, таким как кабель, деталь, гиперребро (множество деталей), архитектура, соединение, клемма, схема, кабельный жгут, отвод и др. Также, в соответствии с передовыми стандартами ISO и American Wire Gauge, были определены параметры, ограничения и функции стоимости, которые зависят от допустимых длин и сечений кабелей и их характеристик.

Для построения схемы прокладки кабелей, которая бы имела минимальные затраты на монтаж и материалы, с учетом описанных ранее особенностей структуры данных авторы модифицировали алгоритм обхода графа. Данный алгоритм направлен на выявление всех «встроенных ребер» графа, которые используются для подключения двух и более кабельных жгутов через одну деталь. Алгоритм вычисляет наилучшие маршруты прокладки кабелей из множества возможных путей, которые образуются путем объединения «встроенных ребер» в кабельные

жгуты. Разработанная методика позволяет повысить эффективность стандартного алгоритма обхода графа, особенно при проектировании схемы подключений устройств транспортного средства, в котором могут быть сотни вершин.

Окончательную оптимизацию стоимости схемы подключение устройств через жгуты авторы разделили на две подзадачи. В первой подзадаче они определяют размеры сечений кабелей через заданное инженером-проектировщиком допустимое сопротивление кабеля, с помощью разработанного алгоритма имитации отжига с двухфазной эвристикой. Во второй подзадаче они сокращают длины кабелей, пропуская их через кабельные жгуты. Для случаев, когда имеются три и менее деталей, авторы решают задачу минимизации длины, рассматривая ее как задачу о минимальном дереве Штейнера. Однако, при более сложных структурах или большем количестве деталей, они предлагают использовать алгоритм Кнута-Морриса-Пратта.

Получившиеся алгоритмы были реализованы в виде инструмента для MATLAB, и успешно протестированы на схеме с 8 соединениями и 17 кабельными жгутами. В результате вычислений на

компьютере с процессором 2 ГГц потребовалось всего 2,48 секунды для завершения задачи.

В другой публикации этой исследовательской группы, представлен алгоритм для оптимизации размещения и выбора размеров кабелей с целью снижения веса автомобильных систем [6]. Современные автомобильные системы включают сотни и даже тысячи устройств, таких как электронные блоки управления (ЭБУ), исполнительные механизмы и датчики. Добавление новых устройств в систему приводит к увеличению размеров и веса общей проводки автомобиля, что в среднем он может достигать 30 килограммов. Поэтому авторы статьи сосредотачиваются на разработке метода оптимизации веса автомобильной кабельной сети путем сокращения длины и сечения кабеля, с учетом ограничений по сопротивлению при подключении двух устройств.

В своей новой работе авторы пользуются описанными в предыдущей статье структурами данных для создания алгоритма прокладки кабелей с учетом ограничений на размеры кабелей. Новый алгоритм создает топологию дерева Штейнера, осуществляет перемещение вершин Штейнера в дереве и определяет размеры отрезков. На рисунке 5 представлены этапы работы алгоритма.



Рис. 5. Этапы работы алгоритма.

На первом этапе авторы составляют список устройств, которые требуется подключить, и строят дерево Штейнера, представляющее подграф маршрутного графа с минимизированными длинами. Изначально они используют алгоритм Флойда-Уоршелла для вычисления кратчайших путей между всеми парами вершин и построения полного графа. Затем применяется алгоритм Кнута-Морриса-Пратта для вычисления минимального связующего дерева полного графа и выбора ребер и вершин Штейнера для построения дерева Штейнера.

На втором этапе рассматриваются все вычисленные деревья Штейнера для определения количества вершин-соединений Штейнера для каждой вершины. Затем все найденный вершины Штейнера перемещаются, чтобы удовлетворить ограничениям на подключение устройств через отводы с кабельного жгута и на ограниченное количество подключений, которые можно провести через отвод. Эту подзадачу авторы формулируют как задачу смешанного целочисленного линейного программирования, которую затем

преобразовывают в задачу линейного программирования для повышения эффективности.

На третьем этапе авторы вычисляют сечение каждого отрезка в дереве Штейнера и оптимизируют сечение кабеля в зависимости от рассчитанной минимальной длины, при учете ограничений на сопротивление и минимизацию общего веса проводки автомобильной системы. Они отмечают, что общий вес и общая длина кабелей имеют квадратичную зависимость: если длина отрезка увеличивается вдвое, то сечение также необходимо удвоить, чтобы поддерживать то же сопротивление. Авторы используют эвристику, которая назначает размер сечения кабеля для каждого отрезка как наименьший возможный размер и затем увеличивает размеры сечений всех отрезков вместе до тех пор, пока ограничения на сопротивление не будут соблюдены.

Алгоритм был реализован на языке программирования C/C++ с использованием решателя CPLEX 12.5. Эксперименты проводились на компьютере с процессором с тактовой частотой 2,5 ГГц и 4 Гб оперативной памяти. На тестовом примере с 17 жгутами, 102 отводами, 20

встроенными ребрами, 248 устройствами, 387 ребрами и 100 соединениями, алгоритму потребовалось 2,278 секунды для получения решения. По результатам сравнения с полуавтоматическим алгоритмом, авторы пришли к выводу, что их алгоритм смогу уменьшить общий вес кабелей на 8%. Они делают заключение, что минимизация общей длины является важным аспектом для снижения веса автомобильной системы, и для достижения этого требуется эффективный и работоспособный алгоритм.

Абсолютно другой подход к проектированию кабельных сетей связан не столько с автоматизацией процесса, сколько с его информационном сопровождением для группы инженеров-проектировщиков представлен в работе Марка Каткоски «Агентный подход к параллельному проектированию кабельных

жгутов» [7]. В статье описывается инновационный мультиагентный метод решения задачи прокладки промышленных кабельных жгутов. Подход стимулирует инженеров с различными компетенциями работать с учетом разных точек зрения и совместно выполнять проектирование. Авторы представили автономную вычислительную систему, построенную на мультиагентной технологии, предназначенную для эффективного сотрудничества команды инженеров в процессе проектирования кабельных жгутов. Эта система интегрирована как подсистема в систему управления командой и обмена информацией с целью достижения глобально оптимальных или близких к оптимальным проектных решений. На рисунке 5 представлена архитектура данной системы.

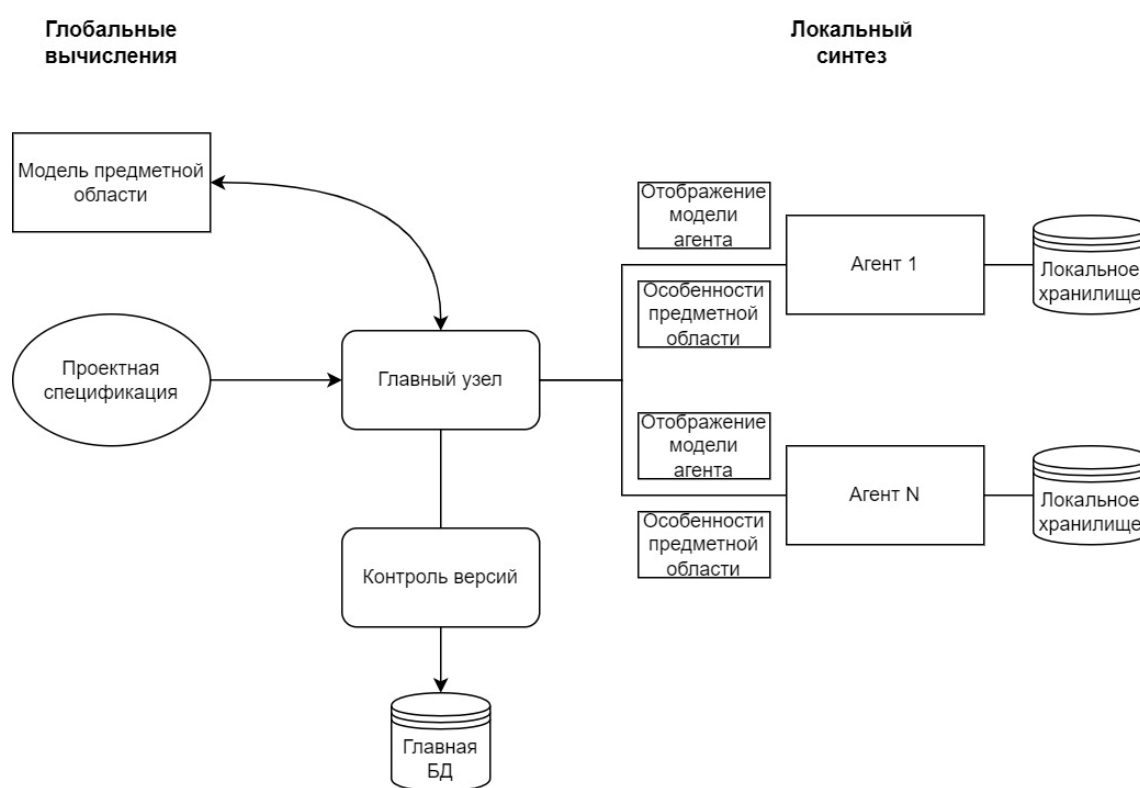


Рис. 6. Архитектура мультиагентной системы

Авторы определяют основные формы и функции системы, а также ограничения, которые возникают при проектировании кабельных жгутов. Задачу прокладки кабелей они разделяют на несколько подзадач, каждая из которых делегируются соответствующему агенту-специалисту. Эти агенты, подключенные к глобальной сети для обмена информацией, совместно работают через систему над созданием единой модели. Процесс проектирования включает три этапа: настройка конфигурации, планирование маршрутов и определение пути.

На этапе конфигурации определяются доступные электрические характеристики и характеристики проектного пространства. На следующем этапе строится маршрутная сеть, включающая множество допустимых для

прокладки маршрутов кабелей. На последнем этапе определяется фактический путь с учетом заданной конфигурации и геометрии объекта.

Декомпозиция и назначение задач агентам позволяют эффективно управлять сложностью и сделать систему более модульной и простой в обслуживании. Система позволяет агентам управлять конфигурацией кабеля, трехмерными моделями окружающей среды, прокладкой кабеля и выбором деталей. Через систему пользователи с разнообразными навыками и компетенциями получают возможность проводить экспертизу проекта на этапе проектирования, что в свою очередь помогает инженерам-проектировщикам исправлять ошибки и вносить изменения в проект до начала фактической установки и монтажа оборудования.

Заключение:

Автоматизация процесса прокладки кабельных сетей имеет огромное значение в современных инженерных отраслях. Исследования и разработки в этой области позволяют улучшить надежность, эффективность и экономичность проектирования и монтажа кабельных сетей. В данной обзорной статье были рассмотрены различные методы автоматизации проектирования и прокладки кабельных сетей в машиностроении. Различные авторы в своих исследовательских работах описывают разработанные алгоритмы, позволяющие оптимизировать длину пути кабеля, выбирать оптимальное сечение кабеля, а также учитывать технические ограничения. Эти способствует росту производительности и снижению затрат при проектировании кабельных сетей в различных отраслях машиностроения.

Список использованных источников

1. Pretz K. Fewer wires, lighter cars. IEEE The Institute. 2013. [Electronic resource]. URL: <http://theinstitute.ieee.org/benefits/standards/fewer-wires-lighter-cars>.
2. Karlsson T. Optimization of Cable Harness Routing – Mathematical Modelling, Lagrangian Relaxation, and Subgradient Optimization. Department

of Mathematical Sciences – Chalmers University of Technology. 2020. Iss. 42. [Electronic resource]. URL : <https://hdl.handle.net/20.500.12380/301802>.

3. Бердичевский Л.Д., Марченко В.А. Автоматизированное проектирование судовых кабельных сетей. Изд.: Судостроение, 1978. 214 с.

4. Карлос, Р.Ф. Разработка алгоритмов размещения бортовых устройств и прокладки трасс кабелей подвижных объектов с учетом электромагнитной совместимости : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2008. 24 с.

5. Lin C., Rao L., D'Ambrosio J., Sangiovanni-Vincentelli A. Electrical Architecture Optimization and Selection - Cost Minimization via Wire Routing and Wire Sizing. SAE Int. J. Passeng. Cars – Electron. Electr. Syst. 2014. Vol. 7(2). P. 502-509.

6. Lin C., Rao L., Giusto P., D'Ambrosio J. and Sangiovanni-Vincentelli A. L. Efficient Wire Routing and Wire Sizing for Weight Minimization of Automotive Systems. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. 2015. Vol. 34 (11). P. 1730-1741.

7. Cutkosky M.H., Conru A.B., Lee S.H. An Agent-Based Approach to Concurrent Cable Harness Design. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis, and Manufacturing. 1993. Vol. 8(1). P. 45-61.

АРХИТЕКТУРА И ПРАКТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ЦЕНТРОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ГОРОДОВ КУЗБАССА

Ершова Д.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.113.1896

АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты комплексного анализа функциональных и объемно-планировочных решений современных бизнес-центров на основе мирового и российского опыта проектирования и строительства зданий офисно-делового назначения. Выявлены базовые структурные составляющие архитектурных решений, предложена типология современных бизнес-центров, выполнен анализ существующих бизнес-центров на территории Кемеровской области Российской Федерации (Кузбасс). Учитывая полученные данные представлены экспериментальные проектные разработки бизнес-центров для городов Прокопьевск и Новокузнецк.

Ключевые слова: бизнес-центр, многофункциональный, деловой центр, офисное здание, экспериментальное проектирование, Кузбасс, Новокузнецк, архитектурное проектирование, строительство бизнес-центров и комплексов, Российская Федерация.

1 Введение

Бизнес-центр в настоящее время является наиболее актуальным и востребованным типом общественного здания. Актуальные исследования в области архитектуры деловых центров офисных зданий касаются преимущественно технических аспектов, например, таких как сейсмика [1], экологичность конструктивных и отделочных материалов [2], вопросов освещения и затенения [3], условий комфортного микроклимата в помещениях [4, 5]. Особое внимание уделяется теме энергосбережения [6], условиям формирования конструктивных систем [7], компьютерному моделированию [8,9]. Теоретические исследования в области тектоники архитектурных форм и дизайна проводятся при

использовании нестандартных подходов и философского осмысления современных методов моделирования [10-14]. Значительное внимание уделяется дизайну среды помещений офисов и бизнес-центров [15].

Однако, при разработке новых офисных зданий и бизнес центров основным требованием являются разнообразие функциональных возможностей и оптимальное зонирование. Архитектура подобных зданий универсальна и имеет международный язык в основе образности. Тем не менее, историческая преемственность и региональный подход к формированию городских бизнес-центров всегда актуален и требует изучения.

Так, например, бизнес сообщество промышленных городов Западносибирского региона Российской Федерации нуждаются в формировании современных деловых центров высокого класса. Не секрет, что спеху бизнеса в любой сфере способствует качественная архитектурная среда и все ее составляющие. Поэтому в настоящее время актуальны исследования и разработки по формированию оптимальных архитектурно-планировочных решений бизнес-центров. Важна апробация теоретических концепций в практике проектирования, применительно к условиям Кузбасса (Кемеровская область РФ). Поэтому **цель настоящего исследования:** выявить основные объемно-планировочные факторы и оптимальные решения современных бизнес-центров как основы формирования комфортных многофункциональных деловых пространств, в контексте условий промышленных городов Кузбасса.

В соответствии с поставленной целью сформулированы **задачи исследования:**

—изучить исторические предпосылки, этапы формирования и развития бизнес-центров и комплексов, как архитектурных объектов;

—выполнить архитектурно-типологический анализ функциональных, объемно-пространственных и планировочных решений современных бизнес-центров и комплексов, учитывая международный и региональный опыт проектирования и строительства;

—разработать экспериментальные проектные предложения зданий бизнес-центров для городов Кемеровской области.

2 Материалы и методы

Методология исследования базируется на принципах всестороннего изучения объектов, на анализе литературных источников, архивных и научно-проектных материалов. В работе использованы: анализ исторических и социальных предпосылок развития офисных объектов; систематизация международного опыта проектирования и строительства бизнес-центров и офисных зданий; сравнительный анализ архитектурных решений деловых центров Кузбасса; обобщение результатов, полученных в результате исследования, выявление принципов и рекомендаций по проектированию; моделирование, экспериментальное проектирование бизнес-центров в промышленных городах Кузбасса – Новокузнецке и Прокопьевске.

3 результаты

В результате проведенного ретроспективного анализа эволюции развития бизнес-центров установлено, что их развитие неразрывно связано с развитием деловой функции, которая особенно активно изменялась на протяжении XX в. – управления, предпринимательства, постоянной координации делового процесса. Деловые центры уже к концу XX в. представлены самыми различными видами общественных зданий в зависимости от деловой функции: министерство,

посольство, консульство; «сити» (город в городе) и здание-конгломерат (вертикальный город); бюро, ателье, студия; конгресс-отель, конференц-отель; торговое представительство; школа бизнеса; бизнес-клуб; машинный (дисплейный) зал; терминал, многоцелевой узел на пересечении транспортных путей и другие.

Современный деловой центр является новым универсальным типом общественного здания, в котором актуальные и потенциальные деловые функции раскрываются одновременно во взаимосвязи с социально-экономическими факторами. Известно, что структура современного бизнес-центра должна соответствовать следующим критериям: многофункциональность; латентность (функциональной, композиционной, планировочной, образной, ориентации на реального и на потенциального адресата); безадресность (условия для работы и общения должны быть организованы на основе единой универсальной модели).

Многообразие функции требует определения оптимальных композиционных и объемно-пространственных решений. По виду объемно-пространственной организации здания бизнес-центров делят на: встроенное; пристроенное; интегрированное; отдельное размещение. На практике часто используется встроенное и пристроенное здание поскольку, в этом случае, функцию делового центра можно легко объединить со зданиями другой функциональной наполненности. Это позволяет значительно расширить практически возможности центра. Однако, подобные решения в значительной степени проигрывают в художественной образности отдельно стоящим зданиям бизнес-центров и комплексов. Образ современного делового здания должен совпадать с передовыми представлениями о качестве и эстетике архитектуры, устремленной в будущее. Это здание – градостроительный акцент, формирующий вокруг себя окружающее пространство городской территории.

Поэтому, в результате изучения объемно-пространственной организации зданий деловых центров отдельного размещения выявлены основные принципы их организации: высокая этажность; свободная планировка; наличие атриумного пространства для проведения общественных мероприятий, как правило находящегося на 1-ом этаже - стилобате; четкое «ядро» (коммуникации, санитарные узлы, лестничные клетки, лифтовые шахты и т.п.).

Учитывая особенности функционального и объемно-планировочного характера существует несколько классов бизнес-центров А, А+, В, В+, С, D, F. Наиболее комфортными, структурно организованными центрами с широким спектром практических возможностей и функций являются бизнес-центры классов А, А+ и В+. Каждый класс определяет целый ряд требований, технических, функциональных, объемно-планировочных и др. В настоящем исследовании выявлены наиболее важные характеристики бизнес-центров. Они

определяют базовое объемно-пространственное и планировочное решение и определяют комфортность и условия работы в здании.

Так, в таблице 1 приведены основные объемно-планировочные характеристики зданий

бизнес-центров, которые оказывают значительное влияние на качество и эффективность использования внутреннего объема здания.

Таблица 1.

Особенности объемно-планировочных решений зданий бизнес-центров в зависимости от класса

Класс А	Класс В+	Класс В	Класс С
Эффективная планировка этажа, позволяет сдавать в аренду, как открытое пространство, так и небольшие офисы			
обязательно	рекомендовано	рекомендовано	не применимо
Кабинетная система планирования этажа			
обязательно	обязательно	обязательно	обязательно
Наличие конференц-залов			
обязательно	обязательно	рекомендовано	не применимо
Высота потолка (от фальшпола до подвесного потолка) от 2,7 м и выше			
обязательно	обязательно	рекомендовано	рекомендовано
Эффективно организованная зона регистрации; информационное табло; система навигации			
обязательно	обязательно	рекомендовано	не применимо
Наличие подсобных (складских) помещений			
обязательно	обязательно	рекомендовано	не применимо

В Таблице 2 приведены основные характеристики бизнес-центров и комплексов как структурной единицы городской застройки. Известно, что наиболее значимым фактором успеха бизнес-центра является его расположение в деловом центре города, с хорошей транспортной доступностью.

Немаловажным является условие качества архитектурного дизайна объемов здания, его

композиция, как градостроительного акцента. Кроме того, уровень комфорта пребывания и работы в бизнес-центре определяет организация территории комплекса и размещения индивидуального транспорта. Это касается наличия, не только достаточного количества парковочных мест, но и их размещения в структуре комплекса: наземного, подземного, с обслуживанием и т.п.

Таблица 2

Основные характеристики бизнес-центра в структуре города в зависимости от класса

Класс А	Класс В+	Класс В	Класс С
Местоположение			
Расположение в центральной части города, отсутствие близости объектов, которые могут оказывать негативное воздействие на его статус и посещаемость (например, функционирующие индустриальные объекты, свалки, тюрьмы и прочее)			
обязательно	обязательно	рекомендовано	не применимо
Здание гармонично вписывается в архитектурный ансамбль города и не конфликтует с окружающей застройкой			
обязательно	рекомендовано	рекомендовано	не применимо
Видимость здания			
Хорошая видимость здания со стороны основных транспортных артерий, отсутствие естественных и искусственных преград			
обязательно	рекомендовано	не применимо	не применимо
Транспортная доступность			
Удобный подъезд и транспортное сообщение, расположение вблизи основных транспортных артерий			
обязательно	обязательно	рекомендовано	рекомендовано
Парковка			
Подземная или крытая многоуровневая, наземная, охраняемая гостевая			
обязательно	рекомендовано	не применимо	не применимо
Организованная парковка			
обязательно	обязательно	обязательно	рекомендовано

Для выявления оптимальных архитектурных решений зданий делового назначения применительно к условиям Кузбасса проведен

анализ существующих бизнес-центров в промышленных городах Кемерово, Новокузнецке, Прокопьевске (таблица 3).

Таблица 3.

Основные бизнес-центры промышленных городов Кемеровской области и их характеристики		
Кемерово		
БЦ «Сити Плаза»	БЦ «Меридиан»	БЦ «Маяк- плаза»
класс «В+»	класс «В»	Класс «В»
Общая площадь - 7 000 м ²	Офисная площадь - 4 690 м ²	Общая площадь - 17 418,8 м ²
Новокузнецк		
БЦ «Меридиан»	БЦ «Фрегат»	БЦ «Green House»
Класс «В»	Класс «В»	Класс «В»
Общая площадь – 6 200 м ²	Общая площадь – 26 200 м ²	Общая площадь – 18000 м ²
Прокопьевск		
БЦ «Кольцо»		БЦ «Деловой мир»
Класс «С»		Класс «D»
Общая площадь: 1500 м ²		Общая площадь: 800 м ²

Таким образом, выполнено сопоставление современных требований к деловой среде и существующих условий по нескольким показателям – классовой принадлежности, количеству площадей, базовым показателям объемно-планировочных решений, наличию и качеству парковочных мест (таблица 2). Учитывая данные таблиц 1-3 получены общие данные о

качестве бизнес-центров области: большинство существующих центров кемеровской области не удовлетворяют современным требованиям ведения бизнеса; подавляющее количество бизнес-центров имеет класс В; острая нехватка площадей в бизнес-центрах классов А и В+ полученные данные обобщает диаграмма, приведенная на рисунке 1.

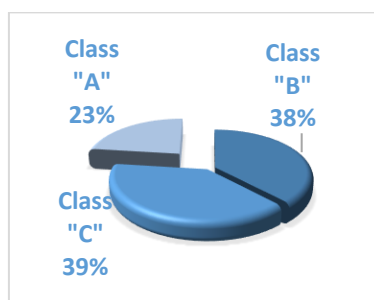


Рисунок 1. Структура рынка бизнес-центров по классам на территории Кемеровской области

Бизнес-центры класса «В» получили распространение благодаря возможности внедрения деловой функции в существующие здания, утратившие свои первоначальные функции, нуждающиеся в реорганизации внутреннего пространства, которых в городской среде большое количество. Бизнес-центры класса А строятся в основном в городах миллионниках (Москва, Екатеринбург, Новосибирск и другие), поскольку динамика роста таких городов способствует увеличению спроса на современные БЦ. Анализ

также определил, что современные БЦ строятся в основном классами «А», «В+», так как свободная планировка и высокая этажность таких БЦ позволяют использовать большую площадь под арендуемые места.

Учитывая полученные данные выполнен ряд экспериментальных моделей и проектных разработок бизнес-центров, применительно к условиям городской застройки городов Кузбасса – Прокопьевск и Новокузнецк.

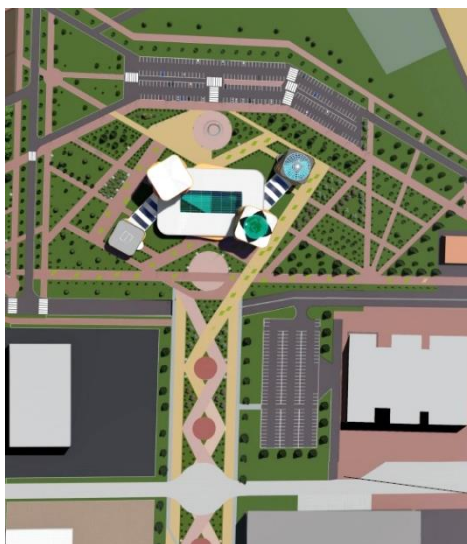


Рисунок 2. Схема генерального плана бизнес-центра в г. Прокопьевск

Экспериментальная модель 1, бизнес-центр, г. Прокопьевск.

С учетом характеристик существующей градостроительной ситуации города Прокопьевска Кемеровской области для экспериментального проектирования современного бизнес-центра выбрана территория, расположенная в деловом центре города, в непосредственной близости от главной транспортной магистрали. Планировочные особенности выбранной местности позволили организовать парковку (подземную или многоуровневую наземную), расположить здание отеля, разбить прогулочную территорию сквера, которую в перспективе можно использовать для развития деловой зоны города (рисунок 2).

В результате проработки вариантов, в качестве оптимального объемно-пространственного

решения современного БЦ в выбранной локации представлен крупный многофункциональный комплекс, состоящий из двух прямоугольных башен, объемы которых выглядят составленными из платформ-этажей, нанизанных на общий стержень и развернутых под разными углами (рисунок 3). Каждый этаж отличается от предыдущего отклонением на 3 градуса от основной оси по часовой стрелке (правая, основная башня) и против часовой стрелки (левая, основная башня). Такой прием создает эффект закручивающейся спирали (рисунок 4). Придает эффект движения, подчеркивает динамику и оживляет статичные объемы существующей застройки.

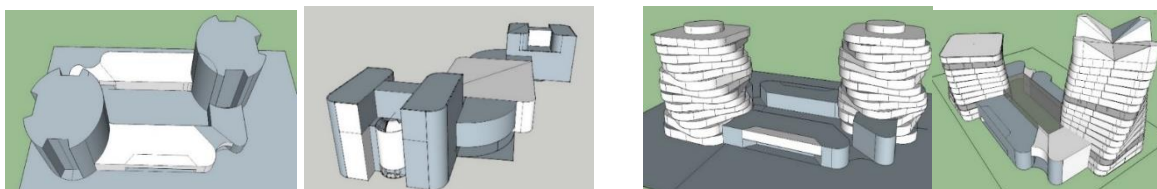


Рисунок 3. Поиск объемно-пространственной композиции и вариантное моделирование здания бизнес-центра в г. Прокопьевск

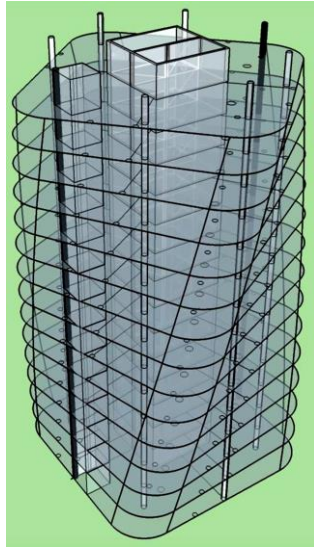


Рисунок 4. Экспериментальная модель 1. Эффект закручивающейся спирали башии бизнес-центра с ядром и конструктивными элементами.

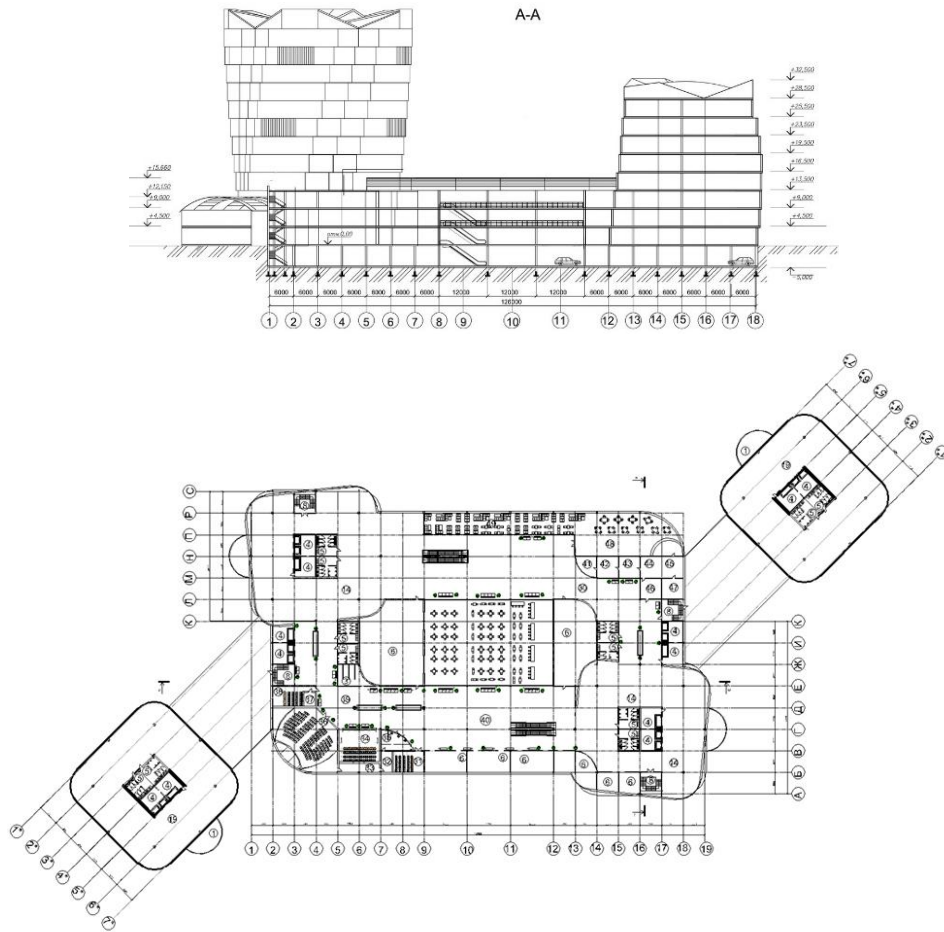




Рисунок 5. Экспериментальная модель 1 - Разрез по башне и план первого этажа бизнес-центра, г. Прокопьевск

Рисунок 6. Общий вид бизнес-центра

Башни здания опираются на общий стилобат высотой в три этажа, внутри которого расположено рекреационное пространство, построенное по кольцевой композиции. Ядром этого рекреационного пространства является закрытый атриум (рисунок 5). В комплексе предусмотрены большой конференц-зал на 1-2 этаже (на 300 человек), средний конференц-зал (на 100 человек) на третьем этаже и 2 малых переговорных зала (на 15 человек). На первом этаже стилобата предусмотрено размещение кафе, ресторана, зоны фуд-корта.

На основании результатов проведенного исследования проектируемый современный БЦ должен соответствовать всем критериям классификации группы офисных зданий и БЦ класса А. Поэтому в выборе архитектурно-планировочного решения здания сделан упор опираться на многофункциональность. Поэтому бизнес-центр включает ряд функций: деловую, досуговую, спортивную, общественную, выставочную, административную, общественного питания и т.д. Визуальный образ здания и его конфигурация учитывает особенности градостроительной ситуации и служит

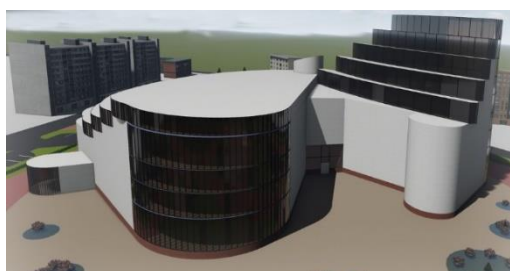
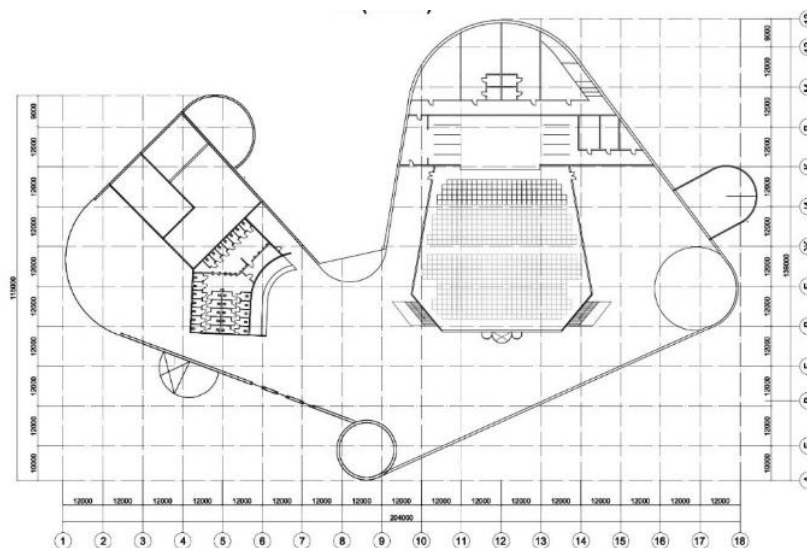
композиционным акцентом центральной части города (рисунок 6).

Экспериментальная модель 2, бизнес-центр, г. Новокузнецк.

Представленные выше градостроительные, объемно-пространственные и архитектурно-планировочные решения являются оптимальными для территории большой площади, которая позволяет разместить крупный комплекс в центральной части городской застройки для обеспечения рентабельности такого объекта. Однако такая возможность существует исключительно редко.

Поэтому разработан эскизный вариант многофункционального бизнес-центра в условиях сложившейся плотной застройки центральной части города Новокузнецка. Для данной местности выбрана компактная композиция, состоящая из двух объемов, объединенных между собой. Входные зоны интегрированы цилиндрами, что позволяет легко определить их расположение. Участок для проектирования имеет треугольную форму, что и определило нестандартное композиционно-планировочное решение центра (рисунок 7).





*Рисунок 7. Экспериментальная модель 2 -
Общий вид бизнес-центра, ракурсы и план первого этажа,
г. Новокузнецк*

Данное проектное предложение так же, касается разработки современного бизнес-центра класса А. В объеме здания предусмотрены пространства с культурной функцией (на 1-3 этаже располагается концертный зал, выставочный комплекс, зимний сад), бизнес функцией (с 5-9 этаж в левом крыле располагается бизнес-офисы), общественной функцией (зона фудкорта, выставочные пространства и галереи), спортивная функция (4-5 этаж ряд кабинетов для занятий театрального мастерства, спортивные залы). Проект многофункционального бизнес-центра в г. Новокузнецке отличается от проекта центра г. Прокопьевске по площадям и планировочным решением, градостроительным планом. Он расположен исторически сложившимся районе города, а в г. Прокопьевск выбрана свободная от застройки территория.

4 Обсуждение

Научную новизну в исследования составили:

- определены оптимальные функциональные и объемно-планировочные решения современных бизнес-центров;

- выявлены базовые структурные составляющие архитектурных решений бизнес-центров и комплексов в зависимости от класса;

- определены характеристики и проблематика существующих деловых центров Кузбасса, в контексте мировой практики создания деловых центров;

- предложены экспериментальные модели проектных решений зданий бизнес-центров для городов Кемеровской области.

Анализ исторических условий развития бизнес-центров и комплексов позволил выявить основные функциональные и объемно-пространственные характеристики зданий, которые позволяют сформировать качественное пространство для ведения бизнеса, делают эти объекты общегородскими центрами притяжения.

Таким образом, результаты проведенного исследования условий формирования и развития архитектуры современных бизнес-центров были применены при разработке проектов на территориях городов Кемеровской области, в условиях по-разному сложившейся существующей застройки.

Практическая ценность исследований заключается в том, что оптимальные градостроительные, объемно-пространственные, архитектурно-планировочные приемы организации современных БЦ, представленные в данных проектах, возможно использовать для проектирования объектов такого типа в других городах с аналогичными условиями исторически сложившейся застройки общественного центра.

Выводы

Таким образом, учитывая изученные материалы, опыт проектирования и использования зданий бизнес-центров и комплексов установлено, что:

–ретроспективного анализа эволюции развития бизнес-центров установлено, что их развитие неразрывно связано с развитием деловой функции, наиболее активное развитие получила в XX веке;

–на обеспечение условий соответствия классу бизнес-центра влияют ряд градостроительных условий, технических и объемно-планировочных характеристик здания, композиция и архитектура;

–наиболее распространенным классом бизнес-центров на территории Российской Федерации и Кемеровской области являются класс В;

–в современных условиях ведения бизнеса, не только в крупнейших, но и в крупных, больших и средних городах Российской Федерации существует острая необходимость создания бизнес-центров повышенного комфорта классов А и В+, так как свободная планировка и высокая этажность таких БЦ позволяют использовать большую площадь под арендуемые места;

–архитектурные решения и образность зданий современных бизнес-центров должны являться градостроительным акцентом в общем ансамбле застройки, поэтому должны соответствовать передовым тенденциям в мировой архитектуре зданий делового назначения.

Библиография

- 1 Patrick Aravena Pelizaria, Christian Geiß, Paula Aguirre, Hernán Santa María, Yvonne Merino Peña, Hannes Taubenböck. Automated building characterization for seismic risk assessment using street-level imagery and deep learning. - ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 180, October 2021, Pages 370-386, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.07.004>
- 2 A.Kilaire, M.Stacey. Design of a prefabricated passive and active double skin façade system for UK offices. - Journal of Building Engineering, Volume 12, July 2017, Pages 161-170, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.06.001>
- 3 Marília Ramalho Fontenelle, Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos. The multicriteria approach in the architecture conception: Defining windows for an office building in Rio de Janeiro. - Building and Environment, Volume 74, April 2014, Pages 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.01.005>
- 4 Razlin Mansor, LowSheau-Ting. A measurement model of occupant well-being for Malaysian office building. - Building and Environment, Available online 15 November 2021, 108561, In Press, Corrected Proof, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108561>
- 5 M.A.Elmahadi, M.M.Tahir, M.Surat, N.MTawill, M.S.Usman. Effective Office Environment Architecture: Finding Ingenious Ideas in a Home to Stimulate the Office Environment. - Procedia Engineering, Volume 20, 2011, Pages 380-388. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.180>
- 6 Giuseppe Galbiatiac, Fortunato Medici, Franz Graf, Giulia Marino. Methodology for energy retrofitting of Modern Architecture. The case study of the Olivetti office building in the UNESCO site of Ivrea. - Journal of Building Engineering, Volume 44, December 2021, 103378. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103378>
- 7 The central role played by structural design in enabling the construction of buildings that advanced and revolutionized architecture
- 8 Weidan Xiong, Pengbo Zhang, Pedro V. Sanderc, Ajay Joneja. ShapeArchit: Shape-Inspired Architecture Design with Space Planning. - Computer-Aided Design, Volume 142, January 2022, 103120. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2021.103120>
- 9 P Medway, B Clark. Imagining the building: architectural design as semiotic construction. - Design Studies, Volume 24, Issue 3, May 2003, Pages 255-273. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(02)00055-8)
- 10 Paolo Foraboschi. The central role played by structural design in enabling the construction of buildings that advanced and revolutionized architecture. - Construction and Building Materials, Volume 114, 1 July 2016, Pages 956-976. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.092>
- 11 Lin Zhao, Juan Xu. Architectural design of Residential Buildings in Qinba Mountains based on knowledge mapping. - Case Studies in Thermal Engineering, Volume 14, September 2019, 100412. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100412>
- 12 Juan Serra, Banu Manav, Yacine Gouaich. Assessing architectural color preference after Le Corbusier's 1931 Salubra keyboards: A cross cultural analysis. - Frontiers of Architectural Research, Volume 10, Issue 3, September 2021, Pages 502-515. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.03.002>
- 13 Joseph F. Wong. The text of free-form architecture: qualitative study of the discourse of four architects. - Design Studies, Volume 31, Issue 3, May 2010, Pages 237-267. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.11.002>
- 14 Hesmeralda Rojas, Kevin A. Arias, Ronald Renteria. Service-oriented architecture design for small and medium enterprises with infrastructure and cost optimization. - Procedia Computer Science, Volume 179, 2021, Pages 488-497. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.032>
- 15 Yukai Zou, Qiaosheng Zhan, Ke Xiang. A comprehensive method for optimizing the design of a regular architectural space to improve building performance. - Energy Reports, Volume 7, November 2021, Pages 981-996. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.097>

ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МЕДИЦИНЕ: СФЕРЫ И МЕХАНИЗМ РАБОТЫ

*Смирнов С.В.,
ИПУ РАН, г. Москва, Россия*

APPLICATIONS OF NEURAL NETWORKS IN MEDICINE: AREAS AND MECHANISM OF WORK

*Smirnov S.V.
ICS RAS, Moscow*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.113.1897

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена применению нейронных сетей в медицинской сфере. Рассмотрено применение и функционирование следующих нейросетей: СППВР (система поддержки принятия врачебных решений), AlphaFold (предсказание структуры белка), NS Exscientia (разработка лекарств), NS Цельс (диагностика). Также была рассмотрена нейросеть в составе российской интеллектуальной роботизированной системе копирования движений «Левша» (LevshAI) дистанционных нейрохирургических эндоваскулярных операций. Изложены перспективы дальнейшего развития нейросетей.

ANNOTATION

The work is devoted to the use of neural networks in the medical field. The application and functioning of the following neural networks are considered: DSSVR (medical decision support system), AlphaFold (protein structure prediction), Exscientia NS (drug development), Celsus NS (diagnostics). The neural network as part of the Russian intelligent robotic system for copying movements “Levsha” (LevshAI) for remote neurosurgical endovascular operations was also considered. The prospects for the further development of neural networks are outlined.

Ключевые слова: нейронная сеть (НС), искусственный интеллект (ИИ), нейрокомпьютер, 3D, система, математический, исследование, распознавание образов, поиск, разработка, медицинский, эксперт, функционирование, диагностика, технологии, модель.

Keywords: neural network (NN), artificial intelligence (AI), neurocomputer, 3D, system, mathematical, research, pattern recognition, search, development, medical, expert, functioning, diagnostics, technology, model.

Введение

На сегодняшний день одной из актуальных задач стоящих перед человечеством, является эффективное и безопасное применение нейронных сетей (НС) как наиболее мощного метода моделирования, позволяющего воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Нейронная сеть (или искусственная нейронная сеть, ИНС) — это математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в человеческом мозге, и при попытке смоделировать эти процессы [1].

НС применяются уже в таких отраслях как: медицина, строительство, авиа- и ракетостроение, кинематография, криминалистика, изобразительное искусство, управление, машино- и станкостроение, торговля и т.д. (список применения регулярно увеличивается).

Следует отметить, что развитие и применение нейронных сетей стало возможным благодаря деятельности многих учёных. Скажем пару слов о применении НС в медицине. На сегодняшний день уже создано много эффективных и перспективных проектов с внедрением нейронных сетей в медицину [2]. Пока внедрение НС не так быстро происходит в основном из-за того, что требуется больше исследуемых данных для уверенности в

том, что они не будут делать роковых ошибок. Внедрение НС потребует значительного изменения алгоритма работы медучреждений. Кроме того, доподлинно неизвестно, как НС приходит к окончательному выводу (диагнозу) несмотря на то, что программисты сами настраивают процесс обучения системы. Далее будут рассмотрены некоторые примеры применения НС в медицине.

Нейронные сети на службе медицине

Начнём с рассмотрения НС СППВР (система поддержки принятия врачебных решений), разработанную российской компанией К-Скай. НС СППВР внедрена правительством Москвы в лечебные учреждения города, но она также доступна врачам из регионов. СППВР разработана для комплексной оценки медицинских данных с целью выявления факторов, представляющих значительный риск, определения прогнозов развития заболеваний и выявления подозрений на пропущенные болезни. Система состоит из нескольких модулей и полностью повторяет клинический путь пациента: от сбора анамнеза до постановки диагноза и назначения терапии. СППВР основана на платформе прогнозной аналитики Webiomed и включает в себя три этапа: *сбор информации, анализ информации, результаты обработки данных*. На основании цифровых профилей пациентов Webiomed формирует управленческую аналитику и ответы для НС СППВР [3].

При помощи ИИ, внедрённой в московские поликлиники точность постановки предварительного диагноза, увеличилась на 7,4%. Теперь в 46% случаев терапевты выбирают предложенный ИИ предварительный диагноз, что положительно сказывается на качестве услуг для пациентов и способствует удобству работы врача. Развитие ИИ СППВР минимизирует рутину в действиях медика и позволяет ему обратить внимание на детали, которые могли бы ускользнуть из поля зрения, а также позволяет избежать повторного назначения на одно и то же исследование [4].

Продолжим рассматривать применение нейротехнологий и обратимся к ИИ AlphaFold. Разработанной британской компанией Google DeepMind. ИИ AlphaFold— создана на базе ИИ и может точно прогнозировать трёхмерные модели белковых структур на основе его аминокислотной последовательности, а также способствует ускорению исследований во многих областях биологии за счёт предоставления свободного доступа к более чем 200 млн. предсказаний структуры белков [5].

Необходимо отметить, что проблема предсказания структуры белков довольно сложная и объёмная. Методология, которая применялась при разработке AlphaFold, представляет собой комбинацию биоинформатического и физического подходов для создания компонентов, которые обучаются на данных PDB (Protein Data Bank - банк данных трёхмерных структур белков и нуклеиновых кислот) с минимальным привлечением функций введённых для уточнения вручную. Это приводит к тому, что сеть учится на ограниченных данных в PDB и способна справиться с их сложностью и структурным разнообразием. В частности, AlphaFold может справляться с отсутствием физического контекста и создавать точные модели в сложных случаях, таких как переплетённые гомомеры или белки, которые сворачиваются только в присутствии неизвестной группы гема [6].

Разрабатывая более точный алгоритм предсказания структуры белка в сочетании с существующими большими и тщательно отобранными базами данных структур и последовательностей, собранными экспериментальным сообществом, проектировщики ИИ AlphaFold надеются значительно ускорить развитие структурной биоинформатики.

Рассмотрим пример разработки лекарства при помощи ИИ. Компания Exscientia применяет ИИ для ускорения процесса поиска низкомолекулярных препаратов при лечении сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [7]. ИИ Exscientia, управляемая ИИ, объединяет обширные наборы данных и алгоритмы для быстрого проектирования потенциальных лекарственных препаратов. Этот подход позволяет идентифицировать новые кандидаты в лекарства с

высокой вероятностью успеха, сокращая время и затраты.

На сегодняшний день Exscientia, разрабатывающий лекарства на основе генетических данных и ИИ, приступил к клиническим исследованиям препаратов для лечения онкологических, иммунных и психиатрических заболеваний [8]. Разработанные компанией алгоритмы позволяют сократить время разработки лекарств на 70%. Всего на данный момент Exscientia работает более чем над 25 препаратами, в том числе для лечения респираторных и воспалительных заболеваний. Наиболее успешные проекты компании прошли путь от определения лекарственной мишени до выбора препарата-кандидата менее чем за 18 месяцев при среднем времени разработки лекарства в фармацевтике четыре с половиной года.

Приведём пример применения искусственного интеллекта в медицинской диагностике.

ИИ Цельс – служит для анализа медицинских изображений от российской компании «Медицинские скрининг системы» и применяется как система поддержки принятия врачебных решений в диагностике и лечении онкологических заболеваний [9]. Эта ИИ помогает специалистам лучевой диагностики сократить время на анализ исследований и свести риски нераспознанной патологии к нулю.

Система определяет наличие доброкачественных или злокачественных новообразований, а также указывает их местоположение, выделяя лишь те области на рентгеновском снимке, которые требуют внимания врача [10]. Эта ИИ не только осуществляет предварительную обработку и анализ, но и упрощает подготовку заключения врача, автоматически формируя описание рентгеновского снимка. При необходимости врач редактирует заключение комментариями на основании своих наблюдений.

Необходимо заметить, что в ИИ «Цельс» синтезированы знания большого числа высококвалифицированных в области радиологии врачей, а также собран опыт запуска крупных медицинских проектов и компетенции в области машинного обучения и ИИ.

Завершить обзор хотелось бы ещё одним примером применения ИИ в медицине.

Российские учёные из компании «Нейропутник» разработали первую отечественную интеллектуальную роботизированную систему копирования движений «Левша» (LevshAI) для дистанционных нейрохирургических эндovasкулярных операций. ИИ комплекса «Левша» моделирует сосуды пациента в 3D-формате, корректирует дрожь пальцев, выявляет критические ситуации и т.д.. Доклиническое экспертное тестирование успешно проведено ассоциацией эндovasкулярных нейрохирургов имени академика Ф. А. Сербиненко [11].

При применении комплекса «Левша» врач дистанционно с помощью специальных

контроллеров передаёт сигнал в НС робота, а оттуда зашифрованные данные в виде спецкоманд отправляются в блок, где проводится операция [12]. Таким образом, оперирующий блок копирует движения хирурга и перемещает катетеры и другие хирургические инструменты по сосудам головного мозга. Контролировать их движение помогает рентгенофлуороскоп, а НС комплекса «Левша» обрабатывает информацию и выводит её на экран. НС применяют и при подготовке к операции, визуализируя сосуды пациента в 3D-модели. Разработчики не без оснований утверждают, что аналогов этой системы в России не существует.

Заключение

Относительно дальнейшего применения НС в медицине заслуживает внимания перспективный подход, основанный на представлении о нейронных полях и квантовых вычислениях. При этом, конечно, предстоит наращивание запаса средств математического анализа, которые окажут значительную помощь в поисках решений наиболее сложных и актуальных задач. Без сомнения, методы теории вероятностей, теории случайных процессов и теории групп внесут свою лепту в сложный процесс развития НС. [13]

В завершении хотелось бы отметить, что будущее НС в медицине представляется как перспективное и растущее направление в области ИИ, которое будет продолжать развиваться и улучшаться в ближайшие годы. Тем не менее, возможности нейронных сетей очень велики, и, вероятно, будут разработаны более компактные и эффективные модели НС для диагностики и эффективной помощи лечащему врачу, которые потребляют меньше ресурсов и быстрее функционируют. Они смогут сделать жизнь проще и врачам, и пациентам.

Однако, необходимо помнить, что применение НС в медицине должно быть оправданным и в меру осторожным [14]. НС не застрахованы от ошибочных результатов, если они не обучены на достаточном объёме данных с высококачественной информацией или неправильно настроены разработчиком. Поэтому, для применения НС в медицине, необходим контроль специалистов с профессиональными знаниями.

Список литературы

1. Нейронная сеть URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная_сеть (дата обращения 05.06.2023)
2. Нейронные сети — будущие помощники врачей. URL:
3. Платформа прогнозной аналитики Webiomed. URL: <https://webiomed.ru/> (дата обращения 07.11.2023)
4. Ставить диагноз с помощью искусственного интеллекта в поликлиниках стали еще точнее. URL: <https://www.mos.ru/news/item/93154073/> (дата обращения 20.06.2023)
5. AlphaFold: Protein Structure Database. URL: <https://alphafold.ebi.ac.uk/> (дата обращения 21.06.2023)
6. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03819-2> (дата обращения 21.06.2023)
7. AI Drug Discovery. URL: <https://www.exscientia.ai/> (дата обращения 07.11.2023)
8. Стартап Exscientia сокращает время разработки лекарств на 70%. URL: <https://neurohive.io/ru/gotovye-prilozhenija/startap-exscientia-sokrashhaet-vremya-razrabotki-lekarstv-na-70/> (дата обращения 07.11.2023)
9. Цельс — Медицинские скрининг системы. URL: <https://celsus.ai/> (дата обращения 07.11.2023)
10. «Цельс» — искусственный интеллект в медицинской диагностике. URL: <https://vc.ru/tribuna/131950-cels-iskusstvennyy-intellekt-v-medicinskoj-diagnostike> (дата обращения 07.11.2023)
11. Робота-хирурга оснастили технологией передачи тактильных ощущений. URL: <https://misis.ru/science/achievements/2023-06/8593/> (дата обращения 27.06.2023)
12. Учёные создали технологию передачи тактильных ощущений для роботов-хирургов. URL: <http://avtprom.ru/news/2023/06/26/uchenye-sozdali-tekhnolo> (дата обращения 28.06.2023)
13. Головинский П.А., Суровцев И.С. Интеллектуальные информационные системы: теоретические основы и приложения. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2015. – 204 с.
14. Применение нейросети в медицине: новые возможности диагностики и лечения. URL: <https://vc.ru/u/1305142-promarketing-tech/650113-primenenie-neyroseti-v-medicine-novye-vozmozhnosti-diagnostiki-i-lecheniya> (дата обращения 07.11.2023)

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЕНИЯ ГАЗА В ПРИРОДНОЙ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ НА ЕГО РЕТРОГРАДНОЕ ИСПАРЕНИЕ**Фаталиев Вугар Магеррам***Док. техн. наук,**Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики
(г. Баку, Азербайджан)***Аббасзаде Гамлет Рафиг***Докторант, Институт Нефти и Газа,**Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики
(г. Баку, Азербайджан)***INFLUENCE OF GAS DISSOLUTION IN A NATURAL HYDROCARBON LIQUID ON ITS RETROGRADE EVAPORATION****Fataliyev Vugar Maharram***Doctor of technical sciences,**Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan,
Azerbaijan State Oil and Industry University
(Azerbaijan, Baku)***Abbaszade Hamlet Rafiq***PhD student, Institute Oil and Gas,**Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, (Azerbaijan, Baku)*DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.113.1898**АННОТАЦИЯ**

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по изучению степени растворимости газов различного состава на показатели процесса испарения ретроградного конденсата. На основании результатов исследования различных газоконденсатных систем, получены более глубокие понимания о фазовом поведении во время процесса истощения газоконденсатных резервуаров. Установлена необходимость использования при планировании процессов воздействия на призабойную зону скважины и на залежа в целях повышения их эффективности тех составов газов, которые имеют хорошую растворимость в углеводородном конденсате.

ABSTRACT

This paper presents the results of the experimental investigations into the effect of the solubility of the gas components in the natural gas-condensate systems and its importance in gas-condensate reservoir development and recovering trapped retrograde condensate in the formation that is left after primary production. Based on the obtained results from the investigation of different gas-condensate systems provided a greater understanding of the occurrences and phase behaviour during the depletion process of gas-condensate reservoir. It was determined that the solubility of gas components in the fluid should be considered when projecting the gas-condensate reservoirs development.

Ключевые слова: ретроградный конденсат; растворимость газов; газоконденсатная система; давление начала конденсации.

Key words: retrograde condensate; gas solubility; gas-condensate system; retrograde condensation pressure.

Введение

Известно, что в процессе разработки углеводородных залежей в результате изменения давления имеют место фазовые превращения в пластовых флюидах, что приводит к постоянному изменению состава фаз. При этом интенсивность фазовых переходов усиливается в направлении от пласта к забою добывающей скважины. Этот процесс сильно сказывается при разработке газоконденсатных месторождений, эксплуатирующихся в режиме истощения пластовой энергии, который является одним из главных причин ретроградных потерь конденсата в пласте [1-4].

Как известно, одним из способов добычи ретроградного конденсата в процессе истощения газоконденсатной залежи является воздействие на

пласт или призабойную зону скважины газами различного состава. Такие методы воздействия, в основном, применяются в целях поддержания пластового давления, улучшения процесса вытеснения выпавшего ретроградного конденсата и рассеянных жидких углеводородов в призабойную зону добывающих скважин и увеличения производительности скважины путем испарения выпавшего ретроградного конденсата в призабойной зоне [5-7].

Сказанное выше означает, что закачка любого количества газа в пласты приводит к изменению физико-химических и термодинамических свойств пластовой газоконденсатной системы и, в связи с этим, к появлению новых фазовых соотношений. Поэтому приобретает большой интерес изучение факторов, влияющих на данный процесс, и

изменение их закономерностей в реальных залежах.

При рассмотрении процесса фазовых превращений, с точки зрения молекулярно-кинетической теории газов, в работах [5, 6] было установлено, что здесь основой этих событий является растворение газовой фазы в жидкой. А этот фактор, в свою очередь, зависит от множества различного рода параметров, таких как: температура, давление, состав жидкой и газовой фаз, свойства компонентов, входящих в состав смеси, среда, в которой находится данная система и т.д. [4, 5]. Поэтому математическое описание данного процесса представляется весьма сложным.

В этих целях в данной статье разработана специальная экспериментальная методика и изучалось влияние растворимости газов различного состава на испарение выпавшего ретроградного конденсата, на давление начала конденсации газоконденсатных систем и на конденсатоотдачу газоконденсатных залежей.

Экспериментальное исследование влияния растворимости газов различного состава на испарение углеводородных конденсатов

Как было показано выше, при объяснении испарения углеводородных конденсатов с точки зрения физико-термодинамических аспектов, одной из основных причин, влияющих на

ретроградное испарение конденсата, является растворение газа в конденсате после определенного значения давления или температуры при изотермическом повышении давления или изобарическом снижении температуры. То есть газ, растворяясь в конденсате при определенных термобарических условиях, заставляет его испаряться. Отсюда вытекает, что чем лучше будет растворяться газ в конденсате, тем лучше его будет испарять. Напомним, что в работах [1, 5] приведены некоторые результаты экспериментального изучения испаряемости конденсата газами различного состава. В работе [1] специальные эксперименты проводились на установке pVT типа УГК-3. Отобранная из скважин месторождения «Булла-дениз» (Азербайджан) насыщенная проба по стандартной методике загружалась в бомбу pVT и создавалось соответствующее термодинамическое условие (температура 100⁰С и давление 12,0 МПа, где система находится в зоне максимальной конденсации). После этого осуществлялся выпуск газовой фазы из бомбы. При этом изучалось количество испарившегося конденсата, составы и свойства газов сепарации и дегазации. Этими исследованиями было определено, что при воздействии на конденсат газами различного состава при постоянном давлении и температуре количество испарившегося конденсата бывает разным.

Таблица

Компонентный состав газов, использованных в экспериментах

Компо- ненты	Состав газов (мол. %-ах)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
C ₁	91,13	82,13	73,31	58,13	82,19	72,54	64,80
C ₂	6,78	5,74	4,88	1,11	6,03	5,93	4,07
C ₃	1,10	1,25	1,11	0,28	1,05	0,96	0,72
i-C ₄	0,32	0,20	0,16	0,18	0,25	0,22	0,17
n-C ₄	0,26	0,30	0,22	0,09	0,33	0,21	0,15
i-C ₅	0,09	0,10	0,08	0,01	0,08	0,08	0,05
n-C ₅	0,12	0,07	0,06	0,02	0,06	0,05	0,03
ΣC ₆	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
N ₂	0,02	10,00	20,00	40,00	0,00	0,00	0,00
CO ₂	0,14	0,20	0,17	0,17	10,00	20,00	30,00

Как было показано в [5], причиной изменения количества испарившегося конденсата могла быть степень растворимости газов в зависимости от их физико-химических свойств. В целях выяснения этого вопроса, нами аналогично повторялись эксперименты, приведенные в работе [1], но здесь каждый раз измерялось количество растворенного в конденсате газа. В экспериментах использовались газы различного состава, химический состав которых показан в *таблице* (предполагается, что

эти газы имеют различную растворимость, вследствие разного содержания азота и углекислого газа) конденсат, плотностью 748,6 кг/м³ и молекулярной массой 108 кг/кмоль., а конденсатосодержание принималось во всех случаях постоянным и равным 200 г/м³. При этом насыщенный конденсат и определенный состав газа из *таблицы* загружался в бомбу pVT (*рисунок 1*).



Рисунок 1. Экспериментальная установка - Бомба PVT (типа УКГ-3 с рабочим давлением 45 МПа и рабочей температурой 80°C)

После определения значения давления начала конденсации (100°C) оно снижалось с темпом 4,0-5,0 МПа/час и затем при достижении давления 12,0 МПа дальнейшее его снижение прекращалось. После установления термодинамического равновесия при постоянном давлении 12,0 МПа и температуре 100 °С газ выпускался из системы и определялись составы и свойства газов сепарации и дегазации, количество добытого конденсата и конденсатосодержание газовой фазы.

После выпуска свободного газа из бомбы отбиралась проба из оставшейся жидкой фазы и определялось количество растворенного газа в

единице объема конденсата, измерялась плотность стабильного конденсата. После этого бомба очищалась от жидкой фазы и при постоянстве приведенных выше параметров эксперименты повторялись с использованием нового состава газов из *таблицы*.

Как видно из результатов экспериментов, с улучшением растворимости газа в конденсате растет количество испарившегося конденсата (*рисунок 2*). Другими словами, рост количества растворенного в конденсате газа является причиной перехода большей части конденсата в газовую фазу.



Рисунок 2 - Зависимость количества конденсата в газовой фазе от количества газа, растворенного в единице объема конденсата

На *рисунке 2* показана зависимость между количеством конденсата в газовой фазе и количеством газа, растворенного в единице объема конденсата. Как видно, с ростом количества газа,

растворенного в единице объема конденсата, от 100 до 145 м³/м³ количество конденсата в газовой фазе растет от 23,7 г/м³ до 42 г/м³.

Таким образом, установлено, что, не изменяя давление и температуру, можно повысить количество испаряющегося конденсата с использованием газов, обладающих лучшей растворимостью в углеводородных конденсатах.

Экспериментальное исследование влияния растворимости газов различного состава на давление начала конденсации

В связи с тем, что с изменением растворимости газов в конденсате термодинамические свойства системы, в первую очередь давление начала

конденсации, изменяются, ниже рассмотрен характер этой зависимости. Результаты экспериментов по определению значений давления начала конденсации систем с использованием газов различного состава (*таблица*) при температуре 100°C обобщены в виде гистограммы (*рисунок 3*), где столбцы пронумерованы по степени растворимости газов в конденсате, согласно материалам *таблицы*. Таким образом, получен ряд столбцов VII, VI, V, I, III, III, IV.

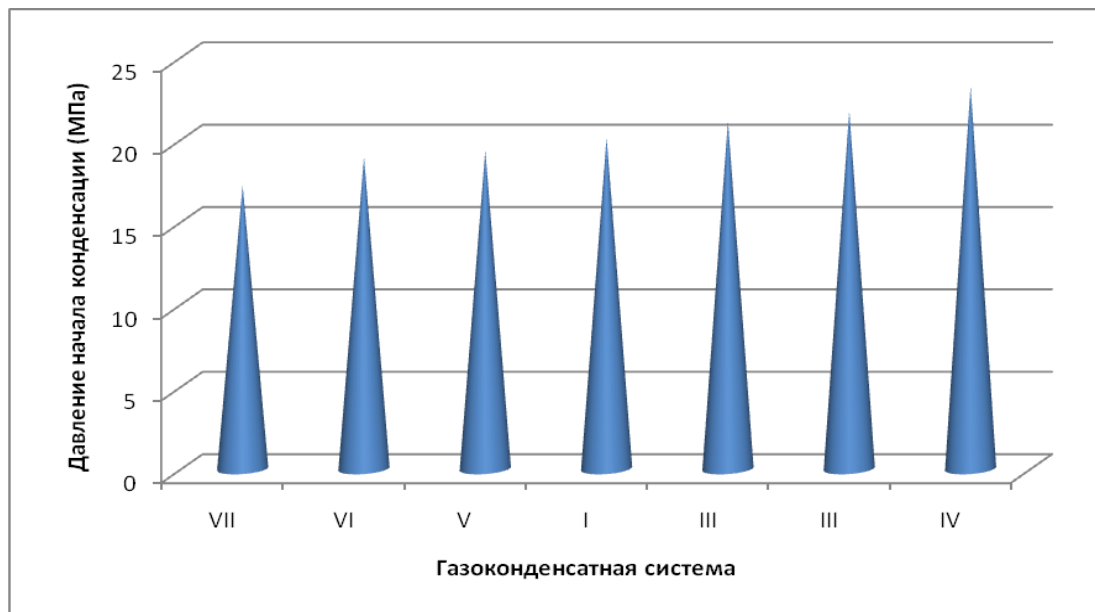


Рисунок 3 - Изменение значений давления начала конденсации систем от степени растворимости газов в конденсате

Как видно из рисунка 2, значение давления начала конденсации системы VII, где растворимость высокая, является самым низким (17,2 МПа) по сравнению с другими, а для системы IV, с низкой растворимостью газа, значение давления начала конденсации является самым высоким (23,2 МПа). Из сказанного становится ясным, что с ухудшением степени растворимости газов в конденсате, давление начала конденсации растет.

Это указывает на необходимость использования при планировании процессов воздействия на призабойную зону скважины и на залежь в целях повышения их эффективности тех составов газов, которые имеют хорошую растворимость в углеводородном конденсате.

Выводы

Экспериментально изучались особенности влияния растворимости газов различного состава на фазовые превращения в газоконденсатных системах. Эксперименты проводились на установке РVT типа УГК-3 по выше описанной специальной методике. При значениях давления 12,0 МПа и температуры 100°C были определены для каждой из семи систем количество растворенного газа в единице объема выпавшего конденсата, конденсатосодержание газовой фазы, и,

следовательно, количество выделившегося конденсата из добываемого газа.

Установлено, что с ухудшением степени растворимости газов в конденсате, давление начала конденсации растет. Это указывает на необходимость использования при планировании процессов воздействия на призабойную зону скважины и на залежь в целях повышения их эффективности тех составов газов, которые имеют хорошую растворимость в углеводородном конденсате.

Благодарность

Авторы выражают искреннюю благодарность Гамидову Натигу Неман оглу (кан.тех.наук, доцент, НИПИ "Нефтегаз", SOCAR, г. Баку, Азербайджанской Республики) за активное участие при проведении экспериментов, анализе их результатов и ценные советы в процессе подготовки данной статьи к публикации.

Список Литература

1. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Абасов Ш.Д., Гамидов Н.Н. Влияние неуглеводородных компонентов на давление начала конденсации природных систем. Газовая промышленность, 2000, №1, с. 17-18

2.Верн Дж.А., Еленбаас Дж.Р., Катц Д.Л., Кобаяши Р., Корнелл Д., Поеттманн Ф.Х., Уайнауг Ч.Ф. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа. Москва: Недра, 1965, с.765

3.Гриценко А.И., Островская Т.Д., Юшкин В.В. Углеводородные конденсаты месторождений природного газа. Москва: Недра, 1983, с. 263

4.Новрузова Ф.М. Растворимость компонентов природного газа в конденсатах и их фракциях. Газовая промышленность, 1973. №12, с. 16-21

5.Abasov M.T., Abbasov Z.Y., Fataliyev V.M., Hamidov N.N., Mammadova G.G. A new in Phase Transformation on Gas-condensate Fields Development. SPE-104348-RU. 2006

6.Abasov, M.T., Abbasov, Z.Y., Fataliyev, V.M., Hamidov, N.N. 2005. A New Phenomenon in Phase Transformations of Gas-Condensate Systems and its Experimental Study. Doklady Earth Sciences of Russian Academy of Sciences, 403A, №6, pp. 858-860.

7.Li Mingjun, Du Jianfen, Bian Xiaoqiang. Advances on condensate oil-gas phase behavior research in porous medium. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008, No 1, pp.243-254.

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (113)/2023 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.