

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№113, Сентябрь 2024
(Часть 6)



Самара, 2024

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №113, Сентябрь 2024 (Часть 6) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 - 160 с.

doi: 10.18411/trnio-09-2024-p6

Тенденции развития науки и образования - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Чернопятов Александр Михайлович

Кандидат экономических наук, Профессор

Царегородцев Евгений Леонидович

Кандидат технических наук, доцент

Пивоваров Александр Анатольевич

Кандидат педагогических наук

Малышкина Елена Владимировна

Кандидат исторических наук

Ильющенко Дмитрий Павлович

Кандидат технических наук

Дробот Павел Николаевич

Кандидат физико-математических наук, Доцент

Божко Леся Михайловна

Доктор экономических наук, Доцент

Бегидова Светлана Николаевна

Доктор педагогических наук, Профессор

Андреева Ольга Николаевна

Кандидат филологических наук, Доцент

Абасова Самира Гусейн кызы

Кандидат экономических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич

Кандидат юридических наук

Ерыгина Анна Владимировна

Кандидат экономических наук, Доцент

Чебыкина Ольга Альбертовна

Кандидат психологических наук

Левченко Виктория Викторовна

Кандидат педагогических наук

Петраш Елена Вадимовна

Кандидат культурологии

Романенко Елена Александровна

Кандидат юридических наук, Доцент

Мирошин Дмитрий Григорьевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ефременко Евгений Сергеевич

Кандидат медицинских наук, Доцент

Шалагинова Ксения Сергеевна

Кандидат психологических наук, Доцент

Катермина Вероника Викторовна

Доктор филологических наук, Профессор

Полицинский Евгений Валериевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович

Кандидат экономических наук, Доцент

Пузыня Татьяна Алексеевна

Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович

Доктор биологических наук, Доцент

Афанасьева Татьяна Гавриловна

Доктор фармацевтических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы

Доктор философии по техническим наукам

Лыгин Сергей Александрович

Кандидат химических наук, Доцент

Заломнова Светлана Петровна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Радкевич Михаил Михайлович

Доктор технических наук, Профессор

Гуткевич Елена Владимировна

Доктор медицинских наук

Матвеев Роман Сталинарьевич

Доктор медицинских наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович

Кандидат технических наук, Профессор

Найденов Николай Дмитриевич

Доктор экономических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна

Кандидат экономических наук, Доцент

Хачатурова Карине Робертовна

Кандидат педагогических наук

Кадим Мундер Мулла

Кандидат филологических наук, Доцент

Григорьев Михаил Федосеевич

Кандидат сельскохозяйственных наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ XXI. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	7
Балтрашевич В.Э. Интеллектуальные АОС методов оптимизации	7
Балтрашевич В.Э. Разработка АОС внешних вариантов методов оптимизации	11
Балтрашевич В.Э. Разработка интеллектуальных АОС	18
Дудак А.А. Обзор подходов к разработке масштабируемых систем управления проектами на основе современных фронтенд-технологий	22
Постовой А.А. Анализ материалов для строительных аддитивных технологий.....	25
Селиверстов М.В., Миненко А.В. Развитие комплексной мелиорации в Алтайском крае: состояние, сравнение с другими регионами и зарубежными странами	28
Ruchkova A.D. Mechanical properties examination of metamaterial structures produced with a 4D printer	32
РАЗДЕЛ XXII. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА	35
Биджиева С.Х., Байрамукова М.И., Гериева К.М. Большие языковые модели: виды, возможности и функций	35
Биджиева С.Х., Байрамукова М.И., Гериева К.М. Таргетированная реклама: виды и особенности	37
Комаров Д.С., Коваленко Г.В., Соколов И.В. Разработка веб-приложений и библиотек с использованием VME680 модуля	40
Коновалов Г.Г. Алгоритмы генерации случайных чисел	45
Коновалов Г.Г. Механизм алгоритма быстрой сортировки QuickSort	48
Коновалов Г.Г. Об оптимизации алгоритмов выдачи наличных в банкомате.....	51
Коновалов Г.Г. Преимущества и перспективы Serverless-архитектуры в разработке приложений	54
Коновалов Г.Г. Принципы архитектуры и преимущества векторных баз данных.....	57
Коновалов Г.Г. Сравнительный анализ типов баз данных	60
Коновалов Г.Г. Увеличение продуктивности разработки методом экстремального программирования	63
Соколов И.В., Комаров Д.С., Коваленко Г.В. Методы проектирования высоконагруженных стриминговых сервисов.....	66
Mozharovskii E. Best practices for state management in large-scale flutter applications	70
РАЗДЕЛ XXIII. ЭЛЕКТРОНИКА	74
Кузнецов А.В., Ашрятов А.А. Анализ требований к автомобильным фарам	74
РАЗДЕЛ XXIV. ЭНЕРГЕТИКА	78
Филиппов В.В. Аддитивные технологии при изготовлении теплообменников	78
Филиппов В.В. Развитие технологий для энергоэффективных теплоэнергетических установок электростанций и декарбонизации энергетики.....	81

РАЗДЕЛ XXV. БИОТЕХНОЛОГИЯ	85
Сумкина Т.П., Булатова М.В., Думченко Н.Б., Башкина Е.С., Нечаева Е.А. Сравнительный анализ физико-химических параметров трипсина из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсина из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedicalс» и оценка их ростовой активности в клеточной культуре Нер-2	85
РАЗДЕЛ XXVI. МЕХАНИКА	90
Обносков К.Б., Паншина А.В., Бондаренко Н.И. Кинематика инерциод	90
Рожкова Е.А. Принцип работы электромеханических устройств в космосе	94
РАЗДЕЛ XXVII. СТРОИТЕЛЬСТВО	97
Борецкий Д.С. Метод проектирования железобетонных конструкций в Revit	97
Загидуллин И.И. Особенности конструкций Крымского моста	99
Кошелева С.А., Гулякин Д.В. АРМ: ключ к эффективному и безопасному строительству будущего	101
Кошелева С.А., Гулякин Д.В. Цифровой архитектор: роль экспертных систем в строительной отрасли	104
Мажитов И.Ж. История развития энергоэффективных жилых зданий	107
Мажитов И.Ж. Особенности архитектуры энергоэффективных зданий	110
Мелентьев Ю.И. Цифровые технологии в строительной деятельности	114
Соколов Н.С. Геотехнический подход устройства удерживающих конструкций	117
Соколов Н.С. Заглубленная железобетонная конструкция усиления слабого основания ...	121
Соколов Н.С. Использование слабых оснований при возведении искусственных оснований	126
Соколов Н.С. Сваи устроенные по электроразрядной технологии при усилении оснований	131
Соколов Н.С. Технология понижения полов подвалов при реконструкции	136
Соколова А.М. Экспериментальное исследование несущей способности длительно-эксплуатируемых бревенчатых стен	141
РАЗДЕЛ XXVIII. АГРОНОМИЯ	146
Блиновских А.С. Возникновение морозоустойчивости у озимой пшеницы и факторы, влияющие на нее	146
Димитриенко О.В. Факторы деградации почв	148
Колесниченко Т.В. Севооборот как один из главных элементов в современном сельском хозяйстве	151
Кружков А.В., Козаева М.И. Диагностика биологической адаптивности различных форм и сортов вишни на основе показателей эндофитной микробиоты	153

РАЗДЕЛ XXI. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Балтрашевич В.Э.

Интеллектуальные АОС методов оптимизации

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-207

Аннотация

Рассматривается разработка интеллектуальной автоматизированной обучающей системы (АОС), использующей системы, основанные на знаниях (СОЗ) для методов оптимизации. Анализируется влияние допустимой области (исходных данных) на АОС. Особое внимание уделяется организации диалога между обучаемым и АОС. Рассматривается организация изучения внутреннего и внешнего вариантов методов оптимизации.

Ключевые слова: автоматизированные обучающие системы; системы, основанные на знаниях; глубокие и поверхностные знания, базы знаний, экспертные систем.

Abstract

The paper considers the development of an intelligent automated training system (ATS) using knowledge-based systems (KBS) for optimization methods. The influence of the admissible region (initial data) on the ATS is analyzed. Particular attention is paid to organizing a dialogue between the student and the ATS. The organization of studying the internal and external variants of optimization methods is considered.

Keywords: automated training systems; knowledge-based systems; deep and superficial knowledge, knowledge bases, expert systems.

Разрабатываемые АОС используют системы, основанные на знаниях (СОЗ), поэтому и являются интеллектуальными. АОС отличаются от СОЗ использованием диалога.

Имеются две формы диалогового окна – для простого и для усложненного диалога.

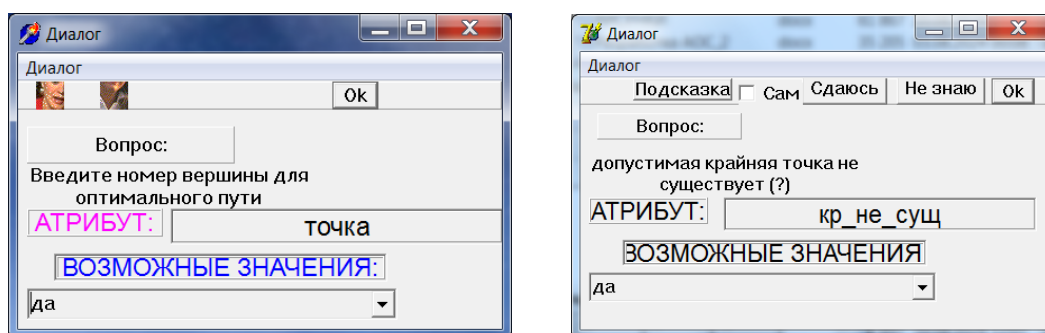


Рисунок 1. Простой и усложненный диалог.

Окно «Диалог» позволяет пользователю обратиться к подсказке, которая напомнит, как определяются значения атрибутов. Ответ пользователя проверяется и синтаксически и семантически. При простом диалоге проверяется значение атрибута. Диалог продолжается до правильного ответа пользователя. При этом виде диалога возможно использования системы объяснений экспертной системы (ЭС).

При усложненном диалоге также проверяется значение атрибута, но в случае ошибки, пользователь может нажать на кнопку «Сдаюсь» и тогда система ответит сама. Если при этом пользователь установит флаг «Сам», то ему будет показан правильный ответ и пользователь может задать это значение при ответе.

Очевидно, что система должна считать число подсказок и ошибок для обоих диалогов.

Каждый метод состоит из двух вариантов. Поясним раздвоение метода на примере метода дихотомии. Внутренний вариант метода находит минимум функции с помощью построения релаксационной последовательности. Внешний вариант метода состоит из обращений к базовым действиям и реализует метод дихотомии. Изучению подлежат оба варианта метода.

Начнем рассмотрение с внутренних вариантов анализируемых методов.

Построение АОС начнем с учетом допустимого множества [3].

Первый вариант допустимого множества – вещественная ось

Метод дихотомии (пример безусловной минимизации). Изучаем построение релаксационной последовательности. Метод описывается базой знаний (БЗ) и реализуется с помощью ЭС. Первый вариант метода строит релаксационную последовательность и проверяет знания обучаемого с помощью диалога. В окне «Предметная область» выведены значения аргументов и функции. Пользователь, глядя на них и зная метод дихотомии, может ответить на вопрос о значении точки a или точки b , а также – о продолжении построения релаксационной последовательности. Напомним, что БЗ записывается на языке эксперта, который базируется либо на правилах продукции, либо на списке атрибутов и реализуется соответствующими ЭС [1].

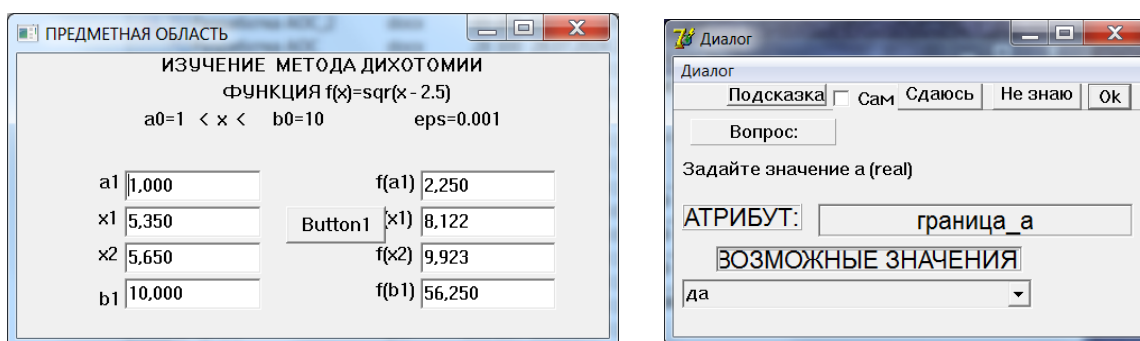


Рисунок 2. АОС метода дихотомии.

В рассматриваемом варианте диалоговое окно использует внутреннее представление структур данных. Значения в них пересчитываются и отображаются в интерфейсе.

На вход АОС внутреннего метода дихотомии подается унимодальная функция, отрезок и погрешность поиска минимума.

Дихотомия с графиком функции. ПрОбл с рисунком

При разработке АОС требуется использование когнитивной графики. В другой версии АОС на окно «Предметной области» добавляется график функции, который облегчает решение задачи. В этом случае пользователю удобнее использовать внешнее представление данных, т.е. вносить значения в графические компоненты. Система должна перенести эти значения во внутренние структуры данных.

Другие методы одномерной минимизации

В рамках курса по ЭС студенты реализуют базовые действия (процедуры ГЗ) для решения задач одномерной минимизации. С помощью системы автоматического сохранения и использования знаний эксперта [2], реализуют метод золотого сечения и квадратичной аппроксимации, используя графическое отображение целевой функции, вначале в виде списковой СОЗ с циклом, а затем в виде графовой СОЗ [2].

Списковые СОЗ реализуются на языке программирования с интеллектуальными добавками (подсказки, переводы, рекомендации), а графовые СОЗ реализуются на языке эксперта, который может использовать либо правила продукции, либо базироваться на списке атрибутов [1].

В начале, вообще студенты могут реализовать метод в виде отдельной программы на языке программирования, но попробовать вставить в неё вопросы. А потом разделить эту

программу на две части (поверхностные и глубинные знания) и оценить достоинства и недостатки этого подхода.

Для метода квадратичной аппроксимации хорошо бы сделать графическую параболу, которую можно смещать и раздвигать, чтобы провести её через три точки, не решая систему трех уравнений с тремя неизвестными.

Реализовать оба варианта каждого метода.

Второй вариант допустимого множества – плоскость (двумерная область). Метод симплексов. Пример безусловной минимизации.

Рисунок на экране состоит из линий уровней квадратичной функции и треугольника небольших размеров. Перекатывая этот треугольник, надо накрыть точку минимума, затем сжать треугольник и т.д. до выполнения требований точности. Пользователь должен кликнуть мышкой в ту область плоскости, куда должен переместиться треугольник. В случае неверного ответа в шуточной форме система выдает отказ в перемещении. В случае правильного ответа, система хвалит пользователя. Т.е. фактически в игровой форме пользователь познает метод симплексов. Значение целевой функции в этом варианте АОС не меняется.

На вход АОС внутреннего метода симплексов подается квадратичная функция, параметры треугольника и погрешность поиска минимума.

Симплекс метод с графической постановкой задачи линейного программирования (ЗЛП). Реализована взаимная связь с табличной формой задания ЗЛП. Пример условной минимизации с линейными ограничениями.

Этот вариант АОС показывает преимущества графического представления. Пользователь фактически может нарисовать на экране графическую постановку ЗЛП. Эксперт, глядя на рисунок, может сказать есть ли решение у этого варианта ЗЛП и если есть, то сказать ответ.

Пользователь рисует и редактирует ограничения, параллельно заполняется таблица симплекс метода для аналитического решения ЗЛП. Красной стрелкой задается градиент целевой функции (чтобы отличить от ограничений). Решение ЗЛП проводится в автоматическом режиме без организации диалога.

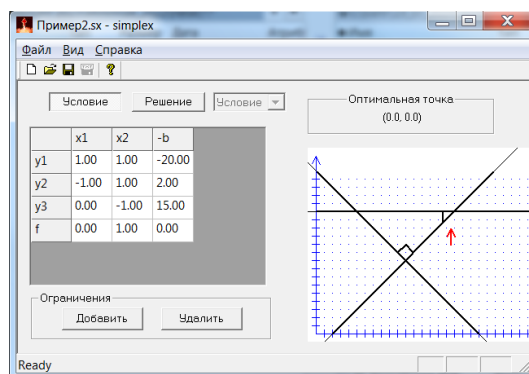


Рисунок 3. АОС графического задания ЗЛП.

В качестве контроля знаний проводится следующая проверка. На доске рисуется графическая постановка ЗЛП, без задания конкретных значений. Студентам предлагается нарисовать похожую ЗЛП на бумаге в клеточку с указанием оцифрованных осей и составить систему уравнений аналогичную в АОС. Результаты ввести в АОС и сравнить результат с заданием.

На вход АОС внутреннего симплекс метода с графической постановкой ЗЛП подается матрица и ее размеры.

ЗЛП. Симплекс метод с аналитическим решением

Этот вариант АОС предназначен для проверки знаний об аналитическом решении ЗЛП. Используем базу знаний и ЭС. С атрибутами связаны вопросы и процедуры обработки.

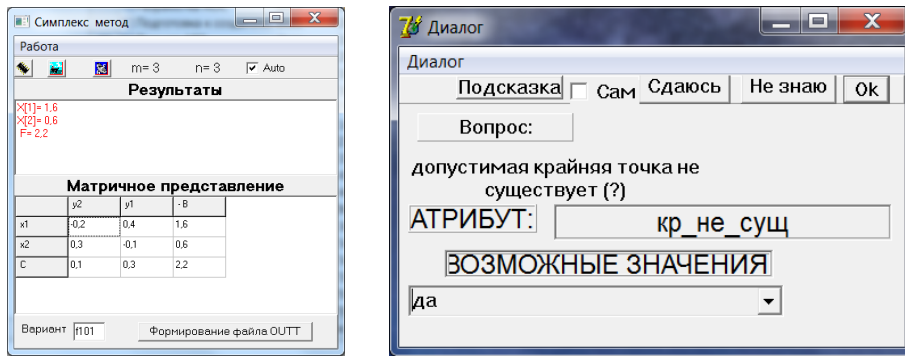


Рисунок 4. АОС аналитического решения ЗЛП.

Под управлением БЗ и ЭС мы перебираем крайние точки и ищем точку минимума по таблице. Для решения на вход внутреннего варианта метода подается таблица, процедуры глубинных знаний (ГЗ) работают со строками и столбцами таблицы.

На вход АОС внутреннего симплекс метода с аналитическим решением подается матрица и ее размеры.

Другие методы минимизации на плоскости

Разработать АОС для метода условного градиента. (Пример задачи нелинейной условной минимизации).

Третий вариант допустимого множества – конечное множество

Динамическое программирование (граф).

Примером конечного множества является граф. Одной из задач является задача коммивояжера. Другим вариантом является задача динамического программирования, которую мы рассмотрим.

Опять рассмотрим внутренний вариант задачи динамического программирования, который описывается БЗ и исполняется с помощью ЭС. Опять вопросы связаны с атрибутами и процедурами. В результате строится траектория кратчайшего пути между заданными вершинами графа.

На вход подается граф ПрОбл, состоящий из простых вершин и дуг.

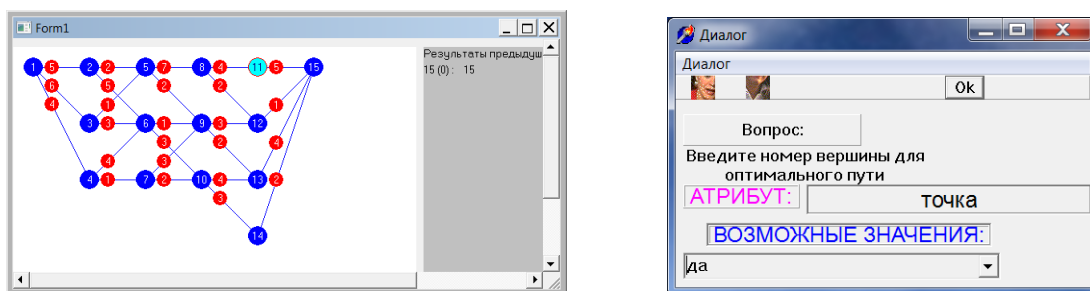


Рисунок 5. АОС динамического программирования.

Другие методы минимизации на множестве. Реализовать АОС метода коммивояжера.

Приведенные примеры фактически показывают использование разных ПрОбл, определяемых используемым допустимым множеством. Из приведенных примеров видно, что вид исходных данных определяется ГЗ. ПЗ в приведенных примерах записывались на одном и том же языке эксперта. Можно сделать вывод, что использование знаний и их разделение на глубинные и поверхностные (ГЗ и ПЗ), позволяет однотипно описывать различные ПрОбл.

Рассмотрение внешних вариантов анализируемых методов

Теперь рассмотрим внешние варианты анализируемых методов. Они все задаются базами знаний на языке эксперта (с правилами или без правил). И нам нужна АОС, ГЗ которой могут работать с БЗ, заданными на языке эксперта. Эта возможность подробно исследована в

[4]. Приведены примеры на основе анализа блоков ЭС, описанных с помощью БЗ. Там же показано, что ЭС могут быть реализованы без использования правил продукции, а на списке атрибутов. И проводится описание на языке эксперта блоков ЭС и их анализ.

Внешние варианты исследуемых методов могут быть исследованы по этой методике. В результате анализа можно будет получить ответы на вопросы, связанные с определением значений атрибутов, меняющихся в процессе работы метода.

Интересно отметить, что если при работе внутреннего варианта метода мы обратимся к системе объяснений ЭС, то мы получим объяснения для внешнего варианта метода.

Рассмотрим вариант БЗ на правилах продукции без ГЗ. Это особый случай, позволяющий строить, в частности, деревья решений. В качестве закрепления пройденного материала, предлагается построить БЗ классификации разработанных АОС.

Отчетность. Каждая разработанная АОС должна быть снабжена СОЗ, в которой должны храниться варианты использования ПК. В частности, должен храниться автоматизированный контрольный пример, который приводится в документации на каждый ПК. Так как автоматизированный контрольный пример написан на русском языке, то он может быть озвучен. Контрольный пример – пример отчета по работе АОС.

Отлаженные БЗ могут быть откомпилированы в обычный язык программирования, на котором написана АОС [1]. Тогда мы получим один исполняемый модуль вместо трех. Раньше АОС состояла из исполняемого модуля ЭС, файла ПЗ и библиотеки ГЗ.

Интересно отметить, что вначале мы разделяли знания на ПЗ и ГЗ. В конце мы их объединили в один исполняемый модуль.

1. Балтрашевич В. Э., Интеллектуальная АОС на базе списка атрибутов – Beau Bassin: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 132 с. ISBN 978-620-0-00382-9. (переведена на 8 европейских языков в 2021г.).
2. Балтрашевич В.Э. Использование систем, основанных на знаниях, для создания учебно-тренировочных средств для программных комплексов. Тенденции развития науки и образования, 2024. № 112,
3. Балтрашевич В.Э., Барабанов Н.Е. Методы оптимизации: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбЭТУ «ЛЭТИ», 2001. 80с.
4. Балтрашевич В.Э. Системный анализ многоуровневых экспертных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. – 188 с.

Балтрашевич В.Э.

Разработка АОС внешних вариантов методов оптимизации

*Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-208

Аннотация

Показано, что для создания автоматизированных обучающих систем (АОС) внешних вариантов методов оптимизации (МО) нужны графовые системы, основанные на знаниях (СОЗ). В качестве прототипа выбирается разработка АОС программного блока логического вывода экспертной системы (ЭС). Рассматриваются базы знаний (БЗ) для работы метода и БЗ для создания АОС внешнего варианта МО, которая пополняется интеллектуальными добавками, облегчающими процесс познания. Особое внимание уделяется разработке интерфейсного окна «Предметной области». Рассматриваются варианты использования аппаратных и программных систем объяснения.

Ключевые слова: автоматизированные обучающие системы, экспертные системы, поверхностные и глубинные знания, базы знаний.

Abstract

It is shown that graph knowledge-based systems (KBS) are needed to create automated learning systems (ALS) of external variants of optimization methods (OM). The development of an ALS of a

software block of logical inference of an expert system (ES) is selected as a prototype. Knowledge bases (KB) for the operation of the method and KB for creating an ALS of an external version of OM, which is supplemented with intelligent additives that facilitate the process of cognition, are considered. Particular attention is paid to the development of the "Subject Area" interface window. Options for using hardware and software explanation systems are considered.

Keywords: automated learning systems, expert systems, superficial and deep knowledge, knowledge bases.

Чтобы построить АОС, нужны знания экспертов. Они состоят из поверхностных (ПЗ) и глубинных знаний (ГЗ), задаются на языке эксперта, составляют базы знаний (БЗ) и хранятся в СОЗ.

Каждый МО состоит из двух неразрывных частей: внешний вариант и внутренний вариант МО. Внутренний вариант отвечает на вопрос – что делает МО, а внешний вариант отвечает на вопрос - как делает.

Так как для нас основным является работа с СОЗ, то реализацию какого-нибудь метода оптимизации на языке эксперта, будем называть программной реализацией. А реализацию метода на языке программирования, будем называть аппаратной реализацией. Этот подход был предложен в [3].

Сравнение внутренних и внешних вариантов МО. Каждый метод, когда работает, он что-то делает. Что и как делает? Что – это внутренний вариант метода. Как – внешний вариант метода. Метод дихотомии – что делает? Строит релаксационную последовательность. Как делает: делает два измерения, сокращает отрезок, делит отрезок пополам и находит две точки путем сдвига на половину погрешности, повторение до достижения точности. Симплекс метод – (что) перебирает крайние точки, (как) путем жорданова исключения и работы с матрицей.

АОС для внутреннего варианта МО. Как было показано в других работах [см. в этом номере журнала], чтобы сделать АОС для внутреннего метода достаточно списковой СОЗ с диалогом.

Для создания АОС внешнего варианта списковой СОЗ не достаточно, нужны графовые СОЗ. Внешний вариант метода описывается графом, т.е. базой знаний на языке эксперта.

В разработанных интеллектуальных АОС пользователь задавал значения атрибутов. Здесь же надо проверять последовательность действий, т.е. правильность организации некоторых процессов. Как сравнить процессы и указать при этом на ошибки и подсказать правильное решение. Возможно, здесь надо находить важнейший атрибут подпроцесса и проверять его значение. Желательно найти какой-то прототип с похожими проблемами и посмотреть, как эти проблемы там решались. Оказалось, что таким прототипом может быть АОС блока логического вывода (БЛВ) экспертной системы [2].

Прототип - АОС БЛВ ЭС. Описание блока логического вывода представляется графом и может быть описано на языке эксперта [2]. Его работа довольно сложна и требует создания АОС по их освоению. В прототипе, при работе с целями, проверялось наличие текущей цели в вершине стека целей. Можно проверить номер найденного правила и его значение. Можно проверить правильность записи промежуточного результата, т.е. наличие результата в стеке фактов, а текущей цели в стеке целей. Проверить активность правила. Т.е. возможно проверять не каждое поддействие, а результат группы поддействий, и указать пользователю, обратить внимание на изучение такого-то подпроцесса.

АОС строится на базе списка атрибутов без использования правил продукции. Входом является эталонная БЗ, описанная на языке эксперта, использующего правила продукций.

При создании АОС методов оптимизации таких сложных исходных данных не будет. Даже при создании АОС для динамического программирования, на вход подается граф, но граф

как воплощение конечного множества простых вершин, соединенных между собой. База знаний, фактически является графом, но с гораздо более сложной структурой. В [1] показано, что в основе базы знаний на правилах продукции лежит обычный список инцидентности, но в котором каждая вершина заменяется предикатом (парой атрибут – значение, как в правилах продукции.)

В [2] БЗ описывается на языке эксперта без правил продукции.

Для реализации БЛВ требуются две БЗ. Одна для организации работы БЛВ и вторая, для создания АОС БЛВ. По аналогии для МО получаем, что тоже нужны две БЗ. Одна для организации работы внешнего варианта МО (дихотомии) и вторая, для создания АОС внешнему варианту МО.

База знаний прототипа для создания АОС. Поверхностные знания (фрагмент – без параметров и без описания графа)

цель ввод_знаний

вопрос ввод_знаний<ВК> вы можете ввести знания

вопрос установка_цели<ВК>вы выбрали цель вывода

вопрос номер_правила <ВК>Задайте номер найденного правила (integer)?

вопрос номер_запрещенного_правила<ВК>Задайте номер запрещенного правила (integer)?

вопрос правило_истинно<ВК>правило истинно (да/нет)?

вопрос правило_ложно<ВК>правило ложно (да/нет)?

вопрос правило_неопределено<ВК>правило неопределено (да/нет)?

вопрос значение_подцели<ВК>Укажите значение подцели?

рекомендация номер_правила

Введите номер не запрещенного правила,

** в части ГО которого стоит целевой атрибут*

** т.е. успешно завершается поиск активного правила*

** с целевым атрибутом в части ГО*

рекомендация номер_запрещенного_правила

Введите номер ложного правила

рекомендация правило_истинно

Правило предметной области считается истинным, если все атрибуты,

** входящие в часть ЕСЛИ правила, имеются в стеке фактов*

** и их значения в правиле и в стеке фактов совпадают*

** Когда правило истинно, то значение целевого атрибута определяется*

** значением этого атрибута в части ГО правила. Текущая цель считается*

** достигнутой и происходит ее выталкивание из стека целей. Атрибут,*

** его значение и номер правила записываются в стек фактов.*

рекомендация правило_ложно

Если имеется атрибут, входящий в часть ЕСЛИ правила и в стек фактов,

** но значения атрибута в правиле и в стеке фактов различны,*

** то правило считается ложным.*

** Если правило ложно, то оно запрещается для дальнейшего использования*

** и процесс поиска продолжается*

рекомендация правило_неопределено

Если же значение правила не определено, то первый атрибут

** из части ЕСЛИ этого правила, который отсутствует в стеке фактов,*

** объявляется текущей целью вывода*

Примечание. Символ <ВК> означает возврат каретки и служит для сокращения записи конструкций языка эксперта.

Наличие вопросов, проверок, рекомендаций позволяет подробно пояснить работу вывода.

Для сравнения рассмотрим БЗ, обеспечивающую работу блока логического вывода.

База знаний прототипа для работы.

параметры возврат

1 возврат word по

1 если знания2 - введены <ВК>и знания1 - введены<ВК>и база_данных - очищена

и цель_подготовлена - да<ВК>и цель - задана<ВК>и вывод - да

и просмотр - выполнен<ВК>то запрос - да<ВК>и печать_значения_цели - нет

вопрос цель_подготовлена

Цель подготовлена?

2 если вывод - нет<ВК>то запрос - да<ВК>и печать_сообщения - нет

3 если флаг - да<ВК>и подцель_выбрана - да<ВК>и подцель - обработана

то вывод - неопределен<ВК>и возврат - флаг

4 если подцель_выбрана - нет<ВК>то вывод - да

5 если подцель - необработана<ВК>то вывод - нет

6 если правило_найдено - да<ВК>и правило - обработано<ВК>то подцель - обработана

7 если подсказка - найдена

и ответ - получен<ВК>то подцель - обработана

8 если процедура_найдена - да<ВК>и процедура - обработана

то подцель - обработана

9 то подцель - необработана

10 если значение_правила - истина<ВК>и факт - записан<ВК>то правило - обработано

11 если значение_правила - ложно<ВК>и запрет_правила - да

то правило - обработано

12 если значение_правила - неопределено<ВК>и подцель_записана - да

то правило - обработано

13 то флаг - да

вопрос просмотр

Просмотр выполнен?

Сравнение баз знаний прототипа для работы и для АОС. Сравнение показывает, что в БЗ для АОС вводятся дополнительные атрибуты, облегчающие процесс познания. Для этих атрибутов добавляются соответствующие вопросы, рекомендации и процедуры ГЗ.

Таковыми атрибутами являются: *номер_правила, номер_запрещенного_пра-вила, правило_истинно, правило_ложно, правило_неопределено.*

вопрос номер_правила <ВК>Задайте номер найденного правила (integer)?

вопрос номер_запрещенного_правила<ВК>Задайте номер запрещенного правила (integer)?

вопрос правило_истинно<ВК>правило истинно (да/нет)?

вопрос правило_ложно<ВК>правило ложно (да/нет)?

Блок логического вывода состоит из ПЗ, ГЗ и окна предметной области (интерфейсного окна между АОС и обучаемым).

Окно предметной области прототипа

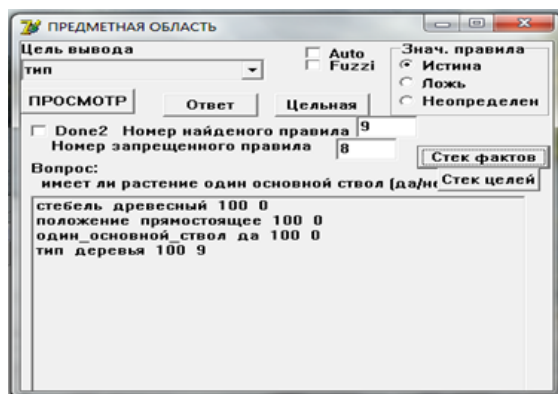


Рисунок 1.

Для реализации работы АОС на это окно вынесены номер найденного правила, номер запрещенного правила, значение правила. Для подготовки ответов на вопросы, обучаемому могут понадобиться просмотр стека целей и стека фактов, для этого они вынесены на окно.

После проведения анализа прототипа, по аналогии перейдем к созданию АОС для внешнего варианта метода оптимизации. Вначале запишем БЗ для организации работы, а затем проанализируем какие интеллектуальные добавки надо сделать для лучшего изучения.

Метод оптимизации

Чтобы полностью использовать систему объяснений ЭС, БЗ метода дихотомии запишем на языке эксперта, использующем продукции.

База знаний с использованием продукции метода оптимизации для работы

1 если начальная_установка – проведена <ВК> и минимум - найден
и печать_результата – да <ВК> то запрос - да

2 если дихотомия – проведена <ВК> и информация - выведена
и граница_a – да <ВК> и граница_b – да <ВК> то шаг - сделан

3 если флаг – да <ВК> и шаг – сделан <ВК> и обновленная_информация -
выведена
и конец – да <ВК> то минимум - найден

4 если конец – нет <ВК> то минимум - не_найден <ВК> и возврат - флаг

5 то флаг - да

вопрос граница_a <ВК> Задайте значение a (real)
подсказка граница_a <ВК> ::: if f(x1)>f(x2) then a:=x1

вопрос граница_b <ВК> Задайте значение b (real)
подсказка граница_b <ВК> ::: if f(x1)<f(x2) then b:=x2

вопрос конец <ВК> Точность достигнута? (да/нет)
подсказка конец <ВК> ::: if abs(a-b)<= 2*eps+eps/100 then da else net

вопрос просмотр <ВК> Вы просмотрели результаты? (да/нет)

Заметим, что для атрибута конец, признак записи ответа имеет значение yes и по нему происходит ветвление в процессе логического вывода. Для атрибутов граница_a и граница_b этот признак имеет значение no и они в стек фактов не попадают.

БЗ задана на языке эксперта, использующего правила продукции. Для нее реализация нужна соответствующая ЭС. В этом случае, возможно, использовать систему объяснений ЭС. Как уже отмечалось, система объяснений пояснит внешний вариант метода дихотомии.

Базу знаний для АОС надо создать по аналогии с прототипом. Для этого рассмотрим возможные интеллектуальные добавки и проверки.

Интеллектуальные добавки и проверки. Коррекция ПЗ и ГЗ

Для создания АОС внешнего варианта метода дихотомии надо ввести дополнительные атрибуты. Для них подготовить вопросы и рекомендации. Откорректировать ГЗ.

вопрос ввод_функции

вы можете ввести унимодальную функцию

вопрос ввод_отрезка

вы можете задать параметры отрезка

вопрос ввод_погрешности

вы можете задать погрешность

вопрос середина_отрезка

вы можете задать середину отрезка

Аналогичные интеллектуальные добавки могут использовать другие атрибуты:

задать левую границу отрезка a - относятся и к внутреннему варианту метода дихотомии.

задать правую границу отрезка b - относятся и к внутреннему варианту метода

найти середину отрезка

найти точку $x1$

найти точку $x2$

вычислите значение функции в точке $x1$

вычислите значение функции в точке $x2$

можно ли отбросить отрезок $(a-x1)$

можно ли отбросить отрезок $(x2-b)$

Пользователя можно спросить, является ли введенная функция унимодальной. Пояснить, что это такое и сказать, что рассматриваемый метод дихотомии предназначен для работы с унимодальными функциями.

Очевидно, что метод дихотомии очень прост, но и для него можно подобрать много интеллектуальных добавок.

Окно предметной области внешнего варианта метода дихотомии

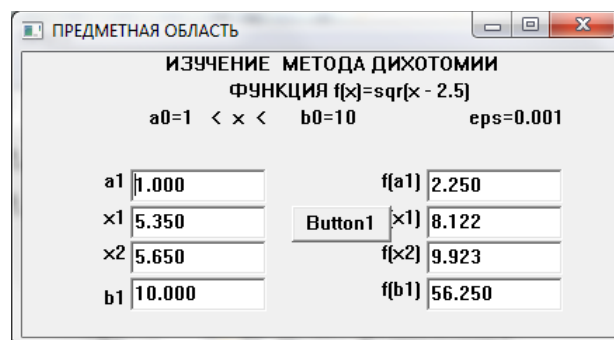


Рисунок 2.

Метод дихотомии гораздо проще блока логического вывода, поэтому его окно предметной области мало отличается от вида этого окна при работе внутреннего варианта метода дихотомии, при котором обучаемому были доступны только поля $a1$ и $b1$. При работе АОС внешнего варианта метода дихотомии доступными, кроме названных полей, будут поля $x1$ и $x2$.

ГЗ требуют создания окна «Предметной области». Системный анализ рекомендует широкое использование визуализации, позволяющей наиболее полно и наглядно продемонстрировать работу блока. В окно «Предметной области» добавляются визуальные средства, наиболее полно отражающие процессы, проходящие в анализируемом блоке.

Глубинные знания (ГЗ), состоящие из процедур, взаимодействующих через окно «Предметной области». Это окно широко использует средства **визуализации** и позволяет показать подробности функционирования исследуемого блока.

Кнопка Button1 фактически является кнопкой экспресс-проверки. Экспресс-проверка – это аппаратная реализация рассматриваемого метода, позволяющая проверить правильность и полноту процедур ГЗ и возможность реализации метода.

База знаний без продукций внешнего варианта метода дихотомии для работы. Приведем фрагмент этой БЗ, так как этот вид представления знаний наиболее удобен для компиляции на язык программирования.

Поверхностные знания (фрагмент) без использования правил продукции

```

цель начальная_установка
параметры граница_a <BK> 6 a3 real yes
параметры граница_b <BK> 7 a4 real yes
параметры конец <BK> 8 a5 word yes
вопрос граница_a <BK> Задайте значение a (real)
подсказка граница_a <BK> :: if f(x1)>f(x2) then a:=x1
вопрос граница_b <BK> Задайте значение b (real)
подсказка граница_b <BK> :: if f(x1)<f(x2) then b:=x2
вопрос конец <BK> Точность достигнута? (да/нет)
подсказка конец <BK> :: if abs(a-b)<= 2*eps+eps/100 then da else net
вопрос просмотр <BK> Вы просмотрели результаты? (да/нет)
next начальная_установка дихотомия null    описание графа
next дихотомия информация null
next информация граница_a null
next граница_a граница_b null
next граница_b обновленная_информация null
next обновленная_информация просмотр null
next просмотр конец null
next конец печать_результата дихотомия
next печать_результата null null

```

Заметим, что для атрибутов граница_a, граница_b и конец в конструкции параметры в поле записи ответа стоит yes. Это делается для того, чтобы значения этих атрибутов попадали в стек фактов и соответственно в след вывода, который является объяснением работы метода дихотомии.

Итоговой БЗ для АОС внешнего варианта метода дихотомии не будет, хотя уже все подготовлено. Не это является нашей целью, а целью является разработанная технология создания таких АОС для разных МО. С другой стороны, объем статьи ограничен.

Использование системы объяснений ЭС. В АОС, построенную на базе правил продукции, можно использовать аппаратную систему объяснений ЭС. И тут можно пояснить, почему внутри внутреннего варианта мы спрашиваем систему объяснений: как это она делает - она показывает внешний вариант. Когда работает внешний вариант МО, он фактически выполняет и внутренний вариант МО. При использовании аппаратной системы объяснений, мы фактически получаем объяснения в реальном времени.

В АОС, построенных без правил продукции, объяснением является след решения. Это можно рассматривать как объяснения в режиме после сеанса.

У нас есть программный вариант реализации внешнего варианта метода дихотомии. Интересно обратиться из него к аппаратной системе объяснений и к программной системе объяснений, приведенной в [3]. Для этого придется состыковать две программные БЗ. Это закрепит знания не только методов оптимизации, но и знания по разработке и использованию АОС и ЭС.

1. Балтрашевич В.Э. Реализация инструментальной экспертной системы. – СПб.: Политехника, 1993. - 237с.
2. Балтрашевич, В.Э. Разработка АОС программного блока вывода. Наука России: Цели и задачи. Изд. НИИ «Л-Журнал». Апрель 2021. С. 9 -16.
3. Балтрашевич В.Э. Системный анализ многоуровневых экспертных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. – 188 с.

Балтрашевич В.Э.
Разработка интеллектуальных АОС

*Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-209

Аннотация

Рассматриваются вопросы разработки автоматизированной обучающей системы (АОС) на основе систем, основанных на знаниях (СОЗ), в которые добавляется процесс диалога. Анализируются знания, представленные траекториями процессов и генераторами процессов. Рассматриваются признаки, позволяющие провести классификацию разработанных АОС и предусмотреть появление новых. Приводится порядок и средства создания АОС.

Ключевые слова: автоматизированные обучающие системы, системы, основанные на знаниях, глубинные и поверхностные знания, базы знаний, экспертные системы, траектории и генераторы процессов.

Abstract

The article considers the development of automated learning systems based on knowledge-based systems, to which the dialogue process is added. The knowledge represented by process trajectories and process generators is analyzed. The parameters that allow classifying the developed automated learning systems and providing for the emergence of new ones are considered. The procedure and means for creating automated learning systems are given.

Keywords: automated learning systems, knowledge-based systems, deep and superficial knowledge, knowledge bases, expert systems, process trajectories and generators.

Введение. При создании СОЗ использовалось деление знаний на две части. Глубинные знания (ГЗ) – базовые процедуры предметной области (ПрОбл). Поверхностные знания (ПЗ) – связывающие ГЗ в процесс решения задачи. АОС отличается от СОЗ использованием диалога, позволяющего проверять знания обучаемого. При разработке АОС делению на два подвергаются: **структуры данных** ПрОбл - внутренние (внутри памяти машины) и внешние (в интерфейсном окне ПрОбл) представление; **методы** – внутренний вариант метода и внешний вариант метода. Поясним раздвоение метода на примере метода дихотомии. Внутренний вариант – находит минимум функции с помощью построения релаксационной последовательности. Внешний вариант – состоит из обращений к базовым действиям и реализует метод дихотомии. Необходима равнозначность изучения внешнего и внутреннего вариантов метода решения задачи. АОС тоже разделяется на два вида – АОС разработки метода и АОС использования метода. Создание АОС и программного комплекса (ПК) тоже состоит из двух частей – разработки и использования.

ГЗ отражают особенности ПрОбл, а использование отделенных ПЗ на русском языке, позволяет однотипно исследовать задачи из разных ПрОбл.

Целью является создание АОС. Математика приучает к абстракции. Если абстрагироваться, то ПК есть калькулятор (набор процедур – глубинных знаний). Связывание их в процесс проводится с помощью ПЗ и сохраняется с помощью СОЗ. Эти знания, если выражены на естественном языке, являются средством обучения путем наблюдения без участия обучаемого (он только наблюдает). Но для обучения требуется диалог между АОС и обучаемым. Решению проблемы создания АОС и посвящена данная работа.

Виды задач для обучения и знания (методы) об их решении. Обучать можно на примерах (задачах), наиболее полно характеризующих ПрОбл. Эксперты должны разрабатывать или использовать из опыта эти задачи и методы их решения.

Эксперт создает управляющую последовательность (на русском языке) вызовов базовых процедур, которая реализует, например, метод дихотомии (внешний вариант метода). Внутренний вариант метода с помощью виртуального диалога строит релаксационную последовательность. Обучаемый смотрит на это описание и пытается ознакомиться с этим методом. Эксперт в управляющую последовательность вставляет диалог, с помощью которого проверяются знания пользователя о релаксационной последовательности. Диалог позволяет заглянуть внутрь внутреннего процесса. С другой стороны, инженер по знаниям, по управляющей последовательности строит граф генератора решения задачи дихотомии, который в последствии можно реализовать в виде базы знаний (БЗ), которая реализуется с помощью экспертной системы (ЭС). С помощью диалога с системой объяснения ЭС обучаемый может изучить работу внешнего варианта метода дихотомии.

Напомним, что БЗ записывается на языке эксперта, который базируется либо на правилах продукции, либо на списке атрибутов [1].

Если мы начинаем от базовых действий и кончаем графом генератора метода, то этот вариант называемый обучением снизу. Если начать с графа, то это будет вариант обучения сверху. В [4] показано, что можно сделать, начиная с графа генератора процессов слежения за временными рядами.

Контрольный пример – один из примеров использования ПК. Его автоматизация с помощью СОЗ позволяет облегчить процесс познания.

Описание предметной области (ГЗ). Предметная область состоит из процедур, структур данных и интерфейса (окна ПрОбл). Так как есть интерфейс, то структуры данных имеют два представления. Внешнее – видимое обучаемому и внутреннее – видимое программисту.

Работа процедур ГЗ определяется видом диалога с пользователем. Известны следующие виды диалога: виртуальный (без участия человека), простой (без ГЗ), без проверки, с проверкой, с подсказкой значения атрибута, с прерыванием. Простой диалог приостанавливает процесс. Виртуальный диалог зашит в контрольный пример.

Виды подсказок. Подсказка-правило – правило определения значения атрибута. Подсказка-значение – выдача значения атрибута.

Пользователь может изменять значение данных, используя их внешнее представление непосредственно или внутреннее представление – через диалог.

При реализации интерфейса целесообразно использовать когнитивную графику.

Есть обратная связь, т.к. модель ПрОбл находится в машине и, соответственно, мы работаем с реальным объектом, а не с макетом.

Средства создания АОС

Средства создания АОС: система автоматизации сохранения и использования знаний (АСИЗ), списковые СОЗ, графовые СОЗ, оболочки списковых СОЗ, ЭС для графовых СОЗ, транслятор списка атрибутов в язык программирования, описаны в [1 - 3]. Поверхностные знания в списковых СОЗ записываются на языке программирования совместно с интеллектуальными добавками (подсказками, переводами, рекомендациями). ПЗ в графовых СОЗ записываются на языке эксперта, который базируется либо на правилах продукции, либо на списке атрибутов [1].

АОС – это СОЗ с диалогом. СОЗ уже рассмотрены, нужно рассмотреть диалог. Диалог можно проводить на внешних и на внутренних данных. Лучше использовать графическое представление данных. В качестве примеров можно привести задание задачи линейного программирования в графическом виде, рисование графа генератора АЦП [4].

Диалог (вид окна, средства для создания диалога) описан в [1].

Признаки классификация АОС. Существует много АОС, чтобы их классифицировать, нужны параметры (признаки), по которым это можно сделать: виды исходных данных, виды знаний, виды обучений, режимы обучения.

Виды исходных данных. АОС применяются во многих ПрОбл. С помощью средств математики надо абстрагироваться и выявить основные черты в разных ПрОбл. Свести разнообразие исходных данных к различным абстрактным множествам.

Так, при разработке АОС, использовались следующие исходные данные. В зависимости от допустимого множества X различают следующие случаи: X конечно (графы), X конечномерно (подмножество евклидова пространства). Также исходными данными для АОС могут быть временной ряд, блоки ЭС и ПК (описанные на языке эксперта).

При динамическом программировании граф задает набор вершин и дуг, по которым надо пройти. Граф генератора процесса – это БЗ, записанная на языке продукции с ГЗ. Нужен специальный вид АОС с ГЗ, позволяющими работать с БЗ.

Различаем исходные данные и методы их обработки. Если на вход АОС подается последовательность, то это обучение снизу. Если граф, то – сверху. Знания в виде траектории, тоже последовательность. По ней строим генератор (граф) траекторий (Process Mining).

Виды знаний:

1. Траектории процессов использования ПК (например, контрольный пример). Траектории бывают простые и сложные. Один процесс или сложный процесс, включающий подпроцессы,
2. Траектория с циклом, почти граф, после работы (формализации) программиста. При использовании системы АСИЗ эксперт решает задачу, последовательно выбирая команды калькулятора. Для удовлетворения заданной точности, эксперт будет повторять некоторые команды. Программист (инженер по знаниям) увидит эти повторения и заменит их циклом.
3. Генератор процесса – база знаний (граф на правилах продукции или без них) по использованию ПК.

Виды обучения. Наблюдение, простой диалог, проверка, подсказка, прерывание. Генерация траектории процесса. С участием обучаемого и без участия (наблюдение) в процессе обучения, а также:

- демонстрация процесса, ознакомление без вмешательства обучаемого в процесс работы; процесс может быть простым и сложным. Пример дихотомии. Либо только процесс управления (перебора процедур, которые всё делают сами), либо добавляется процесс диалога (задаём значения точек – задает эксперт), либо добавляется процесс объяснений (диалог ведет эксперт); пользователь (обучаемый) только наблюдает, а не участвует.
- с участием обучаемого. Либо отвечает на вопросы, а система проверяет. Либо сам создает траекторию процесс управления и её проверяет. Либо в траекторию процесса управления вставляет диалог. Либо по траектории процесса пытается определить (синтезировать) структуру (граф) генератора процесса использования ПК (Process Mining).
- контроль знаний обучаемого. Система задает вопрос, обучаемый отвечает, система проверяет и считает число ошибок и число подсказок.
- помощь обучаемому. Система может подсказать правильный ответ (режим «Сдаюсь») и контроль может быть продолжен. Обучаемый потом устранил пробел в знаниях;
- прерывание процесса контроля знаний. Обучаемый знает, как отвечать, но для этого ему надо прервать процесс контроля, поработать с другими программными средствами и потом продолжить процесс контроля знаний. Для реализации этого режима нужны графовые СОЗ, на списковых СОЗ это не сделать.

Режимы обучения. Зависят от устройства. При **автоматическом режиме** СОЗ ничему не учит, только демонстрирует работоспособность ПК. При **пошаговом режиме** списковой СОЗ, можно подробно просмотреть каждый шаг. При пошаговом режиме ЭС останавливаемся при вопросе (диалоге). При автоматическом режиме ЭС возможно прервать процесс контроля.

Классификация АОС. Подразумеваем наличие глубинных знаний. Признаки классификации: вид исходных данных для обучения, вид знаний, вид обучения, режим обучения, вид (номер) метода.

Перечень элементов этих множеств определяет вид АОС.

Классификация АОС – очень важный момент. Благодаря использованию методов оптимизации и в результате рассмотрения разного представления допустимого множества удалось классифицировать целый класс обучающих систем методов оптимизации.

Проблема оценки обучаемого. Двоичная и многозначная оценка. Так как диалог происходит на реальном ПК, а не на макете, то ответ может быть либо правильным, либо нет. Но чтобы не заканчивать процесс контроля на первой ошибке, предлагаются разные подсказки и объяснения. Надо считать число используемых подсказок разного типа и число ошибок при определении конкретного атрибута. По этим данным преподаватель может выставить многозначную оценку.

Порядок создания АОС. Эксперт определяет базовые действия и поручает их разработку программисту. Программист реализует (разрабатывает) базовые процедуры. Эксперт, используя базовые действия и систему АСИЗ, создает метод на русском языке.

Далее, в созданный метод добавляется диалог с целью проверки ответов пользователя, т.е. создается простейшая АОС. Пользователь (обучаемый) на АОС решает контрольный пример (с возможными ошибками) и закрепляет свои знания. Затем пользователю дается другая функция и оценивается работа пользователя.

Создается АОС использования внутреннего варианта метода

Потом пользователь, с использованием базовых действий и системы АСИЗ, пытается построить траекторию метода и испытывает ее.

Затем пользователь строит генератор метода и испытывает его.

Далее пользователь строит графовую СОЗ (БЗ метода) с использованием правил продукции. С помощью ЭС он выполняет метод и отлаживает его, используя систему объяснений.

Создается АОС разработки внешнего варианта метода

Затем пользователь избавляется от правил продукции и реализует метод на базе списка атрибутов. В качестве объяснений используется след вывода.

Компилирует в язык программирования и получает (процедуру метода) АОС метода.

При рассмотрении порядка создания АОС следует обратить внимание на чередование этапов разработки и использования того или иного средства, **т.е. фактически получается спираль развития АОС.**

Разработали калькулятор. **Использовали** его, т.е. добавили СОЗ, получили (**разработали**) ПК. В используемый ПК добавили знания о каком-то методе, получили (**разработали**) УТС. В **используемое** УТС добавили диалог, получили (**разработали**) АОС. Если в качестве метода, **использовались** знания о дихотомии, то получим АОС дихотомии.

Компилируем АОС использования метода дихотомии.

Получили один файл с исполняемым модулем вместо трех. Файлы с ПЗ и с ГЗ включаются в исполняемый модуль. Начинали с разделения знаний на две части, а в итоге всё объединили.

Примеры АОС. Были разработаны: АОС дихотомии, АОС симплекс метода, АОС обработки телеметрической информации [1], АОС инструментальной экспертной системы и ее блоков [2],

Особо следует остановиться на АОС ботанической БЗ [1, 2]. Нет ГЗ. ПЗ – дерево. Нужен другой подход к разработке АОС. Обучаемый наблюдает, как работает эксперт. Пытается реализовать этот подход для создания новой БЗ классификации для любой ПрОбл.

Этот подход позволяет строить, в частности, деревья решений. В качестве закрепления пройденного материала, предлагается построить БЗ классификации разработанных АОС.

1. Балтрашевич В. Э., Интеллектуальная АОС на базе списка атрибутов – Beau Bassin: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 132 с. ISBN 978-620-0-00382-9. (переведена на 8 европейских языков в 2021г.).
2. Балтрашевич В.Э. Системный анализ многоуровневых экспертных систем. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. – 188 с.
3. Балтрашевич В.Э. Использование систем, основанных на знаниях, для создания учебно-тренировочных средств для программных комплексов. Тенденции развития науки и образования, 2024. № 112.
4. Балтрашевич В.Э. Поиск аномалии во временных рядах с помощью марковских цепей. Тенденции развития науки и образования.2023. № 104. – С. 33 -37.

Дудак А.А.

Обзор подходов к разработке масштабируемых систем управления проектами на основе современных фронтенд-технологий

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
(Россия, Томск)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-210

Аннотация

В данной статье анализируются методы и подходы к созданию масштабируемых систем управления проектами (англ. Project Management System – PMS) с использованием современных фронтенд-технологий (ФТ), таких как React и Vite. Проводится исследование ключевых архитектурных решений, позволяющих обеспечить гибкость и производительность при разработке сложных интерфейсов. Рассматриваются лучшие практики разработки, подходы к оптимизации и примеры успешной реализации ФТ на реальных примерах интеграции в компаниях.

Ключевые слова: системы управления проектами (PMS), фронтенд-технологии, React, Vite, архитектурные решения, разработка интерфейсов.

Abstract

This article analyzes methods and approaches to creating scalable Project Management Systems (PMS) using modern frontend technologies such as React and Vite. It examines key architectural solutions that ensure flexibility and performance when developing complex interfaces. It considers best development practices, optimization approaches, and examples of successful implementation of such systems using real-life integration examples in companies.

Keywords: project management systems (PMS), frontend technologies, React, Vite, architectural solutions, interface development.

Введение

Значительное внимание в области информационных технологий в различных компаниях уделяется разработке и совершенствованию систем управления проектами (англ. Project Management System – PMS). Такие системы играют ключевую роль в организации и координации процессов как в малых, так и в крупных организациях, обеспечивая управление задачами, распределение ресурсов, мониторинг прогресса и анализ эффективности. С развитием цифровизации и увеличением масштабов современных проектов возникает потребность в создании гибких и масштабируемых решений, способных эффективно справляться с возрастающими требованиями и сложностью данных [1].

Современные фронтенд-технологии (ФТ), такие как React, Angular и Vue.js, стали важным инструментом в разработке таких систем благодаря своей гибкости, производительности и возможности обеспечения высококачественного пользовательского интерфейса. Однако выбор подхода к разработке и интеграции фронтенд-решений в масштабируемые системы управления проектами требует комплексного анализа доступных технологий, архитектурных паттернов и практик. Целью данной статьи является обзор современных подходов к разработке масштабируемых PMS на основе современных ФТ.

Основная часть. Изучение методов и подходов к созданию масштабируемых систем управления проектами с использованием современных ФТ

Создание масштабируемых PMS требует тщательного анализа и выбора подходящих методов разработки, особенно на уровне фронтенд-архитектуры. В условиях быстрого роста объемов данных и количества пользователей важным становится обеспечение гибкости, производительности и простоты поддержки таких систем [2]. Эффективные ФТ, такие как React, Vue.js и Angular, могут играть ключевую роль в достижении этих целей. Согласно статистике [3], около половины разработчиков в 2023 году использовало React, что может обуславливать его популярность для работы с фронтенд-структурой (рис. 1).

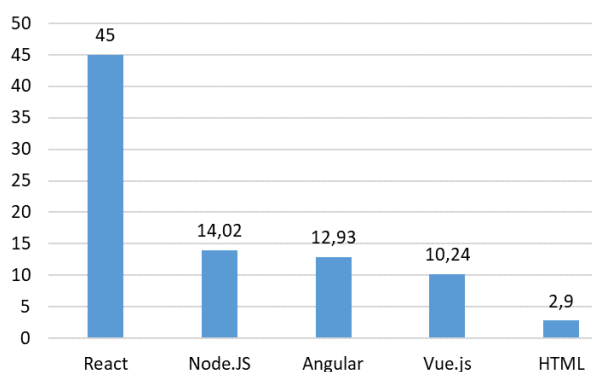


Рисунок 1. Популярные ФТ в стеке технологий JavaScript в мире в 2023 году, %.

При выборе фронтенд-технологий для разработки PMS важно учитывать такие факторы, как гибкость, производительность, масштабируемость и поддерживаемость. Различные фреймворки и библиотеки предлагают свои подходы и инструменты для решения задач, связанных с созданием сложных, динамических и масштабируемых интерфейсов. В таблице 1 представлен сравнительный анализ ключевых фронтенд-технологий, используемых при разработке PMS, с учетом их особенностей и преимуществ.

Таблица 1

Сравнение популярных фронтенд-технологий [4].

Инструмент	Поддержка компонентов	Производительность	Масштабируемость	Поддержка сообщества
React	Высокая. Уникальные компоненты.	Высокая, поддержка VDOM.	Средняя. Необходимость изучать JSX, хуки.	Очень высокая. Множество библиотек.
Vue.js	Высокая. Повторное применение компонентов, реактивность.	Высокая. Легковесный, быстрая сборка.	Низкая. Легкий порог вхождения.	Высокая. Активное сообщество, документация
Angular	Высокая. Модульная структура, встроенные сервисы.	Средняя. Более тяжелый фреймворк.	Высокая. Сложная структура, необходимость знания TypeScript.	Высокая. Поддержка от Google, множество инструментов
Vite	Зависит от фреймворка (React, Vue.js и т.д.)	Высокая. Очень быстрая сборка, горячая замена модулей.	Средняя (связано с используемым фреймворком)	Растущая. Поддержка в экосистемах React и Vue.js.

Внедрение масштабируемых PMS требует не только применения передовых технологий, но и соблюдения проверенных практик, обеспечивающих устойчивость и эффективность решений.

Разделение системы на независимые, легко переиспользуемые компоненты облегчает масштабирование и поддержку. Использование модульных архитектур, таких как компонентный подход в React, позволяет быстро адаптировать систему к новым требованиям и упрощает тестирование. **Непрерывная интеграция и доставка** (англ. Continuous Integration/Continuous Delivery – CI/CD) обеспечивают быструю и качественную поставку продукта. Автоматизация тестирования и развертывания через инструменты, такие как Jenkins или GitLab CI, снижает риск ошибок и ускоряет релизы. Реализация **ленивой загрузки и динамического импортирования модулей**, оптимизация бандлов через инструменты, такие как Webpack и Vite, и управление состоянием с помощью Redux или React Query, обеспечивают высокую производительность даже в условиях роста нагрузки.

Эффективное управление нагрузкой через горизонтальное масштабирование и балансировку трафика позволяет поддерживать стабильную работу системы. Это важно при увеличении количества пользователей и масштабировании приложения. **Применение**

инструментов аналитики и мониторинга, таких как Sentry, Prometheus и Google Analytics, обеспечивает отслеживание производительности и оперативное выявление проблем. Это помогает быстро реагировать на сбои и оптимизировать систему в режиме реального времени.

Внедрение таких практик может помочь в обеспечении успешной реализации масштабируемых PMS, улучшить их производительность и стабильность в условиях растущих бизнес-требований.

Анализ практики внедрения PMS

При разработке масштабируемых PMS выбор проектных решений играет ключевую роль. В современных ФТ существует ряд архитектурных эффективных решений, которые обеспечивают гибкость, надежность и простоту масштабирования систем.

Одностраничные приложения (SPA) с динамической загрузкой модулей, построенные с использованием таких технологий, как React, предлагают высокий уровень интерактивности и производительности. Для повышения масштабируемости и снижения нагрузки на клиенте применяются техники динамической загрузки модулей. Этот подход позволяет загружать только те компоненты, которые необходимы пользователю в данный момент. Это снижает время загрузки страницы и повышает общую отзывчивость приложения. Такие инструменты как React.lazy и Webpack в связке с кодом разделения (англ. code-splitting) предоставляют возможности для эффективной реализации этого подхода.

Основанная на компонентах (component-based) архитектура является основой современных ФТ. В таких фреймворках, как React и Vue.js, весь интерфейс разбивается на независимые, переиспользуемые компоненты. Этот подход не только упрощает разработку и поддержку приложений, но и улучшает масштабируемость системы. Использование компонентно-ориентированной архитектуры позволяет легко добавлять или изменять функциональные элементы системы без необходимости перерабатывать весь код.

Для достижения масштабируемости на уровне инфраструктуры **контейнеризация и оркестрация** играют важную роль. Использование Docker и Kubernetes позволяет изолировать и масштабировать микрофронтенды и другие компоненты приложения, обеспечивая устойчивость и гибкость системы. Это является важным этапом в проектах с высокой нагрузкой и сложной архитектурой, где нужно эффективно управлять развертыванием и масштабированием различных частей системы.

Микрофронтенд-архитектура становится все более востребованной при создании масштабируемых систем управления проектами. Она аналогична микросервисной архитектуре на бэкенде, что позволяет разделять приложение на автономные модули, которые можно разрабатывать, развертывать и масштабировать независимо друг от друга. Полная эффективность достигается в проектах, где разные части интерфейса разрабатываются отдельными командами. Благодаря этому значительно повышается управляемость системы, упрощается повторное использование кода и облегчается внесение изменений.

Одним из потенциально успешных решений при создании масштабируемых систем является **API-ориентированная архитектура**. В рамках этого подхода фронтенд взаимодействует с бэкендом через четко определенные API (REST или GraphQL), что упрощает интеграцию и позволяет разделить разработку клиентской и серверной частей [5]. Это также способствует гибкости и расширяемости системы, поскольку новые функции можно добавлять путем интеграции новых API без необходимости изменения существующих компонентов.

Для повышения производительности и улучшения поисковой оптимизации современных систем управления проектами часто применяют **серверный рендеринг (SSR) и статическую генерацию (SSG)**. Эти подходы позволяют рендерить страницы на сервере или заранее генерировать статический контент, что улучшает время загрузки и делает приложение более доступным для поисковых систем. Такие фреймворки, как Next.js и Nuxt.js, предлагают готовые решения для реализации SSR и SSG в React- и Vue-приложениях.

Практическое применение архитектурных решений на основе современных ФТ позволяет убедиться в их эффективности при создании масштабируемых систем управления проектами [6]. Например, **Microsoft Project (США)** и связанные с ним инструменты, такие как Microsoft Planner и другие службы Microsoft 365, используют React как часть фронтенд-технологического стека. Это демонстрирует пример успешной интеграции современных технологий в крупную корпоративную систему. Фронтенд Planner построен на React с

использованием TypeScript, что помогает команде поддерживать высокое качество кода и минимизировать ошибки на ранних этапах разработки. Применение SSR улучшает производительность и скорость загрузки страниц, что особенно важно для пользователей в корпоративной среде, где работа с большими объемами данных является нормой [7].

Популярная платформа для управления проектами и задачами **Asana (США)** также успешно применяет современные ФТ, включая React и GraphQL [8]. Компания активно использует микрофронтенд-архитектуру, что позволяет распределенным командам разрабатывать и развертывать независимые части приложения. Это дало возможность масштабировать систему с учетом растущей клиентской базы и сложных бизнес-логик. Asana также делает акцент на API-ориентированном подходе, что упрощает интеграцию с другими инструментами и позволяет пользователям легко настраивать рабочие процессы под конкретные проекты.

Выводы

Масштабируемые PMS играют важную роль в обеспечении эффективного контроля и координации сложных процессов. Современные ФТ предлагают широкий набор возможностей для создания гибких и производительных интерфейсов. Эффективная реализация PMS требует взвешенного подхода к выбору технологий и архитектурных решений, которые могут обеспечить баланс между производительностью, удобством для пользователя и возможностью дальнейшего роста проекта. Выбор современных инструментов и технологий, таких как React и Vite, способствует созданию решений, способных адаптироваться к растущим требованиям и сложным сценариям использования.

1. Dudaiti, G. Launching services in complex regions: Strategies and challenges for ride-hailing businesses in USA // Sciences of Europe. 2024. № 146. С. 19-22.
2. Маликова, З.Т., Кааров, Ы. Front-end и Back-end: различия и особенности разработки // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. № 5. С. 118-21.
3. Most popular technology skills in the JavaScript tech stack worldwide in 2023 / Statista // URL: <https://www.statista.com/statistics/1292313/popular-technologies-in-the-javascript-tech-stack/> (дата обращения: 03.08.2024).
4. Odeniran, Q. Comparative Analysis of Fullstack Development Technologies: Frontend, Backend and Database. Electronic Theses and Dissertations. 2023. 118 p.
5. Малыхин, Н. И. Оптимизация процесса валидации данных в документах с использованием Java Reflection и Apache Commons // Актуальные исследования. 2019. Т. 1. № 1. doi: 10.5281/zenodo.10579111.
6. Companies using Vite / meetcara // URL: <https://webtastic.ai/technologies/vite> (дата обращения: 12.08.2024).
7. Use the Microsoft Graph Toolkit with React / Microsoft // URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/graph/toolkit/get-started/use-toolkit-with-react?pivot=mgt-react> (дата обращения: 15.08.2024).
8. Architecting product tours in React: How we moved fast without leaving a trail of tech debt / Asana // URL: <https://asana.com/inside-asana/move-fast-without-technical-debt-product-tours-react> (дата обращения: 17.08.2024).

Постовой А.А.

Анализ материалов для строительных аддитивных технологий

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (ф) ДГТУ
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-211

Научный руководитель: Пашкова О.В.

Аннотация

В исследовании приведены результаты анализа текущего уровня развития строительных материалов для аддитивных технологий. Обеспечить соответствие возможности печати и требуемых характеристик сложная задача, решение которой выведет строительство на новый уровень. Результаты экспериментальных исследований, полученные учёными со всего мира, свидетельствуют об растущем интересе к аддитивным строительным технологиям.

Ключевые слова: строительство, аддитивные технологии, 3D-печать, материалы, бетонная смесь.

Abstract

The study presents the results of an analysis of the current level of development of building materials for additive technologies. Ensuring compliance with the printing capability and the required characteristics is a difficult task, the solution of which will take construction to a new level. The results of experimental studies obtained by scientists from all over the world indicate a growing interest in additive construction technologies.

Keywords: construction, additive technologies, 3D printing, materials, concrete mix.

С каждым годом количество патентов и научных публикаций активно растёт в строительной области, исследуется влияние модификаторов, вяжущих и заполнителей, появляются новые материалы, разрабатываются устройства и оборудование, облегчающие и ускоряющие процесс работы. В последнее время особое внимание уделяется аддитивным технологиям в строительной отрасли, которые возводят объекты послойным экструдированием. Технология работы 3D-принтера представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Структура процессов печати объекта 3D-принтером.

Одним из ключевых направлений развития данной области является разработка и адаптация материалов, отвечающих требованиям 3D-печати и нормативным документам. В ГОСТ Р 1.0.182-1.024.19-2020 [1] приводятся основные показатели качества, которым должны отвечать материалы (рисунок 2).



Рисунок 2. Основные показатели качества материалов.

Обеспечить соответствие возможности печати и характеристик, приведённых на рисунке 2 достаточно сложная задача, так как при разработке состава возникает множество противоречий: жесткость и подвижность, экструдированность и прочность после твердения, свободная прокачка к соплу и высокая скорость схватывания. В связи с этим, целью данной работы является анализ пригодных для 3D-печати компонентов и составов. Результаты послужат отправной точкой для понимания текущего состояния материалов используемых в работе 3D-принтеров.

Анализ выполнялся по научным статьям и отчётам о выполнении НИР [2-4]. Ввиду ограничения объёма работы, в перечне использованных информационных ресурсов приведена часть источников.

Мелкозернистый бетон – наиболее распространённый материал в 3D-печати, для которого проведён ряд исследований:

- в бетонной смеси могут применяться гидравлические, воздушные и смешанные вяжущие, а также геополимерные композиции;
- глинистый грунт увеличивает жёсткость и работоспособность свежей печатной композиции, но снижает прочность на сжатие;
- введение в цементную систему нанодисперсного порошка повышает прочность на поздних сроках твердения;
- Вебер Бимикс разработал смесь, с кремнистым наполнителем, в котором размер частиц не превышал 1 мм, а также оптимизировал их распределение по размерам;
- стеклянные микросферы с пустотой внутри уменьшают плотность, что сказывается на теплопроводности и прочности;
- учёные университета Лафборо разработали пригодную для печати бетонную смесь [3];
- для получения конструкций другой окраски могут использоваться пигменты, но следует оценить их финансовую экономичность по сравнению с другими способами;
- в качестве наполнителя допускается использовать агломерированный щебень.

Учёные Техасского университета разработали использования в составах обломков глины и камней верхних слоёв почвы. Материалы предварительно измельчаются в порошок требуемой фракции и затем смешиваются с силикатом.

Компания Henkel напечатала конструкцию, предназначенную для укрытия от ЧС из биоразлагаемого пластика на основе льна.

В университете Воронежа разработана двухфазная смесь с известняковой мукой (содержание CaCO_3 не менее 95%).

Британскими учёными разработан состав для высокопроизводительной печати [3].

Китайская компания Winsun применяет стойкий к истиранию состав Crazy Magic Stone, прочность которого в 4-5 раз выше по сравнению с природным камнем [3].

Использование доменного шлака эффективно при отрицательных температурах, что установлено экспериментальным путём [2].

Конструкции могут армироваться вертикальной арматурой (композитная, стальная) и горизонтальной сеткой (металлическая, пластиковая), в этом случае увеличивается количество процессов, которые должны выполняться вручную. Материалы армируются дисперсно с применением различных видов фибры (полипропиленовая, базальтовая и другие), но их длина, толщина и объём в составе должен соответствовать экструдированности и свободной прокачке через сопло 3D-принтера.

Александр Маслов руководитель организации «АМТ-СПЕЦАВИА» занимающийся производством 3D-принтеров в РФ, выделил следующие практические рекомендации по смесям для строительной 3D-печати:

1. В печати возможно применять глину и гипс.

2. Глина может быть любая: шамотная, кладочная и т.д., так как вся хорошо укладывается, но она долго сохнет, в связи с этим напечатать слишком высокое изделие без каких-либо специальных добавок не получится.
3. Гипс пластичный и удобоукладываемый материал, обладающий следующими особенностями:
 - быстрая гидратация (схватывание), которую можно обойти путём введения лимонной кислоты и увеличить продолжительность схватывания до 40 и более мин, но в этом случае наблюдается потеря прочности;
 - высокая вязкость, решается путём введения в гипс пеностекла (диатомитовые капсулы), которое придаёт подвижность смеси и улучшает её удобоукладываемость.

В целом гипсом печатать просто и удобно, но он не пригоден для внешних строительных конструкций (которые эксплуатируются вне помещения).

4. Для декоративной отделки применяются красители, вводимые в состав (для тротуарной плитки и минеральные добавки).

Разнонаправленная разработка индивидуальных составов печатаемых смесей обусловлена зависимостью требований от нормативных документов, а также конструкций и параметров 3D-принтера. Так как каждый материал должен обеспечивать экструдированность, адгезию, подвижность, скорость твердения и оптимальные прочностные и энергоэффективные характеристики.

Результаты экспериментальных исследований, полученные учёными со всего мира, свидетельствуют об растущем интересе к аддитивным строительным технологиям, которые открывают новые горизонты в области возведения объектов.

1. ГОСТ Р 1.0.182-1.024.19-2020. Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2020. 21 с.
2. Титов, Г. А. Материалы для аддитивных технологий в строительстве / Г. А. Титов // Инженерные исследования, 2022. – № 3(8). – С. 38-49. – EDN HJDIE.
3. Ватин, Н.И. 3D-печать в строительстве / Н.И. Ватин, Л.И. Чумадова, И.С. Гончаров [и др.] // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017. – № 1(52). – С. 27-46.
4. Бондарев, Б.А. Подбор составов смесей для 3D печати / Б.А. Бондарев, В.А. Баязов, О.О. Корнеев [и др.] // Вестник евразийской науки, 2021. – Т. 13, № 3.

Селиверстов М.В., Миненко А.В.

**Развитие комплексной мелиорации в Алтайском крае:
состояние, сравнение с другими регионами и зарубежными странами**

*ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет
(Россия, Барнаул)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-212

Аннотация

В статье проводится исследование сложившихся параметров и проблем развития мелиоративного комплекса в сельском хозяйстве Алтайского края. Показаны основные элементы актуальности исследования развития мелиорации, включая изменение климата, повышение урожайности, улучшение качества продукции, защиту окружающей среды и экономический рост. Отражена структура орошаемых земель, используемых сельскохозяйственными организациями Алтайского края. Рассмотрены тенденции развития мелиорации в Алтайском крае в сравнении с другими регионами России и зарубежными

странами. Сделан вывод о том, что тенденции развития мелиорации в Алтайском крае имеют общие черты с другими регионами России и зарубежными странами, но при этом они также обладают уникальными особенностями, обусловленными спецификой региона.

Ключевые слова: государственная программа, Алтайский край, сельское хозяйство, мелиорация, орошение, природные ресурсы, структура орошаемых земель, мелиорация в зарубежных странах.

Abstract

The article examines the existing parameters and problems of the development of the reclamation complex in agriculture of the Altai Territory. The main elements of the relevance of research on the development of land reclamation are shown, including climate change, increasing yields, improving product quality, environmental protection and economic growth. The structure of irrigated lands used by agricultural organizations of the Altai Territory is reflected. The trends in the development of land reclamation in the Altai Territory in comparison with other regions of Russia and foreign countries are considered. It is concluded that the trends in the development of land reclamation in the Altai Territory have common features with other regions of Russia and foreign countries, but they also have unique features due to the specifics of the region.

Keywords: state program, Altai Territory, agriculture, land reclamation, irrigation, natural resources, structure of irrigated lands, land reclamation in foreign countries.

Многие зарубежные страны, особенно те, которые сталкиваются с аналогичными проблемами изменения климата и природных аномалий, активно развивают мелиоративные технологии и подходы. Однако, специфика Алтайского края, связанная с его климатическими условиями, географическим положением и историческими особенностями развития сельского хозяйства, делает его уникальным примером для изучения и адаптации международного опыта [2; 5].

Мелиорация в сельском хозяйстве – это комплекс мероприятий, направленный на улучшение условий выращивания сельскохозяйственных культур. Она включает в себя различные методы, такие как орошение, осушение, борьба с эрозией почвы, улучшение структуры почвы и другие. Основная цель мелиорации – повысить урожайность и качество продукции, а также защитить окружающую среду от негативных последствий сельскохозяйственной деятельности.

Развитие мелиоративного комплекса в Алтайском крае в прошлом веке было обусловлено рядом факторов, включая необходимость повышения урожайности, улучшения качества продукции и защиты окружающей среды. Однако, в середине прошлого века развитие мелиорации замедлилось из-за ряда причин, таких как изменение приоритетов в экономической политике, недостаточное финансирование и технологические ограничения. В результате, мелиорация в Алтайском крае стала менее активной, особенно в сравнении с другими регионами страны [3; 4].

В рамках государственной программы Алтайского края «Развитие сельского хозяйства Алтайского края» за последние годы осуществлялась реализация подпрограммы «Развитие мелиоративного комплекса Алтайского края».

В 2023 году в крае реализовано 4 проекта по известкованию кислых почв на пашне площадью 4649 га (табл. 1), сумма средств направленной государственной поддержки составила 9,4 млн. рублей [2; 6].

Оказана поддержка 6 сельхозтоваропроизводителям на возмещение части затрат на проведение культуртехнических мероприятий на общую сумму 11,8 млн. рублей. Культуртехнические мероприятия проведены на площади 1773,5 га.

Таблица 1

Выполнение целевых показателей подпрограммы «Развитие мелиоративного комплекса Алтайского края» в 2023 году [2].

Показатели	Ед. изм.	План	Факт	Выполнение (% п.п.)
Площадь мелиорируемых земель, введенных в эксплуатацию за счет реконструкции, технического перевооружения и строительства новых мелиоративных систем общего и индивидуального пользования	га	300,0	399,8	133,3
Вовлечение в оборот выбывших сельскохозяйственных угодий за счет проведения культуртехнических мероприятий	га	2497,9	1773,5	71,0
Площадь пашни, на которой реализованы мероприятия в области известкования кислых почв	тыс. га	4,6492	4,6492	100,0
Площадь вовлеченных в оборот земель сельскохозяйственного назначения (нарастающим итогом)	тыс. га	1,224	1,824	149,0
Площадь сельскохозяйственных угодий, сохраненных в сельскохозяйственном обороте, и химическая мелиорация почв на пашне (нарастающим итогом)	тыс. га	8,67	9,39	108,3

В течение весенне-летнего периода 2023 года (апрель-август), во всех районах края зарегистрированы особо опасные метеорологические явления: суховеи, атмосферная и почвенная засуха. Их проявление привело к изменению сроков проведения всех полевых работ и направлению всех ресурсов хозяйств на заготовку кормов в ущерб проведению культуртехнических мероприятий. Постановлением Правительства Алтайского края от 21.08.2023 № 319 в регионе был введен режим чрезвычайной ситуации. В осенний период в связи со сложными погодными условиями (проливные дожди, переувлажнение почвы) не все инициаторы проектов смогли их реализовать в полном объеме. ИП глава КФХ Пащенко Н.В., не имея возможности завершить реализацию двух проектов на площади 224 га и 115,5 га, отказался от получения субсидии. ООО «Имени Мичурина» выполнило работы на 267,5 га из 374,6 га запланированных. ООО «ЭкоНиваАлтай» реализовало мероприятия на площади 454,7 га из проектных 732,5 га.

Реализация подпрограммы «Развитие мелиоративного комплекса Алтайского края» сдерживается необходимостью вложения большого объема инвестиций для осуществления ее мероприятий. Высокая стоимость строительства (реконструкции) оросительных систем, необходимость подготовки проектно-сметной документации и экспертизы проекта влекут большие затраты, которые непосильны большинству сельхозтоваропроизводителей края. Это предопределяет необходимость сохранения государственной поддержки развития мелиорации.

По данным ведомственной отчетности в 2023 году в крае произведено 15,1 тыс. гектарополивов (в 2022 году – 9,1 тыс. га), площадь орошения составила 8,9 тыс. га (в 2022 году – 7,6 тыс. га). Наиболее активно орошением занимались сельхозтоваропроизводители Немецкого национального, Рубцовского и Первомайского районов (рис. 1) [2].

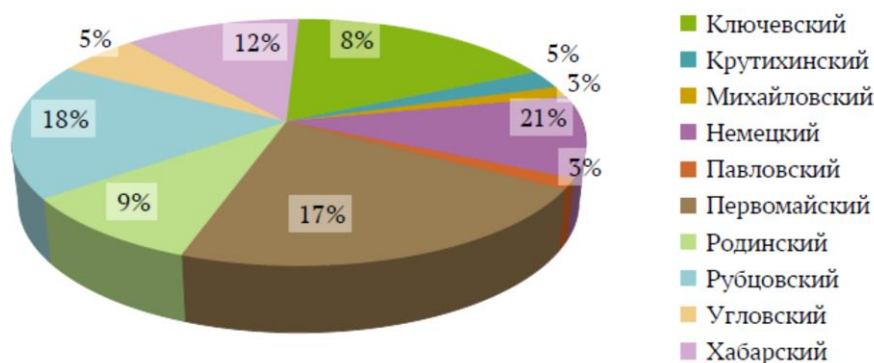


Рисунок 1. Структура орошаемых земель, используемых сельскохозяйственными организациями Алтайского края, в 2023 году (данные ведомственной отчетности) [2].

Тенденции развития мелиорации в Алтайском крае имеют как общие черты с другими регионами России, так и уникальные особенности. В целом, проблемы, связанные с недостаточным финансированием, технологическими ограничениями, изменением приоритетов в экономической политике, деградацией почв, экологическими рисками и необходимостью адаптации к изменению климата, характерны для многих регионов страны. Однако, Алтайский край выделяется своей спецификой, связанной с природными условиями и географическим положением [8].

Например, Алтайский край расположен в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, что делает мелиорацию особенно важной для обеспечения стабильного производства сельскохозяйственной продукции. В то же время, многие регионы России, расположенные в более благоприятных климатических условиях, могут не испытывать такой острой необходимости в развитии мелиоративного комплекса.

Кроме того, Алтайский край имеет значительный потенциал для развития животноводства, что также требует улучшения кормовой базы за счёт мелиорации. В других регионах страны, где акцент может быть сделан на других отраслях сельского хозяйства, потребности в мелиорации могут отличаться [7].

С точки зрения международного опыта, многие зарубежные страны, особенно те, которые сталкиваются с аналогичными проблемами изменения климата и природных аномалий, активно развивают мелиоративные технологии и подходы. Однако, специфика Алтайского края, связанная с его климатическими условиями, географическим положением и историческими особенностями развития сельского хозяйства, делает его уникальным примером для изучения и адаптации международного опыта [1; 5].

Таким образом, хотя тенденции развития мелиорации в Алтайском крае имеют общие черты с другими регионами России и зарубежными странами, они также обладают уникальными особенностями, обусловленными спецификой региона.

1. Ахметханова, А.А. Оценка целесообразности мелиорации земель / А. А. Ахметханова // Инновационный путь развития как ответ на вызовы нового времени : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 05 мая 2023 года. – УФА: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2023. – С. 70-71. – EDN RJUQWS.
2. Доклад о ходе и результатах реализации в 2023 году государственных программ в сфере развития сельского хозяйства и сельских территорий Алтайского края / Министерство сельского хозяйства Алтайского края [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: <https://www.altagro22.ru/activity/analytics/doklad-o-khode-i-rezultatakh-realizatsii-v-2023-godu-gosudarstvennykh-programm-v-sfere-razvitiya-sel-111/> (Дата обращения 25.08.2024).
3. Жарая, С.С. Современное состояние мелиорации в Российской Федерации / С. С. Жарая, Ю. Р. Хисматуллина // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах : Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 14 ноября 2023 года. – Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 365-369. – EDN TLSJWX.
4. Кирейчева, Л. В. Современное состояние и научное обоснование развития комплексных мелиораций в России / Л. В. Кирейчева // Научные подходы к современному развитию мелиорации земель : Сборник научных трудов / Рассмотрено и одобрено на Ученом Совете ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2023. – С. 23-39. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2023.27.53.002. – EDN QIYMMM.
5. Ляшков, М. А. Зарубежный опыт применения хозяйственно-бытовых сточных вод для целей орошения / М. А. Ляшков, Ю. Ю. Арискина // Экология и водное хозяйство. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 15-31. – DOI 10.31774/2658-7890-2022-4-2-15-31. – EDN ZZVSYA.
6. Министерство сельского хозяйства Алтайского края. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.agrodev.ru/>, свободный - (дата обращения 23.08.2024).
7. Научные подходы к современному развитию мелиорации земель : Сборник научных трудов / Рассмотрено и одобрено на Ученом Совете ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2023. – 427 с. – ISBN 978-5-907464-42-1. – EDN GGRTCO.
8. Ольгаренко, Г. В. Методические подходы к обоснованию эколого-экономической эффективности инвестиций в комплексное обустройство земель / Г. В. Ольгаренко, В. Н. Краснощеков, Д. Г. Ольгаренко // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – № 3(64). – С. 214-222. – DOI 10.25683/VOLBI.2023.64.762. – EDN UBNNOL.

Rychkova A.D.**Mechanical properties examination of metamaterial structures produced with a 4D printer***Amur State University
(Russia, Blagoveshchensk)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-213

Abstract

Every year, the demand for innovative materials increases in the aerospace, automotive and biomedical industries. The development of metamaterials for 4D printing is becoming especially relevant, as they can significantly simplify the process of designing, manufacturing and operating various structures. The paper considers the main stages of creating models from metamaterials using low-melting metals and 4D printing, which have high impact strength during destruction and are capable of self-healing damage.

Keywords: 4D printing, SolidWorks, low-melting metals, metamaterials, shape memory.

Аннотация

С каждым годом спрос на инновационные материалы возрастает в аэрокосмической, автомобильной и биомедицинской отраслях. Разработка метаматериалов для 4D-печати становится особенно актуальной, так как они могут значительно упростить процесс проектирования, производства и эксплуатации различных конструкций. В статье рассматриваются основные этапы создания моделей из метаматериалов с использованием легкоплавких металлов и 4D-печати, обладающих высокой ударной вязкостью при разрушении и способных к самовосстановлению повреждений.

Ключевые слова: 4D-печать, SolidWorks, легкоплавкие металлы, метаматериалы, эффект памяти формы.

The production of novel materials and structures with unique properties has become possible due to the rapid growth of additive manufacturing. The development of 4D printing, which revolutionizes materials science and engineering and saves time over 3D printing, is one of the major achievements. With the help of this technology, dynamic structures that can self-assemble and repair are created by intelligent materials that can alter their shape or other characteristics in response to outside stimuli. The unusual mechanical, thermal, and electromagnetic characteristics of metamaterials – which can be precisely adjusted at the nanoscale – have drawn attention. Metamaterials are materials developed to have qualities not found in natural materials.

The use of low-melting metals and photocurable resins in the creation of metamaterials for 4D printing offers several benefits. Low-melting metals enable the development of lightweight, long-lasting structures capable of self-healing and energy absorption. Photocurable resins provide high-resolution printing, offering users to create complex designs that take use of the metamaterial's properties. The mixture of these materials results in mechanical strength, energy absorption, and the ability to eliminate damage in a single construction.

The ability to absorb energy from mechanical shocks and vibrations is crucial in industrial design. Mechanical metamaterials are commonly used across various sectors due to their lightweight, excellent energy absorption, and impact resistance, resulting from their optimized structural design [1,2]. These materials exhibit unique characteristics, such as negative Poisson's ratio [3], bistability [4], deformability [5], negative compression coefficients [1], negative stiffness [6], and adjustable negative thermal expansion, achieved through careful microscopic design. Periodic microprepared lattices, made of structural parts and nodes, are particularly noted for their stress and energy absorption capabilities. Most energy-absorbing metamaterials feature diverse geometric designs that enhance their absorption capacity, while effective design principles also consider material selection and geometric organization, including bionic principles [7].

While creating efficient metamaterials for 4D printing, material selection is crucial. Low-melting metals and photocurable resins were chosen for their special qualities that meet design

objectives. Photocurable resins are distinguished by their rapid curing time and high accuracy, enabling the prompt creation of complex structures. Based on their adaptability, they might be used as options for intelligent functions that allow adaptive functions to be used and modify according to external factors. Low-melting metals, on the other hand, offer superior qualities including lightness, which is essential for situations where weight reduction is necessary. Their exceptional absorption capacity and self-healing properties offer structures to recuperate from mechanical damage, rendering them perfect for uses necessitating optimal cushioning.

The design phase aims to improve the mechanical characteristics of the metamaterials while guaranteeing effective material consumption by developing lattice structures by imitating natural systems, such as the hierarchical structures seen in plants and bones.

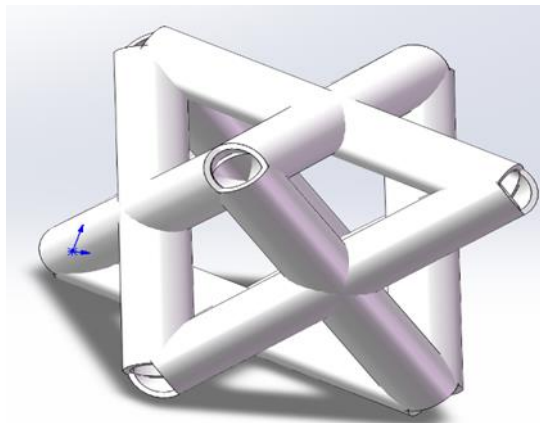


Figure 1. A structure model designed in SolidWorks.

As part of a student project carried out on the basis of Harbin Polytechnic Institute during the summer aerospace school, models from metamaterials were created and tested. Each model included a single, hollow rod that measured 30 mm in length, with an outside diameter of 4 mm and an inner diameter of 2.4 mm. Finite element analysis (FEA) tools were used to enhance structural design before manufacturing, allowing for performance improvements through iterative analysis. The metamaterials were produced using advanced 4D printing technologies like stereolithography and inkjet printing, facilitating precise control. Each material had specific parameters, such as layer thickness, curing time, and heating temperature for low-melting metals, ensuring proper melting during printing. Layered integration of low-melting metals with photocurable epoxy was crucial for achieving desired mechanical properties. This multilayer approach improved the strength and flexibility of structures while enabling the creation of responsive metamaterials that adapt to their environment.

Comprehensive testing that assessed mechanical, thermal, and self-healing characteristics as well as other aspects led to positive results for metamaterials manufactured using a 4D printer. The fracture toughness and compressive strength of the material are approximately $2.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ and 150 MPa, respectively, according to mechanical testing. These values are much greater than those of standard materials, which usually have values of about $1.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ and 80 MPa, respectively. In addition, metamaterials have been shown to be able to absorb energy up to 30 kJ/m^2 , indicating a higher collision efficiency. Low-melting metals showed a smooth thermal transition when examined for thermal response; the phase change happened between 55°C and 65°C . According to the shape memory effect (SME), materials may deform at temperatures higher than 60°C and effectively regain their previous shape, recovering at a rate of around 95% in just five minutes after being exposed to a heat source. The results of the self-healing experiments demonstrated that the materials could successfully fix damage in two hours at high temperatures of about 50°C . Measuring the recovery efficiency by the mechanical strength that was returned, the findings showed that the self-healing feature was viable in practical applications, reaching around 80% of the original performance.

The results of this research highlighted the significant potential of 4D-printed metamaterials by demonstrating their enhanced mechanical qualities, flexible thermal behavior, and capacity for self-

healing. The study's main findings show that these novel materials may surpass traditional materials in terms of performance, making them appropriate for a variety of uses across many sectors. It is impossible to overstate its importance of conducting research in this innovative area. The next wave of technical advancement will probably come from an intimate knowledge of metamaterials created using a 4D printer.

1. Nicolaou, Zachary, Motter, Adilson. (2012). Mechanical Metamaterials with Negative Compressibility Transitions. *Nature materials*. 11. 608-13. 10.1038/nmat3331.
2. Klatt, Timothy, Haberman, Michael. (2013). A nonlinear negative stiffness metamaterial unit cell and small-on-large multiscale material model. *Journal of Applied Physics*. 114. 10.1063/1.4813233.
3. Xu Yading, Schlangen Erik, Luković Mladena, Šavija Branko. (2020). Tunable mechanical behavior of auxetic cementitious cellular composites (CCCs): Experiments and simulations. *Construction and Building Materials*. 10.1016/j.conbuildmat.2020.121388.
4. Yasuda Hiromi, Yang Jinkyu. (2015). Reentrant Origami-Based Metamaterials with Negative Poisson's Ratio and Bistability. *Phys. Rev. Lett.*. 114. 185502. 10.1103/PhysRevLett.114.185502.
5. Mirzaali Mohammad J., Janbaz Shahram, Strano Matteo, Vergani L., Zadpoor Amir. (2018). Shape-matching soft mechanical metamaterials. *Scientific Reports*. 8. 10.1038/s41598-018-19381-3.
6. Dudek Krzysztof, Gatt R., Dudek Mirosław, Grima Joseph. (2018). Negative and positive stiffness in auxetic magneto-mechanical metamaterials. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science*. 474. 20180003. 10.1098/rspa.2018.0003.
7. Koronevsky, N. V. Metamaterials for bone tissue regeneration / N. V. Koronevsky, B. V. Sergeeva // Presenting Academic Achievements to the World. *Natural Science: Материалы XI научной конференции молодых ученых, Саратов, 03 июня 2020 года*. Vol. Вып. 10. – Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2021. – P. 72-79. – EDN CWRITX.

РАЗДЕЛ XXII. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Биджиева С.Х., Байрамукова М.И., Гериева К.М.
Большие языковые модели: виды, возможности и функций

Северо-Кавказская государственная академия
(Россия, Черкесск)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-214

Аннотация

В статье приводится описание основных видов больших языковых моделей, анализируются возможности современных языковых моделей, описываются такие характеристики LLM как понимание контекста, многозадачность, адаптивность, постоянное обучение, также рассматриваются различные методы и алгоритмы обучения генеративных языковых моделей.

Ключевые слова: большие языковые модели, машинное обучение, нейронные сети, искусственный интеллект, рекуррентные нейронные сети, глубокое обучение, генеративные языковые модели.

Abstract

The article describes the main types of large language models, analyzes the capabilities of modern language models, describes such characteristics of LLM as context understanding, multitasking, adaptability, continuous learning, and also discusses various methods and algorithms for training generative language models.

Keywords: large language models, machine learning, neural networks, artificial intelligence, recurrent neural networks, deep learning, generative language models.

Большие языковые модели (LLM) – это мощные инструменты, которые основаны на искусственном интеллекте и машинном обучении и способны понимать, генерировать тексты на естественном языке.

Можно выделить три основных вида LLM.

Первый вид – это наиболее распространенный тип LLM - генеративные языковые модели (GPT), которые используются для создания текстов на основе представленных данных (GPT-3, Яндекс, GigaChat, MT-NLG). На сегодняшний день самой большой и мощной языковой моделью является Megatron-Turing Natural Language Generation (MT-NLG) с 530 миллиардами параметрами - совместный продукт компании Microsoft и NVIDIA.

Второй вид больших языковых моделей – трансформеры используются для обработки естественного языка и перевода текстов между разными языками (Google Translate, Яндекс Переводчик и др.)

Третий вид – рекуррентные нейронные сети (RNN) применяются для обработки последовательностей данных, таких как текст и аудио. Они могут использоваться для распознавания речи или тональности текста.

Итак, большие языковые модели способны генерировать тексты, на основе заданных условий и темы, создавать скрипты на разных языках программирования, переводить их с одного языка на другой, отвечать на вопросы, т.е. предоставлять пользователю информацию из различных источников. Наряду с этим, LLM могут помочь в решении математических, логических и других задач, могут автоматизировать процесс создания различного рода контента для социальных сетей, создания статей, описания товаров, написания постов и отзывов и т.д.

LLM способствуют автоматизации рутинных задач, таких как обработка заявок клиентов или создания отчетов; могут быть использованы для улучшения качества

обслуживания клиентов (например, создание чат-ботов, которые отвечают на вопросы клиентов, предоставляя им необходимую информацию). LLM можно использовать для анализа больших данных и нахождения в них скрытых закономерностей, что является основой для принятия обоснованных решений.

Большие языковые модели могут распознавать речь и преобразовывать её в текст, что служит основой для создания голосовых помощников и систем управления голосом. Сейчас разработаны такие LLM, которые могут генерировать изображения и видео, на основе предоставленных данных, что позволяет создавать уникальные визуальные материалы. Языковые модели могут быть использованы для обучения других моделей машинного обучения, что способствует улучшению их производительности и точности. С помощью LLM можно создавать игры и приложения, которые могут взаимодействовать с пользователями на естественном языке. Генеративные языковые модели могут быть использованы для создания обучающих материалов, таких как учебники или онлайн-курсы. Еще одним направлением использования генеративных языковых моделей является возможность их использования для проведения научных исследований, таких как эволюция языков или анализ исторических документов.

К основным характеристикам LLM относятся: понимание контекста, т.е. модели способны анализировать контекст предложения и выбирать наиболее подходящий вариант ответа; многозадачность – они могут выполнять несколько задач одновременно (например, генерация текста и перевод); адаптивность – модели могут адаптироваться к стилю и предпочтениям пользователя, что делает их более удобными в использовании; постоянное обучение – большие языковые модели обучаются на новых данных, что позволяет им становиться все более совершенными.

Генеративные языковые модели обучаются на больших объемах данных, используя алгоритмы машинного обучения, такие как, логистическая регрессия, решающие деревья, градиентный спуск, метод k – ближайших соседей, стохастический градиентный спуск и другие. Машинное обучение может быть контролируемым (обучение с учителем) и неконтролируемым (обучение без учителя). В первом случае модель обучается на большом массиве помеченных текстовых данных, а затем тестируется на наборе невидимых данных для оценки её производительности. При неконтролируемом обучении модель обучается на большом наборе немаркированных текстовых данных, после оценивается не предмет её способности генерировать осмысленный текст.

Авторегрессионные языковые модели основаны на предположении, что вероятность следующего слова в последовательности зависит от предыдущих слов. Эти модели представляют собой нейронные языковые модели, которые могут быть применены к большим наборам данных, в том числе и изображениям и необработанным аудиоформам с целью прогнозирования и генерации выходных данных. Эти модели имеют архитектуру трансформер как прорыв, сдвиг в области искусственного интеллекта и обработки естественного языка. Архитектура трансформер включает кодер и декодер BERT(представление двунаправленного кодера из трансформаторов) и GPT(генеративный предварительно обученный трансформер) (<https://www.goodfirms.co/artificial-intelligence-software/blog/top-autoregressive-language-models-will-rule>).

Генеративно-сопоставительные сети (GANs) представляют собой большой класс генеративных моделей, использующих алгоритмы обучения без учителя, основная характеристика которых заключается в том, что они обучаются одновременно с другой сетью, т.е. при обучении используются две нейронные сети, генератор (генерирует образцы) и дискриминатор (вторая сеть старается отличить настоящие образцы от неправильных).

Такой класс нейронных сетей как рекуррентные нейронные сети также используются для моделирования последовательных данных, что из себя представляет и естественный язык. В этих моделях рекуррентные связи используются для захвата контекста последовательности слов. В слое RNN используется цикл для итерации по упорядоченной по времени

последовательности, при этом во внутреннем состоянии хранится закодированная информация о шагах, которые уже встречались раньше.

Можно сказать, что генеративные модели часто используют методы глубокого обучения, включающие нейронные сети и другие сложные алгоритмы для анализа и обработки данных.

Таким образом, LLM являются мощным инструментом для автоматизации разнообразных процессов, начиная от написания постов и заканчивая процессами улучшения качества обслуживания клиентов. При создании больших языковых моделей используются различные методы и алгоритмы анализа и обработки больших данных. LLM позволяют создавать уникальный контент, анализировать данные и переводить тексты на разные языки, т.е. обладают широкими возможностями и функциями, которые делают их незаменимыми в повседневной жизни человека и в его профессиональной деятельности.

1. Dergaa, K. Chamari, P. Zmijewski, and H. B. Saad, "From human writing to artificial intelligence generated text: examining the prospects and potential threats of chatgpt in academic writing," *Biology of Sport*, vol. 40, no. 2, pp. 615–622, 2023. [Электронный ресурс] <https://www.researchgate.net/publication/369039982> (дата обращения: 16.08.2024)
2. Hailey Stewart. Top 3 Autoregressive Language Models that will Rule in 2023. URL: <https://www.goodfirmsco/artificial-intelligence-software/blog/top-autoregressive-language-models-will-rule> (дата обращения: 17.08.2024.)
3. Hoffmann, S. Borgeaud, A. Mensch, E. Buchatskaya, T. Cai, E. Rutherford, D. d. L. Casas, L. A. Hendricks, J. Welbl, A. Clark, et al., "Training compute-optimal large language models," arXiv preprint arXiv:2203.15556, 2022. [Электронный ресурс] <https://arxiv.org/pdf/2203.15556> (дата обращения 17.08.2024)
4. LLM модель. [Электронный ресурс] <https://developers.sber.ru/help/gigachat-api/large-language-models> (дата обращения: 16.08.2024)

Биджиева С.Х., Байрамукова М.И., Гериева К.М.

Таргетированная реклама: виды и особенности

*Северо-Кавказская государственная академия
(Россия, Черкесск)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-215

Аннотация

В статье рассматриваются понятие, виды и особенности таргетированной рекламы как одного из видов интернет-рекламы. Выделяются такие особенности таргетированной рекламы как охват нужной целевой аудитории; возможность персонализации; простота подсчета эффективности таргетированной рекламы.

Ключевые слова: интернет-реклама, таргетированная реклама, целевая аудитория, персонализация, географический таргетинг, демографический таргетинг, соцсети.

Abstract

The article discusses the concept, types and features of targeted advertising as one of the types of online advertising. The following features of targeted advertising are highlighted: reaching the desired target audience; possibility of personalization; ease of calculating the effectiveness of targeted advertising.

Keywords: online advertising, targeted advertising, target audience, personalization, geographic targeting, demographic targeting, social networks.

Продвижение нового продукта на рынке требует больших финансовых вложений на рекламную компанию. В настоящее время мощным инструментом маркетинга является интернет-реклама, и большинство производителей используют ее для убеждения потенциальных клиентов.

К основным характеристикам Интернет – рекламы можно отнести:

- доступность, т.е., чтобы запустить рекламу в интернете не нужны большие финансовые вложения;
- быстрый запуск – первые результаты можно получить в короткие сроки;
- целенаправленность - она позволяет чётко найти целевую аудиторию и показывать рекламу именно ей;
- интерактивность, т.е. когда релевантная целевая аудитория собрана рекламодатель может взаимодействовать с ней регулярно через различные рекламные площадки - контекстную рекламу, рекламу в социальных сетях;
- контроль за результатами - можно точно отследить эффективность рекламных площадок.

Для быстрого обеспечения высоких продаж необходимо использовать таргетированную рекламу, т.е. нацелить рекламу на потенциальных клиентов. Принцип таргетированной рекламы прост: рекламная компания нацелена на людей с определенными характеристиками. Необходимо разместить интересное рекламное объявление, указать характеристики потенциальных пользователей. Задача такого продвижения состоит в привлечении максимума заинтересованных клиентов с минимальными расходами.

Рассмотрим особенности таргетированной рекламы на примере нового кафе.

В первую очередь необходимо знать аудиторию: почему пользователи захотят прийти именно в новое кафе, знать их предпочтения и приоритеты. После нужно их разделить на группы: в будни можно готовить комплексные обеды для работающих с доставкой, в выходные – дегустация для гурманов, вечером – концерты, викторины, розыгрыши. Все эти виды деятельности требуют создания объявлений, направленных на соответствующую аудиторию. Для решения данной задачи необходимо использовать различные виды таргетированной рекламы.

Географический или локальный таргетинг играет важную роль в рекламе кафе. То есть нужно таргетировать рекламу на потенциальных клиентов, которым действительно удобно прийти в кафе физически (кафе находится рядом с домом, по дороге на работу и т.д.) В настоящее время рекламные системы позволяют показывать объявления только тем, кто живет рядом, работает или бывает неподалёку. Все зависит от настроек.

Рассмотрим возможности геотаргетинга на примере Яндекс Директ. Здесь можно указать регионы, города, точные адреса, названия компаний или конкретную область на карте с указанием точного радиуса, далее обозначить аудиторию: выбрать потенциальных клиентов, кто работает, живет рядом, бывает регулярно в этой местности или находится там прямо сейчас.

По будням с 8:00 до 20:00

Часовой пояс
Россия Москва

В праздничные дни
По расписанию соответствующего дня недели

Аудитория
Выберите, кто увидит ваши объявления.

Подобрать оптимальную

Подобрать оптимальную
Мы подберём аудиторию, которая вероятнее заинтересуется вашими товарами и услугами **Рекомендуем** ✓

Настроить вручную
Если точно знаете, кто может заинтересоваться вашими товарами и услугами

Рисунок 1. Настройка геотаргетинга Яндекс Директ.

Также можно использовать таргетированную рекламу в VK, в телеграмм и других соцсетях. Принципы работы в этих соцсетях аналогичные Яндекс Директ.

Настройки геотаргетинга зависят от конкретного учреждения.

Следующий вид таргетированной рекламы – это таргетинг по демографическим признакам, необходимо настроить критерий по полу и возрасту. Надо проанализировать кто больше заходит, в какое время и создавать объявления для этих групп людей.

В Яндекс Директ и ВКонтакте можно таргетировать рекламу по интересам, в ходе которого алгоритмы анализируют поведение пользователей: сайты, которые они посещают часто, поисковые запросы, приложения, которые они используют.

The image shows two sections of a user interface for setting up advertising targeting. The first section is titled 'Интересы и поисковые запросы' (Interests and search queries) and includes a sub-header 'Добавьте сайты, компании или темы, которые может искать ваша аудитория. Так мы лучше поймём, кому показывать рекламу' (Add websites, companies or topics that your audience might search for. So we can better understand who to show ads to). Below this is an empty rounded rectangular input field. The second section is titled 'Минус-слова и исключения' (Minus-words and exclusions) and includes a sub-header 'Укажите слова и фразы, по запросам с которыми пользователи не увидят ваши объявления. Здесь же можно добавить категории таргетинга, которые хотите исключить' (Specify words and phrases, for queries with which users will not see your ads. Here you can also add targeting categories you want to exclude). Below this is an input field containing the text 'Например, ноутбуки' (For example, laptops). At the bottom of the second section, there is a link 'Добавить исключения категорий таргетинга' (Add targeting category exclusions) with a small circular icon to its right.

Рисунок 2. Настройка таргетинга по интересам Яндекс Директ.

В связи с тем, что активность пользователей может быть запутанной и противоречивой, в контекстной рекламе можно указать ключевые слова, при вводе которых пользователь может увидеть новые объявления, используя поисковый запрос как более точный маркер. Здесь речь идет о таргетировании по ключевым словам. Также можно использовать таргетинг по сообществам и музыкантам, по аудиториям.

Таргетированная реклама используется не только в социальных сетях, но в любых других видах рекламы, ориентированных на определенную целевую аудиторию. К особенностям таргетированной рекламы относится также простота подсчета ее эффективности. К основным метриками ее оценки относятся: количество и стоимость переходов в группу, аккаунт или сайт, количество подписок на сообщество, стоимость лидов (пользователей, которые обратились с запросом в результате рекламы), количество лайков, репостов, комментариев, количество заказов и стоимость рекламы за один заказ.

Если цель рекламной кампании состоит в повышении продаж, при анализе ее эффективности важно рассчитывать не стоимость клика или количество переходов. А стоимость затрат на рекламу при продаже одного товара. Так, если на рекламную кампанию было потрачено 1000 рублей, сделано 52 клика и продано 9 товаров, стоимость клика будет примерно 19 рублей (1000/52), а стоимость рекламы на продажу одного товара примерно - 111 рублей (1000/9). Если на рекламную кампанию было потрачено 1000 рублей, сделано 99 кликов и продано 2 товара, стоимость клика будет примерно 10 рублей (1000/99), а стоимость рекламы на продажу одного товара примерно - 500 рублей (1000/2). Как видно, в первом случае при меньшем количестве кликов было продано больше товаров, чем во втором, что говорит об эффективности второго вида рекламы.

Итак, таргетированная реклама – это вид рекламы, точно настроенный на аудиторию рекламодателя и как результат один из лучших каналов продаж.

К основным особенностям таргетированной рекламы можно отнести:

- охват нужной целевой аудитории;
- возможность персонализации;
- простоту подсчета эффективности рекламы.

1. Как таргетированная реклама в социальных сетях поможет раскрутить ваш бизнес [Электронный ресурс] https://skillbox.ru/media/marketing/targetirovannaya_reklama_v_sotsialnykh_setyakh/ (дата обращения: 10.08.2024)
2. Основы таргетированной рекламы [Электронный ресурс] <https://www.mango-office.ru/products/calltracking/for-marketing/targetirovannaya-reklama/baza-dlya-novichkov/> (дата обращения: 9.08.2024)

Комаров Д.С., Коваленко Г.В., Соколов И.В.

Разработка веб-приложений и библиотек с использованием BME680 модуля

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-216

Аннотация

В этой статье рассматривается разработка веб-приложений, библиотек на основе цифрового датчика BME680 с использованием I2C протокола для взаимодействия. Рассматривается весь процесс разработки от библиотеки до готового веб-сервера способного отдавать пользователю информацию о влажности, качестве воздуха, температуре и давлении.

Ключевые слова: BME680, Golang, Python, I2C, Raspberry Pi.

Abstract

This article discusses the development of web applications and libraries based on the BME680 digital sensor using the I2C protocol for interaction. The entire development process is considered from the library to a ready-made web server capable of giving the user information about humidity, air quality, temperature and pressure.

Keywords: BME680, Golang, Python, I2C, Raspberry Pi.

Введение

В современных условиях умные пылесосы, лампочки и колонки уже никого не удивляют — все эти устройства относятся к категории "интернета вещей" (IoT). При разработке таких устройств разработчики часто сталкиваются с необходимостью большого количества низкоуровневых взаимодействий. Для написания статьи был приобретен модуль BME680, разработанный компанией BOSCH. На его основе была разработана библиотека и сервер.

Основная часть

Цифровой модуль BME680 разработан компанией BOSCH и предназначен для отслеживания различных температурных явлений. Имеет два интерфейса для общения: I2C или SPI. В нашей разработке был выбран I2C.

I2C - стандарт, разработанный фирмой PHILIPS. Простая архитектура, которого позволяет подключать к одной шине, состоящей из двух проводов: SDA (данные) и SCL (тактовые импульсы), до 127 устройств одновременно, не используя дополнительного оборудования, если не считать двух подтягивающих резисторов. Всем управляет ведущее устройство, дает возможность ведомым устройствам принимать и передавать сигнал. Имеет высокую скорость стабильной передачи данных.

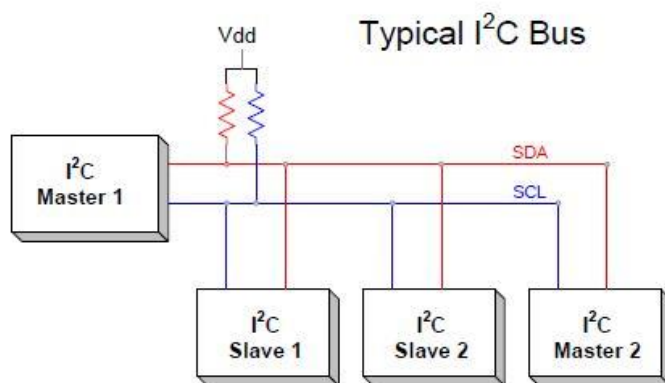


Рисунок 1. Схема подключения по I2C.

Протокол синхронной связи, это означает, что обмен данными происходит по общему для всех связанных устройств сигналу синхронизации. Генерацией сигнала занимается только ведущее устройство. Устройство посылает сигнал остальным ведомыми, каждое из которых имеет свой уникальный адрес. Ведомые устройства слушают и отвечают, для отдачи ACK сигнала.

Мастер начинает передачу с падения уровня на шине данных SDA, что является стартовым сигналом для ведомых. Повышение уровня SDA при высоком тактовой сигнале является стоп-командой. Между этими событиями передаются сообщения.



Рисунок 2. Схема взаимодействия.



Рисунок 3. Структура сообщения.

Структура сообщения состоит из адреса 7-10 бит, в зависимости от разновидности протокола, бит чтения или записи, биты (ACK/NACK) подтверждения или неподтверждения приема информации кадра. ACK единственный бит, который генерируется в линии SCL ведомым устройством.

Интерфейс I2C предназначен для довольно быстрой и надежной передачи на небольшие расстояния, обычно в пределах одного устройства. Как правильно, длина проводов ограничена несколькими метрами.

Подключение цифрового модуля ВМЕ680 к устройству Raspberry Pi осуществляется через пины GPIO. Raspberry Pi выступает в роли мастера, к которому подключаются остальные модули, включая ВМЕ680.

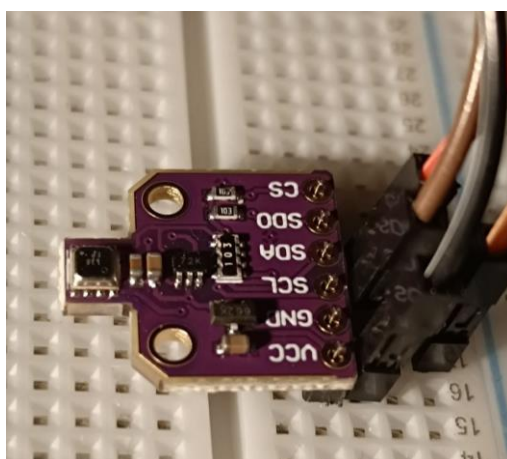


Рисунок 4. Подключение цифрового модуля.

Подключение к Raspberry PI выполняем через ssh, первым делом нужно активировать i2c интерфейс, дальше определить адрес устройства, это можно сделать с помощью утилиты “i2cdetect” полная команда будет выглядеть:

```

kosmatoff@raspberrypi:~ $ sudo i2cdetect -y 1
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  --  77

```

Рисунок 5. Вывод команды в консоль.

После определения адреса был написан небольшой код на Golang для общения с цифровым модулем.

```

type I2C struct {
    addr uint8
    bus  int
    fd   *os.File
}

```

Рисунок 6. Структура I2C.

Основная структура взаимодействия включает адрес устройства, его расположение на шине и адрес файла, через который будет происходить общение с устройством. В Linux все взаимодействие с различными интерфейсами осуществляется через файловую систему. Для интерфейса I²C файл устройства расположен по пути /dev/i2c-*. В данном случае наше устройство находится на шине 1, что соответствует файлу /dev/i2c-1.

```

func Open(addr uint8, bus int) (*I2C, error) {
    f, err := os.OpenFile(fmt.Sprintf("/dev/i2c-%d", bus), os.O_RDWR, 0600)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    if err := ioctl(f.Fd(), I2C_SLAVE, uintptr(addr)); err != nil {
        return nil, err
    }

    v := &I2C{fd: f, bus: bus, addr: addr}
    return v, nil
}

```

Рисунок 7. Открытие подключения.

Следующим шагом открываем соединение через файл с устройством по конкретному адресу и шине.

```

func ioctl(fd, cmd, arg uintptr) error {
    _, _, err := syscall.Syscall6(syscall.SYS_IOCTL, fd, cmd, arg, 0, 0, 0)
    if err != 0 {
        return err
    }
    return nil
}

```

Рисунок 8. Реализация низкоуровневого вызова.

Чтобы передать данную команду выполняем системный вызов низкого уровня в файловое устройство.

```
func (v *I2C) ReadRegU8(reg byte) (byte, error) {
    _, err := v.WriteBytes([]byte{reg})
    if err != nil {
        return 0, err
    }
    buf := make([]byte, 1)
    _, err = v.ReadBytes(buf)
    if err != nil {
        return 0, err
    }
    return buf[0], nil
}
```

Рисунок 9. Метод чтение данных.

Общение будет реализовано с помощью метода ReadRegU8, нам нужно передать регистр памяти, который хотим прочитать. После того как мы передадим адрес устройство BME680 отдаст нам данные, которые находились в этом участке памяти.

```
func (v *I2C) WriteBytes(buf []byte) (int, error) {
    return v.fd.Write(buf)
}

func (v *I2C) ReadBytes(buf []byte) (int, error) {
    return v.fd.Read(buf)
}
```

Рисунок 10. Методы чтения и записи байтов.

os.File предоставляет готовые методы для записи и чтения. Примерно так будет выглядеть базовая реализация библиотеки I2C.

Следующим шагом рассмотрим пример реализации библиотеки для модуля BME680.

```
type BME680Driver struct {
    i2c      *con.I2C
    chipVariant int
}
```

Рисунок 11. Реализация структуры BME680.

Базовая структура будем содержать структуру i2c и другую информацию, которая нужна для работы модуля.

```
i2c.WriteMultipleRegU8(types.BME680_REG_SOFTRESET, []byte{types.BME680_SOFTRESET_CMD})
chipID, err := i2c.ReadRegU8(byte(types.BME680_REG_CHIPID))
if err != nil {
    return nil, fmt.Errorf("New: %w", err)
}
```

Рисунок 12. Взаимодействие с BME680.

В коде выше можно увидеть, как происходит основное взаимодействие с контроллером - адрес регистра и команда в шестнадцатеричной форме.

С помощью данной реализации, можно получить погодные измерения с цифрового датчика. Несмотря на то, что BME680 выдает необработанные данные, их точность и полезность могут быть значительно увеличены за счет последующей обработки. Однако в рамках данной статьи мы не будем углубляться в процесс обработки данных. Главное —

понимать, что полученные данные могут потребовать фильтрации и калибровки для их использования в практических приложениях.

В конце хотелось бы рассмотреть готовую реализацию, описанных выше библиотек на python, которые будут реализовывать веб-сервис.

```

from fastapi import FastAPI
import adafruit_bme680
import board

app = FastAPI()

i2c = board.I2C()
sensor = adafruit_bme680.Adafruit_BME680_I2C(i2c)

@app.get("/sensor-data")
def get_sensor_data():
    return {
        "temperature": sensor.temperature,
        "gas": sensor.gas,
        "humidity": sensor.humidity,
        "pressure": sensor.pressure
    }

if __name__ == "__main__":
    import unicorn
    unicorn.run(app, host="0.0.0.0", port=8000)

```

Рисунок 13. Приложение с BME680 на Python.

В данном коде используется готовая реализация, I2C и BME680 библиотек по аналогии с описанными выше на Golang. Результат работы веб-сервиса:

```

curl http://192.168.1.78:8000/sensor-data
{"temperature":32.1118359375,"gas":4973,"humidity":33.07122618884416,
"pressure":1003.5522881206591}

```

Вывод

В данной статье подробно рассмотрены возможности использования цифрового датчика BME680 в сочетании с протоколом I2C для создания эффективных систем мониторинга окружающей среды. Протокол I2C выбран за его простоту и эффективность, так как он позволяет легко подключать и управлять множеством устройств на одной шине с минимальным количеством проводов. I2C обеспечивает надежную и быструю передачу данных на короткие расстояния, что делает его идеальным для использования в рамках одного устройства, такого как Raspberry Pi.

Практическое применение модуля BME680 заключается в его способности измерять ключевые параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, давление и качество воздуха. Это делает его незаменимым в разработке решений для умного дома, систем мониторинга качества воздуха, а также других приложений Интернета вещей (IoT), где необходима интеграция экологических данных. Использование готовых библиотек на языках Golang и Python позволяет разработчикам быстро интегрировать этот датчик в свои проекты и разрабатывать веб-сервисы для удаленного мониторинга и анализа данных.

Таким образом, модуль BME680 в сочетании с протоколом I2C представляет собой мощное и гибкое решение для создания современных систем мониторинга, обеспечивая точные и надежные данные для множества приложений.

1. <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-i2c/>
2. <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme680-ds001.pdf>
3. https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/application_notes_1/bst-bme680-an014.pdf
4. https://itbrainpower.net/a-gsm/RaspberryPI-BME680-sensor_howto

Коновалов Г.Г.**Алгоритмы генерации случайных чисел***Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-217

Аннотация

Статья посвящена алгоритмам генерации случайных чисел, их свойствам и применению в различных областях науки и техники. Рассматриваются ключевые понятия, такие как истинно случайные и псевдослучайные числа, и обсуждаются их различия. Особое внимание уделяется псевдослучайным числам и алгоритмам их генерации, показаны такие методы, как линейный конгруэнтный генератор (LCG), вихрь Мерсенна (Mersenne Twister) и криптографически стойкие генераторы.

Ключевые слова: случайные числа, псевдослучайные числа, алгоритмы генерации, линейный конгруэнтный генератор, вихрь Мерсенна, криптографически стойкие генераторы.

Abstract

The article is devoted to random number generation algorithms, their properties and application in various fields of science and technology. Key concepts such as truly random and pseudorandom numbers are considered and their differences are discussed. Particular attention is paid to pseudorandom numbers and their generation algorithms, and such methods as the linear congruential generator (LCG), the Mersenne Twister and cryptographically secure generators are shown.

Keywords: random numbers, pseudorandom numbers, generation algorithms, linear congruential generator, Mersenne twister, cryptographically secure generators.

Случайные числа играют ключевую роль в самых разных областях науки и техники, от криптографии до моделирования сложных систем и разработки компьютерных игр. Они необходимы для создания непредсказуемых последовательностей, используемых в шифровании данных, генерации уникальных ключей, симуляциях и других задачах, где требуется случайность.

Случайные числа можно разделить на две основные категории: истинно случайные и псевдослучайные. Эти две группы различаются по своей природе и способу получения.

Истинно случайные числа возникают из процессов, которые по своей природе являются непредсказуемыми и не поддаются моделированию (радиоактивный распад, тепловой шум в электронных компонентах, атмосферные шумы и другие физические явления). Истинная случайность подразумевает полную непредсказуемость – каждое число в последовательности случайно и не зависит от предыдущих значений. Это свойство делает такие числа чрезвычайно важными для приложений, требующих максимальную безопасность. Истинно случайные числа обычно получают с помощью специализированного оборудования, например, генераторов аппаратного шума.

Однако в большинстве вычислительных приложений, где требуются случайные числа, используется другая категория – «псевдослучайные числа». Эти числа генерируются с помощью математических алгоритмов, которые, исходя из начального состояния (seed), создают последовательности, которые кажутся случайными. Несмотря на их предсказуемую природу, псевдослучайные числа обладают важными свойствами, такими как равномерное распределение и высокая скорость генерации, что делает их удобными и практичными для большинства задач.

Псевдослучайные числа (ПСЧ) – это числа, которые генерируются математическими алгоритмами и, несмотря на свою кажущуюся случайность, на самом деле определяются детерминированным процессом. Эти числа имитируют свойства случайных чисел, но являются предсказуемыми, если известен начальный параметр генерации – семя (seed).

Основное преимущество использования ПСЧ заключается в их воспроизводимости. В отличие от истинно случайных чисел, ПСЧ, генерируемые с использованием одного и того же семени, всегда будут давать одну и ту же последовательность. Это делает ПСЧ особенно полезными в задачах, где требуется повторное выполнение вычислений с одинаковыми входными данными.

Перечислим основные свойства псевдослучайных чисел:

1. Детерминированность. ПСЧ генерируются по определенному алгоритму, который, исходя из начального состояния (сита), создает последовательность чисел. При одинаковом семени последовательность всегда будет одинаковой.
2. Периодичность. Поскольку ПСЧ генерируются конечным числом состояний, они неизбежно начинают повторяться после определенного числа шагов. Этот интервал называется периодом. Чем длиннее период, тем лучше алгоритм, поскольку он дольше сохраняет видимость случайности.
3. Предсказуемость. Если известен алгоритм генерации и начальное состояние, последовательность ПСЧ можно полностью предсказать. Это делает такие числа неидеальными для задач, требующих высокой степени безопасности (криптография).

Ключевые алгоритмы генерации ПСЧ:

1. Линейный конгруэнтный генератор (LCG). Один из самых простых и широко используемых алгоритмов для генерации ПСЧ. Он основан на простой линейной рекуррентной формуле, где каждое последующее число зависит от предыдущего. Хотя LCG прост в реализации и быстр в вычислении, он имеет ограниченный период и недостаточно хорошее распределение чисел для сложных задач.
2. Вихрь Мерсенна. Это более сложный и мощный алгоритм с очень длинным периодом и хорошим распределением чисел. Вихрь Мерсенна широко используется в задачах, требующих больших объемов псевдослучайных чисел, таких как моделирование и статистические вычисления.

В настоящий момент именно эти два алгоритма приобрели широкую популярность.

ПСЧ применяются в самых разных областях, включая моделирование сложных систем, генерацию случайных элементов в играх, статистический анализ и прочие задачи, где важна воспроизводимость и производительность – от симуляций до криптографии. Эти алгоритмы создают последовательности чисел, которые кажутся случайными, но на самом деле являются результатом детерминированных процессов. Рассмотрим подробно несколько ключевых алгоритмов, которые широко используются в различных приложениях.

1. Метод линейного конгруэнтного генератора (LCG)

Линейный конгруэнтный генератор (LCG) является одним из самых простых и старейших методов для генерации ПСЧ. Его работа основана на формуле:

$$X_{n+1} = (aX_n + c) \bmod m,$$

где m – модуль (натуральное число, относительно которого вычисляют остаток от деления; $m \geq 2$), a – множитель ($0 \leq a < m$), c – приращение ($0 \leq c < m$), X_0 – начальное значение ($0 \leq X_0 < m$). Эта формула определяет следующее значение в последовательности на основе предыдущего.

Преимущества:

- простота реализации и высокая скорость вычислений;
- хороший выбор для задач, где не требуется высокая степень случайности и безопасность.

Недостатки:

- ограниченный период (максимум m), после которого числа начинают повторяться;
- слабое распределение чисел, особенно при неудачном выборе параметров a , c и m .

LCG подходит для простых задач, но его ограничения делают его неидеальным для более сложных применений.

2. Вихрь Мерсенна

Вихрь Мерсенна – это более продвинутый и мощный алгоритм для генерации ПСЧ, разработанный в 1997 году. Он получил широкое распространение благодаря своему огромному периоду (2^{19937}) - 1 и отличному распределению чисел.

Преимущества:

- длинный период, что минимизирует вероятность повторения чисел;
- хорошее распределение чисел по множеству измерений, что делает его подходящим для статистических симуляций и моделирования.

Недостатки:

- более сложная реализация по сравнению с LCG;
- не подходит для криптографических задач, поскольку не является криптографически стойким.

Вихрь Мерсенна широко используется в задачах, требующих большого количества ПСЧ (моделирование методом Монте-Карло, компьютерная графика и машинное обучение).

3. Криптографически стойкие генераторы

Для задач, где критически важна безопасность, используются криптографически стойкие генераторы псевдослучайных чисел (КГПСЧ). Эти алгоритмы разрабатываются с учётом того, что даже при знании части последовательности или алгоритма невозможно предсказать остальные числа:

- AES-CTR. Использует симметричный шифр AES в режиме счётчика (CTR) для генерации ПСЧ. Этот метод обеспечивает высокую степень безопасности и широко применяется в криптографии.
- Fortuna. Более сложный генератор, который комбинирует несколько источников случайности и обладает устойчивостью к атакам.

КГПСЧ используются везде, где важна безопасность: при генерации ключей, в протоколах шифрования и других криптографических системах.

В заключение необходимо отметить, что алгоритмы генерации случайных чисел играют ключевую роль в современных вычислительных и научных задачах. От их качества и свойств зависит успех множества приложений – от криптографии до моделирования сложных систем и создания компьютерных игр. Истинно случайные числа, основанные на физических процессах, обеспечивают максимальную непредсказуемость. Эта особенность делает их незаменимыми для задач, требующих высокой степени безопасности. В то же время, псевдослучайные числа, генерируемые детерминированными алгоритмами, являются более практичными и широко применимыми в большинстве вычислительных задач. Алгоритмы линейного конгруэнтного генератора (LCG) и Вихрь Мерсенна предоставляют удобные и быстрые методы получения псевдослучайных чисел, подходящих для научных симуляций, игр и других приложений. Для задач, где требуется максимальная защита от предсказуемости, используются криптографически стойкие генераторы псевдослучайных чисел (КГСЧ), которые обеспечивают безопасность данных и надежную защиту от атак.

1. Алхуссайн, А. Х. Детерминированный генетический алгоритм в криптографии / А. Х. Алхуссайн // Естественные и технические науки. – 2016. – № 3(93). – С. 126-129.
2. Васильева, П. А. Анализ существующих методик генерации случайных событий в компьютерных играх / П. А. Васильева, Д. В. Лучанинов // Постулат. – 2017. – № 6(20). – С. 24.
3. Нырков, А. П. Генераторы случайных чисел / А. П. Нырков, А. А. Нырков. – Санкт-Петербург, 2015.
4. Поляков, Е. С. Применение и реализация псевдослучайных последовательностей / Е. С. Поляков, Р. Р. Моисеев // Столыпинский вестник. – 2024. – Т. 6, № 1.

Коновалов Г.Г.
Механизм алгоритма быстрой сортировки QuickSort

*Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-218

Аннотация

Алгоритм быстрой сортировки (QuickSort) является одним из наиболее эффективных и широко используемых методов сортировки данных. В статье рассматриваются основные принципы работы алгоритма QuickSort, его преимущества и недостатки, а также различные методы оптимизации, позволяющие улучшить его производительность.

Ключевые слова: быстрая сортировка, QuickSort, алгоритм сортировки, оптимизация, рекурсия, производительность.

Abstract

The QuickSort algorithm is one of the most efficient and widely used data sorting methods. This article discusses the basic principles of the QuickSort algorithm, its advantages and disadvantages, and various optimization methods that can improve its performance.

Keywords: quick sort, QuickSort, sorting algorithm, optimization, recursion, performance.

Алгоритмы сортировки играют ключевую роль в программировании. Они позволяют организовать данные в определенном порядке, что делает их поиск более эффективным. Среди множества существующих методов сортировки, алгоритм быстрой сортировки QuickSort занимает особое место благодаря своей эффективности и широкому применению на практике.

Алгоритм быстрой сортировки QuickSort был предложен британским ученым Тони Хоаром в 1960 году и с тех пор стал одним из наиболее популярных и часто используемых алгоритмов. Этот алгоритм отличается высоким уровнем производительности на больших массивах данных, особенно в сравнении с более простыми методами сортировки (сортировка вставками или сортировка пузырьком). Несмотря на свои недостатки, QuickSort до сих пор остается одним из лучших вариантов для решения задач сортировки в реальных приложениях.

QuickSort основывается на принципе «разделяй и властвуй» (divide et impera). Основная его идея заключается в том, чтобы разделить исходный массив на подмассивы, которые затем сортируются рекурсивно, а результатом становится отсортированный массив.

Процесс QuickSort начинается с выбора опорного элемента, который называется «pivot» (стержень). Этот элемент используется для разделения массива на две части: элементы, меньшие или равные pivot, перемещаются в левую часть массива, а элементы, большие pivot, - в правую. Этот этап называется «разделением».

После разделения массив разбивается на два подмассива, которые уже не включают в себя сам pivot. Затем алгоритм рекурсивно применяется к каждому из подмассивов до тех пор, пока размер подмассивов не станет равен единице. В этом случае они считаются отсортированными по определению, так как один элемент не нуждается в сортировке.

Основные этапы работы QuickSort:

1. «Выбор опорного элемента (pivot)». Обычно выбирается первый, последний или средний элемент массива, но существуют и более сложные стратегии выбора.
2. «Разделение». Массив перераспределяется так, чтобы все элементы меньше pivot находились слева, а все элементы больше pivot – справа.
3. «Рекурсивная сортировка подмассивов». QuickSort применяется к левому и правому подмассивам, пока массивы не станут упорядоченными.

Результатом выполнения QuickSort является полностью отсортированный массив, собранный из нескольких рекурсивно отсортированных частей. Благодаря эффективному

разделению и рекурсивному подходу, этот алгоритм демонстрирует высокую производительность, особенно на больших наборах данных.

QuickSort обладает рядом значительных преимуществ, которые делают его одним из самых популярных алгоритмов сортировки в программировании:

1. Высокая скорость выполнения на практике.
QuickSort считается одним из самых быстрых алгоритмов сортировки для массивов значительного размера. В среднем его временная сложность составляет $O(n \log n)$, что делает его более эффективным, чем алгоритмы с квадратичной сложностью (сортировка вставками или сортировка пузырьком). На практике QuickSort часто опережает другие алгоритмы, такие как MergeSort и HeapSort, благодаря меньшему количеству операций копирования и обмена.
2. Эффективность при больших массивах данных.
QuickSort показывает отличные результаты при работе с большими наборами данных. Он особенно эффективен, когда данные не содержат значительных дублирующих элементов и используется оптимизированный выбор опорного элемента. Большие объемы данных разбиваются на небольшие подмассивы – это позволяет эффективно использовать память и кэш-память процессора, сокращая общее время выполнения.
3. Простота реализации.
Несмотря на свою сложность, QuickSort относительно прост в реализации. Существует множество вариаций этого алгоритма, которые можно адаптировать под конкретные задачи и типы данных. Так, использование трехстороннего разделения позволяет улучшить производительность на массивах с большим числом одинаковых элементов. Также QuickSort легко комбинируется с другими алгоритмами, такими как сортировка вставками, что позволяет получить еще более быстрые результаты на небольших массивах.

Несмотря на свои многочисленные преимущества, QuickSort имеет также определенные недостатки, ограничивающие его применение в некоторых ситуациях:

1. Худший случай временной сложности – $O(n^2)$.
Хотя средняя временная сложность QuickSort составляет $O(n \log n)$, в худшем случае она может достигать $O(n^2)$. Это происходит, когда на каждом этапе разделения массива выбирается крайне неудачный опорный элемент (*pivot*). Такой сценарий возможен, если, например, массив уже отсортирован или элементы массива близки к одинаковым значениям, а для выбора *pivot* используется первый или последний элемент массива. В этих случаях рекурсивное разделение приводит к тому, что один из подмассивов оказывается практически пустым, и эффективность алгоритма резко падает.
2. Риск выбора неудачного опорного элемента.
От правильного выбора *pivot* во многом зависит эффективность работы QuickSort. Если *pivot* выбран неудачно, это может привести к дисбалансу в разделении массива, что значительно увеличивает количество рекурсивных вызовов и обменов элементов. Существуют различные стратегии выбора опорного элемента:
 - выбор среднего из трех;
 - случайный выбор;
 - медианный выбор.

Все эти стратегии снижают вероятность неудачного сценария. Однако, даже с ними всегда остается риск того, что элемент *pivot* окажется неудачным.

3. Потребление памяти для рекурсии.
Рекурсивная природа алгоритма приводит к увеличению потребления памяти для хранения стека вызовов. В случае глубоких рекурсий, особенно при

неблагоприятных условиях (например, при неудачном выборе *pivot*), существует вероятность переполнения стека, что может привести к аварийному завершению программы. Для решения этой проблемы используется оптимизация (например, хвостовая рекурсия), однако это усложняет реализацию алгоритма.

QuickSort можно существенно улучшить с помощью различных оптимизаций, которые позволяют уменьшить вероятность худшего сценария, повысить скорость выполнения и снизить потребление памяти. Основные методы оптимизации:

1. Выбор опорного элемента (*pivot*) на основе медианы трех.
Одним из самых распространенных способов улучшения эффективности QuickSort является выбор *pivot* на основе медианы трех элементов массива: первого, последнего и среднего. Данная механика снижает вероятность выбора крайне неудачного *pivot* и помогает избежать ситуации с квадратичной сложностью времени выполнения ($O(n^2)$).
2. Трехстороннее разделение.
На массивах с большим количеством одинаковых элементов используется трехстороннее разделение. Разделяют массив на три части: элементы меньше *pivot*, равные *pivot* и больше *pivot*. Такой подход уменьшает количество ненужных операций при сортировке массивов с множеством одинаковых значений.
3. Параллельная реализация.
Значительное ускорение QuickSort реализуется при помощи использования параллельных вычислений. Для этого используется одновременная сортировка различных подмассивов на нескольких процессорах или ядрах.

В заключение следует отметить, что алгоритм быстрой сортировки QuickSort по праву заслужил свою репутацию одного из самых эффективных и популярных методов сортировки данных. Его основное преимущество заключается в отличном сочетании скорости и гибкости, что делает его идеальным выбором для множества практических задач.

Несмотря на ряд недостатков, QuickSort остается одним из лучших алгоритмов для сортировки. У него существуют различные оптимизации, такие как медианный выбор *pivot*, трехстороннее разделение и параллельная реализация, позволяющие значительно улучшить его эффективность и устранить потенциальные проблемы.

Применение QuickSort охватывает широкий спектр задач – от обработки данных в системах реального времени до использования в стандартных библиотеках современных языков программирования. Его универсальность и производительность делают его незаменимым инструментом для разработчиков.

QuickSort – это мощный и надежный алгоритм, который остается актуальным и востребованным вот уже много десятилетий. В современных условиях его применение оправдано в большинстве случаев, особенно если использовать подходящие оптимизации и учитывать особенности обрабатываемых данных. С развитием технологий QuickSort будет продолжать совершенствоваться и адаптироваться к новым требованиям, сохраняя свою важную роль в области обработки данных и алгоритмов сортировки.

1. Розанов, А. В. Алгоритмы быстрой сортировки больших данных / А. В. Розанов, Б. О. Ермолаев // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 262-268.
2. Чан, Т. З. Сравнение сложности алгоритмов вставкой и быстрой сортировки / Т. З. Чан // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. – С. 46-48.
3. Бирюков, Б. Е. Сравнение многопоточной реализации алгоритма быстрой сортировки с однопоточной / Б. Е. Бирюков, П. А. Лукошкин, С. В. Самуйлов // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы – Пенза: Пензенский государственный университет, 2020. – С. 10-11.
4. Грибинников, В. В. Исследование и сравнение эффективности алгоритмов сортировки / В. В. Грибинников // IV Международная научная конференция по междисциплинарным исследованиям – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью «Институт Цифровой Экономики и Права», 2023. – С. 47-51.

Коновалов Г.Г.**Об оптимизации алгоритмов выдачи наличных в банкомате***Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-219

Аннотация

В статье рассматривается проблема оптимизации алгоритмов выдачи наличных в банкоматах. Описаны существующие алгоритмы и их недостатки (неравномерное использование купюр разных номиналов, увеличение времени выполнения операций). Рассмотрены методы оптимизации, такие как: динамическое программирование, эвристические подходы и машинное обучение.

Ключевые слова: оптимизация алгоритмов, выдача наличных, банкоматы, динамическое программирование, эвристические методы, машинное обучение, операционная эффективность.

Abstract

The article considers the problem of optimizing cash dispensing algorithms in ATMs. The existing algorithms and their shortcomings (uneven use of banknotes of different denominations, increased time for performing operations) are described. Optimization methods such as dynamic programming, heuristic approaches and machine learning are considered.

Keywords: algorithm optimization, cash dispensing, ATMs, dynamic programming, heuristic methods, machine learning, operational efficiency.

В современном банковском деле банкоматы играют ключевую роль в предоставлении клиентам доступа к их средствам в любое время суток. Операции по выдаче наличных являются наиболее востребованными, что делает вопрос оптимизации соответствующих алгоритмов в программном обеспечении банкоматов чрезвычайно важным. Эффективный алгоритм выдачи наличных не только ускоряет процесс обслуживания клиентов, но и позволяет банку минимизировать издержки, связанные с загрузкой и обслуживанием банкоматов.

На сегодняшний день большинство банкоматов используют относительно простые алгоритмы выдачи наличных, основанные на «жадных методах». Эти алгоритмы работают по принципу минимизации количества выдаваемых купюр, начиная с купюр самого высокого номинала. Например, если клиент запрашивает 1500 рублей, банкомат сначала пытается выдать 1 купюру номиналом 1000 рублей и 1 купюру номиналом 500 рублей. Такой подход кажется логичным и простым в реализации, однако на практике он порождает ряд проблем.

1. Неэффективное использование номиналов

Жадный алгоритм не учитывает оставшееся количество купюр каждого номинала в кассетах банкомата. Это приводит к быстрому исчерпанию запасов крупных купюр, оставляя в банкомате лишь мелкие купюры, которые затем не удовлетворяют запросы других клиентов. Например, если в банкомате заканчиваются купюры по 1000 рублей, клиенту, который хочет снять крупную сумму, будет выдана эквивалентная сумма мелкими купюрами, что может быть для него неудобно.

2. Неспособность выдать нужную сумму

Стандартные алгоритмы также не всегда могут корректно обработать запрос на выдачу конкретной суммы. Если в банкомате отсутствует достаточное количество купюр большого номинала, он может отклонить транзакцию, даже если сумма может быть выдана другим сочетанием купюр. Проблема кроется в физическом ограничении лотка выдачи.

3. Время выполнения операции

Жадные алгоритмы обычно работают быстро, поскольку они просто выбирают наибольший доступный номинал до тех пор, пока не будет достигнута запрашиваемая сумма.

Однако в условиях, когда в банкомате заканчиваются купюры высокого номинала, время выполнения операции увеличивается, поскольку банкомату требуется пересчитывать количество доступных купюр меньшего номинала и корректировать выдачу.

Оптимизация алгоритма выдачи наличных в банкомате – задача, которая требует учета множества факторов. В процессе улучшения текущих алгоритмов возникают различные проблемы, которые необходимо учитывать для достижения максимальной эффективности и надежности работы банкомата.

1. Ограничения по номиналам купюр

Одной из основных проблем при оптимизации алгоритма является ограниченность доступных номиналов купюр. В каждом банкомате имеется ограниченное количество кассет, в которых хранятся купюры различных номиналов. При этом, объем каждой кассеты также ограничен. Если какой-либо номинал исчерпывается, банкомат не сможет выдать запрашиваемую сумму в нужном сочетании, что приводит к отказу в выдаче наличных или к выдаче суммы мелкими купюрами.

2. Риск перерасхода определенных номиналов

Еще одна проблема связана с неравномерным расходом купюр различных номиналов. Стандартные алгоритмы, основанные на жадном методе, приводят к быстрому исчерпанию крупных купюр, что впоследствии вынуждает банкомат выдавать крупные суммы мелкими купюрами. Это, помимо описанной выше проблемы негативного клиентского опыта, ещё и увеличивает затраты на инкассацию, так как банкомат быстрее расходует ресурсы и требует более частого пополнения. Оптимизация алгоритма должна учитывать баланс между использованием крупных и мелких купюр, чтобы продлить период автономной работы банкомата.

3. Влияние на время выполнения операции

При разработке более сложных алгоритмов оптимизации существует риск увеличения времени выполнения операции. Сложные алгоритмы могут потребовать большего количества вычислений для определения оптимального сочетания купюр, что может замедлить процесс выдачи наличных. В условиях, когда банкоматы обслуживают большое количество клиентов, время выполнения операции становится критическим фактором.

4. Учёт редких сценариев и нестандартных ситуаций

Оптимизация алгоритмов должна также учитывать редкие, но возможные сценарии, такие как выдача больших сумм, не кратных стандартным номиналам, или попытка выдачи всех оставшихся в банкомате купюр при низком остатке. Алгоритм должен быть гибким и надежным, чтобы справляться с такими ситуациями, не приводя к отказам или ошибкам в работе устройства.

Для решения задач, связанных с выдачей наличных в банкомате, существует несколько подходов, которые позволяют значительно улучшить эффективность работы алгоритма выдачи. Рассмотрим наиболее действенные методы оптимизации:

1. Жадные алгоритмы с учетом баланса номиналов.

Традиционные жадные алгоритмы можно улучшить, введя механизм контроля за балансом номиналов купюр. Вместо простого выбора самого крупного доступного номинала, банкомат должен учитывать текущий остаток купюр в кассетах. То есть, если крупные купюры заканчиваются, алгоритм должен начать использовать более мелкие номиналы, чтобы равномерно распределить нагрузку и избежать их полного исчерпания.

2. Динамическое программирование.

Динамическое программирование – это метод, который позволяет находить оптимальное решение для задачи разбиения суммы на купюры с минимальными затратами или с минимальным количеством купюр. Этот подход учитывает все возможные комбинации купюр для выдачи заданной суммы и выбирает наилучшую, минимизируя количество выдаваемых купюр или другие параметры, такие как расход определенных номиналов.

3. Эвристические методы.

Эвристические методы предлагают менее точные, но более быстрые решения по сравнению с динамическим программированием. Эти методы используют приближенные вычисления для поиска приемлемых, если не идеальных, комбинаций купюр. Эвристика должна основываться на исторических данных, анализе типичных операций или прогнозировании спроса на определенные номиналы. Алгоритм должен адаптироваться к поведенческим паттернам клиентов, выдавая определенные номиналы чаще в определенное время суток или в зависимости от региона.

4. Использование машинного обучения.

С развитием технологий машинного обучения появилась возможность использовать модели, которые обучаются на реальных данных операций в банкоматах. Такие модели прогнозируют спрос на различные номиналы купюр и предлагают оптимальные комбинации для выдачи наличных. Машинное обучение обязательно должно учитывать сезонные колебания, региональные особенности и временные и индивидуальные предпочтения клиентов.

Оптимизация алгоритма выдачи наличных имеет прямое влияние на ключевые аспекты работы банкомата:

- Экономичность. Оптимизированные алгоритмы снижают расходы на инкассацию и обслуживание банкоматов, так как более равномерное использование купюр уменьшает частоту их пополнения.
- Скорость обслуживания. Несмотря на усложнение алгоритмов, их правильная реализация минимизирует время выполнения операций, что особенно важно в часы пик.
- Клиентский опыт. Оптимизированные алгоритмы повышают удовлетворенность клиентов за счет быстрого и удобного обслуживания.

В заключение необходимо отметить, что разработка и внедрение оптимизированных алгоритмов требуют глубокого анализа текущих процессов, учета множества факторов и использования передовых методов, таких как динамическое программирование, эвристические подходы и машинное обучение. Внедрение этих методов позволит не только повысить процент успешных транзакций и сократить время выполнения операций, но и значительно снизить операционные затраты банка за счет уменьшения частоты инкассаций.

Реализация новых алгоритмов также позитивно скажется на клиентском опыте. Ускорение обслуживания, повышение удобства выдачи наличных напрямую влияют на удовлетворенность клиентов, увеличивая их лояльность и доверие к банку. Это, в свою очередь, способствует укреплению конкурентных позиций банка на рынке.

Оптимизация алгоритмов выдачи наличных в банкоматах – это стратегически важная задача, решение которой приносит значительные выгоды как банку, так и его клиентам. Она не только улучшает текущие операционные процессы, но и открывает новые возможности для повышения конкурентоспособности и устойчивого развития в банковской сфере.

1. Мухаметалинов, С. Г. Анализ программного обеспечения аппаратов самообслуживания / С. Г. Мухаметалинов, Д. Д. Джанадилова, А. Т. Абдыкаримова // Студенческая наука: современные реалии – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. – С. 129-130.
2. Минбаев, А. М. Разработка информационной системы для оптимизации распределения наличности по банкоматам с помощью нейросетевых и оптимизационных алгоритмов / А. М. Минбаев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Лениногорск, 29 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Сциентиа», 2024. – С. 134-140.
3. Рысин, Н. А. Разработка высоконагруженного решения прогнозирования временных рядов / Н. А. Рысин // Хроноэкономика. – 2020. – № 4(25). – С. 82-87.
4. Летавин, М. И. Статистический анализ оттока наличности из сети банкоматов / М. И. Летавин, В. В. Плащенко, П. А. Беляева // Финансы и кредит. – 2007. – № 30(270). – С. 9-14.

Коновалов Г.Г.

Преимущества и перспективы Serverless-архитектуры в разработке приложений

Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-220

Аннотация

Serverless-архитектура представляет собой современный подход к разработке приложений, при котором управление серверами полностью делегируется облачным провайдерам. В статье рассматриваются основные преимущества serverless-архитектуры, проведен анализ её недостатков. Также обсуждаются перспективы развития этой архитектуры в свете интеграции с другими технологиями, показан её огромный будущий потенциал.

Ключевые слова: serverless-архитектура, масштабирование, оптимизация затрат, холодный старт, микросервисы, облачные провайдеры, CI/CD, автоматизация.

Abstract

Serverless architecture is a modern approach to application development, in which server management is completely delegated to cloud providers. The article discusses the main advantages of serverless architecture, analyzes its shortcomings. Also, the development prospects of this architecture in light of integration with other technologies are discussed, and its huge future potential is shown.

Keywords: serverless architecture, scaling, cost optimization, cold start, microservices, cloud providers, CI/CD, automation.

Serverless-архитектура, или безсерверная архитектура, представляет собой подход к разработке приложений, при котором управление серверами и инфраструктурой полностью делегируется облачным провайдерам. В такой архитектуре разработчики могут сосредоточиться на создании и улучшении функционала своих приложений, не беспокоясь о масштабировании, обслуживании и администрировании серверов.

Концепция serverless возникла как ответ на растущую потребность в упрощении процессов разработки и эксплуатации приложений. В условиях стремительного роста объемов данных и увеличения требований к скорости разработки, традиционные подходы к управлению инфраструктурой начали становиться узким местом («бутылочным горлышком»). Методология разработки приложений по принципам serverless позволяет значительно сократить временные и финансовые затраты.

На сегодняшний день serverless-архитектура пользуется огромной популярностью, особенно среди стартапов и компаний, стремящихся к быстрой разработке и выпуску продуктов на рынок.

Serverless-архитектура – это модель вычислений в облаке, при которой разработчики могут создавать и запускать приложения без необходимости управлять серверами. Несмотря на название, сервера все равно существуют, но их управление полностью берет на себя облачный провайдер, освобождая разработчиков от задач по настройке и обслуживанию инфраструктуры. В этой модели приложения состоят из функций, которые запускаются в ответ на определенные события, такие как HTTP-запросы, изменения в базе данных или триггеры IoT.

Основная идея serverless подхода заключается в том, что разработчики платят только за фактическое время выполнения их кода. Нет необходимости арендовать или поддерживать постоянно работающие сервера – ресурсы выделяются и оплачиваются только на момент выполнения функции. Это позволяет значительно оптимизировать затраты и упростить масштабирование приложений.

В отличие от традиционной серверной архитектуры, где разработчикам приходится управлять всеми аспектами сервера (от операционной системы до безопасности и масштабирования), serverless освобождает их от этой ответственности. Например, если раньше было необходимо учитывать пиковые нагрузки и заранее масштабировать серверы, то в

serverless эта задача автоматизируется: платформа сама распределяет ресурсы в зависимости от текущих потребностей.

Популярные serverless-платформы, такие как AWS Lambda, Google Cloud, Azure Functions, Yandex.Cloud Serverless и др. предоставляют разработчикам инструменты для простого создания и развертывания приложений. Эти платформы поддерживают множество языков программирования и интеграций, что делает их универсальными для различных типов приложений.

Serverless-архитектура предоставляет разработчикам и бизнесам множество преимуществ, которые делают её всё более популярной в мире разработки приложений. Рассмотрим их.

Масштабируемость

Одним из наиболее значимых преимуществ serverless-архитектуры является автоматическое масштабирование приложений. В традиционных моделях разработчикам приходится предусматривать пиковые нагрузки и заранее настраивать масштабирование серверов. Serverless-архитектура решает эту проблему автоматически: платформа динамически выделяет необходимые ресурсы для выполнения кода в зависимости от текущей нагрузки.

Оптимизация затрат

При применении описываемого подхода удается существенно оптимизировать затраты на инфраструктуру. В отличие от традиционных вариантов разработки и развертывания приложений, serverless-модели предполагают оплату только за фактическое время выполнения кода и потребленные ресурсы. Разработчики и компании платят исключительно за то, что было реально использовано, что особенно выгодно при нерегулярных или непредсказуемых нагрузках.

Ускорение разработки

Значительно ускоряется процесс разработки, разработчики сосредоточены на написании кода, а не на управлении инфраструктурой. Снижение времени, необходимого для развертывания и настройки серверов, освобождает ресурсы для работы над улучшением функционала приложения. Новые продукты и функции быстрее выводятся на рынок, что является одним из факторов успеха в условиях высокой конкуренции.

Упрощение управления

Еще одним важным преимуществом serverless-архитектуры является отсутствие необходимости управлять серверами. Платформы облачных провайдеров берут на себя все аспекты администрирования (обновление программного обеспечения, безопасность, мониторинг, восстановление после сбоев).

Непрерывная интеграция и развертывание (CI/CD)

Serverless-архитектура естественным образом интегрируется с процессами непрерывной интеграции и развертывания (CI/CD). Поскольку функции могут развертываться и тестироваться независимо друг от друга, разработчики могут оперативно обновлять приложение без риска нарушения его работы. Такая особенность очень полезна для команд, работающих в Agile-среде.

Несмотря на множество преимуществ, serverless-архитектура также имеет свои недостатки.

Проблемы с холодным стартом

Одним из наиболее значительных недостатков serverless-архитектуры является так называемый «холодный старт» (cold start). Когда функция вызывается впервые или после периода бездействия, облачной платформе требуется время для инициализации окружения и загрузки необходимых ресурсов. Это приводит к задержке в её выполнении и негативно сказывается на времени отклика приложения.

Ограничения в контроле и настройке окружения

В serverless-архитектуре разработчики работают в управляемой среде, предоставляемой облачным провайдером. Это влечет за собой ограниченные возможности для настройки окружения. Например, невозможно выбрать или настроить операционную систему, управление процессами, использовать нестандартные библиотеки и инструменты. В то время как на традиционных серверах или контейнерах всё это может быть реализовано.

Зависимость от облачного провайдера (vendor lock-in)

Еще одной важной проблемой serverless-архитектуры является зависимость от конкретного облачного провайдера (также известная как vendor lock-in). Использование проприетарных инструментов и функций платформы делает невозможным перенос приложения на другую платформу. Это является существенным недостатком при переносе проекта на локальную инфраструктуру.

Ограничения по длительности и ресурсам выполнения

Serverless-функции имеют ограничения по максимальному времени выполнения и потребляемым ресурсам (оперативная память и процессорное время). Облачные провайдеры ограничивают выполнение функции несколькими минутами. Это делает serverless слабо подходящим для интенсивных вычислительных операций.

В заключение необходимо отметить, что serverless-архитектура представляет собой мощный инструмент, предоставляющий разработчикам значительные преимущества. Этот подход позволяет сосредоточиться на создании и совершенствовании приложений, избавляя от необходимости управлять серверной инфраструктурой. Однако, как и любая другая технология, serverless имеет свои недостатки.

Перспективы развития serverless-архитектуры выглядят многообещающе. Текущие тенденции показывают, что она будет продолжать развиваться и расширять свою область применения. Кроме того, можно ожидать появления новых инструментов и улучшений, которые сделают serverless ещё более гибким и доступным решением для различных задач.

В конечном счете, serverless -архитектура – это не просто модный тренд, а значительное изменение в парадигме разработки приложений, которое уже оказывает влияние на ИТ-индустрию и будет продолжать это делать в ближайшие годы. Компании, которые будут эффективно использовать serverless, смогут получить значительное конкурентное преимущество, быстрее адаптироваться к новым вызовам и удовлетворять растущие потребности пользователей.

1. Основы Serverless / И. П. Дешко, К. Г. Кряженков, С. В. Тулинов, В. Я. Цветков. – Москва : ООО «МАКС Пресс», 2020. – 72 с.
2. Микросервисы и Serverless платформы : Учебное пособие / И. П. Дешко, К. Г. Кряженков, С. В. Тулинов, В. Я. Цветков. – Москва : ООО «МАКС Пресс», 2020. – 64 с.
3. Пантелеев, А. С. Особенности разработки Serverless приложений / А. С. Пантелеев, Т. Г. Соловьев // Сборник материалов XV Всероссийской молодежной научно-инновационной школы, Саров, 13–15 апреля 2021 года. – Саров: ООО «Интерконтакт», 2021.
4. Кузнецов, А. А. Архитектура serverless / А. А. Кузнецов, В. Е. Казаков, В. В. Мурычева // Материалы докладов конференции. В 2-х томах, Витебск, 28 апреля 2021 года. Том 2. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2021. – С. 16-18.
5. Гордина, А. Т. Проектирование приложений Serverless-архитектуры / А. Т. Гордина, А. В. Забродин, А. Д. Хомоненко // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2022. – № 2. – С. 140-148.
6. Бессерверные вычисления: текущее состояние и перспективы развития в сфере информационных технологий / А. А. Матвеев, А. М. Шулик, Р. Д. Сеницын [и др.] // Наукосфера. – 2024. – № 3-2. – С. 257-261.
7. Шепелев, Д. А. Бессерверные вычисления как новый подход в области построения архитектуры ИТ-систем / Д. А. Шепелев, О. В. Староверова // Ученые записки ИСГЗ. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 523-528.

Коновалов Г.Г.**Принципы архитектуры и преимущества векторных баз данных***Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-221

Аннотация

Векторные базы данных становятся все более актуальными в эпоху больших данных и искусственного интеллекта. Эти базы данных позволяют эффективно обрабатывать и анализировать неструктурированные данные, такие как текст, изображения и аудио, за счет использования векторных представлений объектов. В статье рассмотрены ключевые аспекты работы векторных баз данных, параметры их производительности, точности поиска и рекомендаций, масштабируемость.

Ключевые слова: векторные базы данных, векторные представления, обработка неструктурированных данных, высокопроизводительный поиск, рекомендации, масштабируемость, машинное обучение, искусственный интеллект.

Abstract

Vector databases are becoming increasingly relevant in the era of big data and artificial intelligence. These databases allow you to effectively process and analyze unstructured data such as text, images, and audio by using vector representations of objects. The article discusses key aspects of vector databases, their performance parameters, search and recommendation accuracy, and scalability.

Keywords: vector databases, vector representations, unstructured data processing, high-performance search, recommendations, scalability, machine learning, artificial intelligence.

Векторные базы данных – это новый и перспективный подход к хранению и обработке данных, ставший особенно актуальным в эпоху больших данных и искусственного интеллекта. В отличие от традиционных реляционных баз данных, хранящих данные в виде таблиц, векторные базы данных используют векторное представление данных. Это позволяет эффективно решать задачи поиска, кластеризации, классификации и рекомендательных систем.

С развитием методов машинного обучения и глубоких нейронных сетей векторные представления данных (или эмбединги) стали основой для многих современных приложений. Они позволяют представлять сложные объекты, такие как тексты, изображения и звуки, в виде наборов чисел (векторов) в многомерном пространстве. Этот подход открывает новые возможности для анализа и поиска, особенно когда речь идет о неструктурированных данных.

Основой векторных баз данных является идея преобразования сложных объектов в числовые векторы, которые можно легко обрабатывать и сравнивать в многомерном пространстве. Данная концепция позволяет значительно улучшить производительность и точность поиска при работе с неструктурированными объектами (текст, изображения и аудио).

Векторное представление данных – это способ кодирования объектов в виде наборов чисел (векторов). Каждый вектор в многомерном пространстве отражает характеристики объекта, и чем более похожи два объекта, тем ближе будут их векторы. Например, слова с похожим значением в текстовом корпусе будут представлены близкими векторами в пространстве.

Для преобразования объектов в векторы применяются различные методы машинного обучения. Например, для текста часто используются модели типа Word2Vec, GloVe или трансформеры, которые обучаются на больших объемах данных и позволяют создавать высококачественные векторные представления. Для изображений используются сверточные нейронные сети, которые извлекают важные признаки изображения и преобразуют их в векторы.

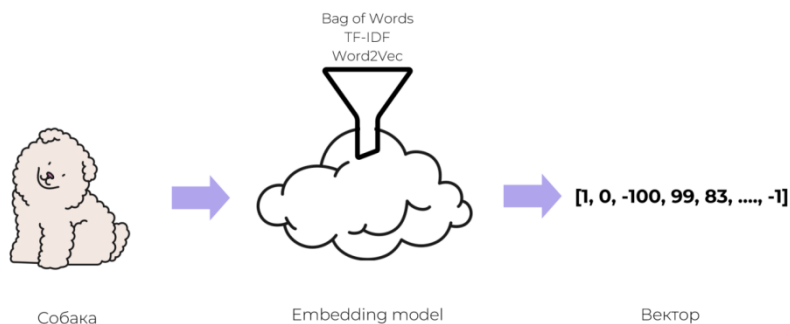


Рисунок 1. Преобразование объекта в вектор.

Один из ключевых аспектов работы векторных баз данных – это эффективный поиск и сравнение векторов. Основной метод, применяемый для этого – вычисление расстояния между векторами. Наиболее распространенным способом является косинусное расстояние, которое измеряет угол между двумя векторами, или евклидово расстояние, которое учитывает прямое расстояние между точками в пространстве.

Кроме того, векторные базы данных часто используют методы индексирования для ускорения поиска. Например, структуры данных типа HNSW (Hierarchical Navigable Small World) или Annoy (Approximate Nearest Neighbors Oh Yeah) позволяют быстро находить ближайших соседей в многомерном пространстве, даже при работе с миллионами векторов.

Векторные базы данных применяются во множестве современных приложений. В обработке текста они позволяют находить семантически близкие документы, улучшая качество поиска. В анализе изображений и видео их используют для поиска похожих объектов или лиц (что востребовано в безопасности и социальных сетях). В рекомендационных системах векторные базы данных помогают находить продукты или контент, который наиболее соответствует предпочтениям пользователя, на основе их векторного представления.

Векторные базы данных опираются на мощные математические принципы, которые позволяют обрабатывать и анализировать данные нового типа с высокой точностью и эффективностью.

Векторные базы данных предлагают ряд значительных преимуществ по сравнению с традиционными реляционными системами, особенно в контексте работы с большими объемами неструктурированных данных. Эти преимущества становятся особенно очевидными в задачах поиска, кластеризации и рекомендации.

Одним из главных достоинств векторных баз данных является их высокая производительность. Благодаря эффективным методам индексирования и алгоритмам поиска, таким как HNSW или Annoy, векторные базы данных могут обрабатывать миллионы запросов за короткое время. Это особенно важно для приложений, требующих быстрой обработки больших объемов данных (поисковые системы, онлайн-магазины и т.п.).

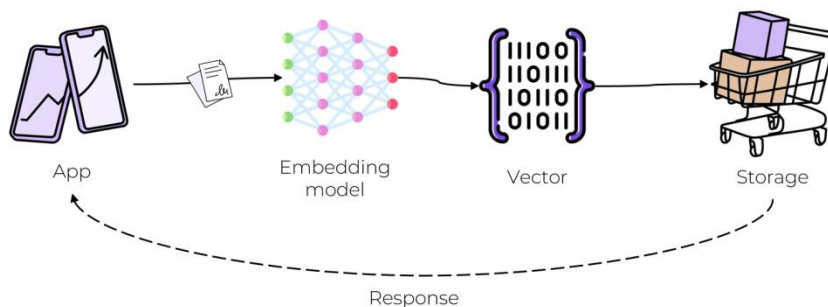


Рисунок 2. Схема работы рекомендательной системы онлайн-магазина.

Векторные базы данных оказались особенно полезны при работе с текстом, изображениями, аудио и прочими неструктурированными объектами данных. Традиционные реляционные базы данных испытывают затруднения при хранении и обработке таких данных, из-за того, что им требуется предварительная обработка в структурированный формат. Векторные базы данных же позволяют напрямую работать с векторными представлениями, упрощая задачи поиска и анализа.

В векторных базах данных более точный поиск и рекомендации реализуются за счет использования семантических векторных представлений. Например, в текстовых приложениях моделей, таких как BERT или GPT, создаются векторы, учитывающие контекст и смысл слов, что позволяет находить документы, которые лучше соответствуют запросам пользователей. В рекомендационных системах векторные представления товаров или контента позволяют более точно подбирать предложения, основываясь на предпочтениях пользователей.

Векторные базы данных демонстрируют отличную масштабируемость, что позволяет им эффективно работать как с небольшими, так и с огромными объемами данных. При необходимости масштабирования, векторные базы данных могут легко адаптироваться к новым требованиям, добавляя больше ресурсов для хранения и обработки данных. Эта гибкость делает их идеальным выбором для компаний, которые сталкиваются с растущими объемами данных.

Множество известных компаний уже успешно используют векторные базы данных. Например, в поисковых системах такие базы данных помогают улучшить качество поиска, учитывая семантическое сходство запросов и документов. В социальных сетях они используются для рекомендаций контента и взаимодействия с пользователями на основе их интересов и поведения. В области медицины и биоинформатики векторные базы данных помогают анализировать генетические данные и находить связи между различными биологическими признаками.

Таким образом, векторные базы данных предоставляют собой мощный инструмент для работы с неструктурированными объектами, обеспечивая высокую производительность, точность и гибкость в обработке информации. Эти преимущества делают их важным компонентом в экосистеме современных информационных технологий.

В заключение необходимо отметить, что векторные базы данных представляют собой инновационный подход к хранению и обработке данных. Они стали важным инструментом в эру больших данных и искусственного интеллекта. Векторные базы данных позволяют эффективно решать задачи, связанные с анализом неструктурированных объектов. Они предлагают высокую производительность, точность и масштабируемость.

Преимущества векторных баз данных особенно заметны в приложениях, где требуется быстрый и точный поиск, персонализация контента и работа с большими объемами объектов. Векторные представления данных позволяют учитывать семантическое сходство объектов, что значительно улучшает результаты поиска и рекомендаций. Кроме того, такие базы данных легко масштабируются, что делает их идеальным решением для компаний, стремящихся к росту и повышению качества своих сервисов.

С развитием технологий машинного обучения и искусственного интеллекта векторные базы данных будут продолжать совершенствоваться. В будущем они, вероятно, станут стандартом для многих областей, требующих работы с большими и сложными наборами данных.

1. Векторные базы данных: простым языком про устройство и принцип работы – URL: <https://habr.com/ru/companies/tochka/articles/809493/> (дата обращения 23.08.2024 г.). Текст: электронный.
2. What is a Vector Database & How Does it Work? – URL: <https://www.pinecone.io/learn/vector-database/> (дата обращения 23.08.2024 г.). Текст: электронный.
3. What is a vector database? – URL: <https://www.elastic.co/what-is/vector-database> (дата обращения 23.08.2024 г.). Текст: электронный.
4. Vector database – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/cosmos-db/vector-database> (дата обращения 23.08.2024 г.). Текст: электронный.

Коновалов Г.Г.
Сравнительный анализ типов баз данных

*Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-222

Аннотация

В статье проведен сравнительный анализ различных типов баз данных: реляционных (SQL), нереляционных (NoSQL) и гибридных (NewSQL). Рассмотрены преимущества и недостатки каждого типа баз данных с точки зрения производительности, масштабируемости, структуры данных, сохранения и целостности данных, отказоустойчивости, а также затрат на разработку и эксплуатацию. Каждый тип базы данных оценивается на основе ряда ключевых параметров и критериев, что помогает разработчикам и архитекторам принимать обоснованные решения при выборе базы данных для конкретных проектов.

Ключевые слова: реляционные базы данных, SQL, NoSQL, NewSQL, масштабируемость, производительность, типы данных, выбор базы данных, практическое применение.

Abstract

The article provides a comparative analysis of different types of databases: relational (SQL), non-relational (NoSQL) and hybrid (NewSQL). The advantages and disadvantages of each type of database are considered in terms of performance, scalability, data structure, data storage and integrity, fault tolerance, as well as development and operating costs. Each type of database is evaluated based on a number of key parameters and criteria, which helps developers and architects make informed decisions when choosing a database for specific projects.

Keywords: relational databases, SQL, NoSQL, NewSQL, scalability, performance, data types, database selection, practical application.

В современном мире данные являются одним из самых ценных ресурсов. Компании различных отраслей ежедневно генерируют и обрабатывают огромные объемы информации. Эффективное управление этими данными требует использования подходящих баз данных, позволяющих надежно хранить, быстро обрабатывать и эффективно извлекать информацию. С ростом разнообразия типов данных и задач, стоящих перед организациями, возникла необходимость в различных типах баз данных, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества.

Существует множество типов баз данных, разработанных для решения различных задач. Основные из них включают реляционные (SQL), нереляционные (NoSQL) и гибридные (NewSQL) базы данных. Каждый из этих типов отличается своим подходом к хранению, управлению и обработке данных, а также сильными и слабыми сторонами.

Реляционные базы данных, или SQL-базы данных, являются одними из самых распространенных и проверенных временем технологий хранения данных. Они организуют данные в виде таблиц, где строки представляют записи, а столбцы – поля с определенными типами данных. SQL (Structured Query Language) – основной язык для управления и запросов в таких базах. Их основными преимуществами являются высокая надежность, поддержка транзакций и целостность данных, однако они часто испытывают трудности при работе с большими объемами неструктурированных данных и масштабируемостью.

Нереляционные или NoSQL-базы данных появились в ответ на потребности современных приложений, которым требуется большая гибкость и масштабируемость. Они не используют строгую схему, что позволяет хранить данные в различных форматах, например,

документы, графы, ключ-значение или колонки. В зависимости от структуры данных, NoSQL базы делятся на несколько категорий:

- Документно-ориентированные (например, MongoDB) хранят данные в виде документов, обычно в формате JSON.
- Графовые базы данных (например, Neo4j) идеально подходят для работы с данными, представленными в виде узлов и связей.
- Базы данных ключ-значение (например, Redis) используют простую структуру ключ-значение для быстрого доступа к данным.
- Колоночные базы данных (например, Cassandra) оптимизированы для работы с большими объемами данных, распределенных по множеству колонок.

NoSQL базы данных отличаются высокой производительностью и масштабируемостью, однако зачастую они не обеспечивают полной поддержки транзакций и строгой консистентности данных.

Гибридные базы данных, или NewSQL, стремятся объединить лучшие качества реляционных и нереляционных баз данных. Они обеспечивают масштабируемость и гибкость, характерные для NoSQL, но при этом сохраняют надежность и поддержку транзакций, присущие реляционным базам данных. NewSQL базы данных являются относительно новой технологией и предназначены для удовлетворения потребностей в масштабируемости без жертвования надежностью данных.

Каждый тип баз данных обладает уникальными характеристиками, которые определяют их использование в различных сценариях. Рассмотрим ключевые особенности реляционных, нереляционных и гибридных баз данных, а также их основные отличия.

Реляционные базы данных (SQL)

Реляционные базы данных строятся на основе модели данных, где информация организована в таблицы. Эта структура идеально подходит для приложений, где данные имеют четкую и постоянную схему. Основные особенности реляционных баз данных:

- Строгая схема данных. Данные хранятся в таблицах с четко определенными типами данных и взаимосвязями между ними. Это обеспечивает высокую степень целостности и консистентности данных.
- Поддержка ACID-транзакций. ACID (атомарность, согласованность, изоляция, долговечность) – это набор свойств, гарантирующий надежность операций с данными.
- Язык SQL. Structured Query Language (SQL) является стандартом для управления данными в реляционных базах. С его помощью осуществляются операции над данными.

Несмотря на свои преимущества, реляционные базы данных испытывают трудности при работе с очень большими объемами данных и слабо структурированными или изменяющимися наборами данных. Масштабирование таких баз требует значительных усилий и может потребовать горизонтального разделения данных (шардинга), что усложняет архитектуру.

Нереляционные базы данных (NoSQL)

NoSQL-базы данных предлагают более гибкий подход к хранению данных, позволяя работать с различными типами данных и схем. Эти базы данных лучше подходят для современных веб-приложений, социальных сетей и больших данных. Их основными особенностями являются:

- Отсутствие строгой схемы. NoSQL базы данных позволяют хранить данные в любом формате, будь то документы, графы, пары ключ-значение или колонки.
- Отличная масштабируемость. NoSQL базы данных изначально разработаны для горизонтального масштабирования, что делает их идеальными для работы с большими объемами данных и высоконагруженными приложениями.
- Гибкость и производительность. Благодаря отсутствию строгой схемы и распределенной архитектуре, NoSQL базы данных могут значительно улучшить производительность при обработке больших объемов данных.

Однако у NoSQL-баз данных есть свои недостатки: отсутствие полной поддержки ACID-транзакций и потенциальные проблемы с обеспечением консистентности данных в распределенных системах.

Гибридные базы данных (NewSQL)

NewSQL базы данных сочетают в себе преимущества как реляционных, так и нереляционных систем, предлагая лучшее из обоих миров. Эти базы данных разработаны для того, чтобы решить проблемы масштабируемости реляционных баз данных, сохраняя при этом поддержку ACID-транзакций. Основные особенности NewSQL баз данных вобрали в себя всё самое лучшее:

- Масштабируемость. Подобно NoSQL, NewSQL базы данных поддерживают горизонтальное масштабирование, что позволяет им эффективно работать с большими объемами данных.
- Поддержка ACID-транзакций. В отличие от большинства NoSQL баз данных, NewSQL системы сохраняют поддержку транзакций, обеспечивая надежность и целостность данных.
- Совместимость с SQL. NewSQL базы данных продолжают использовать SQL как основной язык для работы с данными, что облегчает их внедрение в существующие системы и упрощает обучение.

Тем не менее, NewSQL базы данных являются относительно новой технологией, и их внедрение может требовать значительных ресурсов, а также тщательного планирования.

Выбор подходящего типа базы данных – ключевое решение, влияющее на производительность, масштабируемость и успешность проекта.

В заключение необходимо отметить, что выбор подходящего типа базы данных является ключевым фактором успешного развития любого проекта, связанного с хранением и обработкой данных. Реляционные, нереляционные и гибридные базы данных предлагают различные подходы к организации, хранению и управлению данными, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны.

Выбор базы данных должен основываться на специфике задач проекта, типах данных и требованиях к производительности и масштабируемости. Важно тщательно проанализировать все аспекты, чтобы принять решение, которое обеспечит оптимальную работу системы как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Развитие технологий баз данных продолжается, и, возможно, в будущем появятся новые решения, которые еще более эффективно смогут удовлетворить потребности бизнеса и приложений.

Понимание различий между SQL, NoSQL и NewSQL базами данных, а также их применение в различных сценариях, позволяет нам сделать осознанный выбор и максимально эффективно использовать возможности современных технологий управления данными.

1. Антонов, А. А. сравнительный анализ различных типов баз данных / А. А. Антонов // Неделя науки ИКНХ – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. – С. 187-191.
2. Васильева, В. В. Сравнительный анализ реляционных и нереляционных баз данных: преимущества и недостатки каждого типа / В. В. Васильева // XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых) – Казань: ИП Сагиев А.Р., 2023. – С. 2103-2107.
3. Воронкин, В. С. Newsql как новый этап развития СУБД / В. С. Воронкин // СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК – Уфа: ООО «Аэтерна», 2014. – С. 4-9.
4. Ефимова, Е. С. Сравнительный анализ систем управления базами данных SQL и nosql / Е. С. Ефимова, Е. М. Голобокова // Информационные технологии в науке и образовании. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2017. – С. 144-146.
5. Леонов, Н. А. Сравнительный анализ nosql и реляционного подхода построения баз данных, особенности доступа к данным / Н. А. Леонов, И. В. Азаров // Студенческая наука для развития информационного общества – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. – С. 349-351.
6. Мошак, Н. Н. Сравнительный анализ реляционных и нереляционных баз данных / Н. Н. Мошак, В. В. Касаткин, С. Р. Рудинская // Современные средства связи. – 2023. – Т. 1, № 1. – С. 51-53.

Коновалов Г.Г.**Увеличение продуктивности разработки методом экстремального программирования***Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-223

Аннотация

В статье рассматриваются основные принципы экстремального программирования, их влияние на качество и скорость разработки, а также практические советы по внедрению этой методики в реальных проектах. Особое внимание уделено преимуществам экстремального программирования для снижения ошибок, ускорения принятия решений и улучшения коммуникации внутри команды.

Ключевые слова: экстремальное программирование, продуктивность разработки, парное программирование, непрерывная интеграция, итеративная разработка, качество кода, гибкие методологии.

Abstract

The article discusses the basic principles of extreme programming, their impact on the quality and speed of development, as well as practical advice on implementing this methodology in real projects. Particular attention is paid to the benefits of extreme programming for reducing errors, accelerating decision-making, and improving communication within the team.

Keywords: extreme programming, development productivity, pair programming, continuous integration, iterative development, code quality, agile methodologies.

Экстремальное программирование (Extreme Programming, XP) – это гибкий метод разработки программного обеспечения, в основе которого лежит фокусировка на улучшении качества кода и повышении продуктивности команды. XP был разработан в конце 1990-х годов как ответ на проблемы традиционных подходов к разработке, которые часто приводили к затягиванию сроков, низкому качеству продукта и высокой стоимости изменений.

Экстремальное программирование (XP) основывается на ряде ключевых принципов. Эти принципы тесно связаны между собой и создают основу для успешного применения метода XP в реальных проектах. Рассмотрим их.

Принцип 1. Парное программирование

Парное программирование – одна из центральных практик XP, при которой два разработчика работают вместе за одним компьютером: один пишет код, а другой проверяет его, предлагает улучшения и думает над следующими шагами. Такой подход позволяет значительно снизить количество ошибок, улучшить дизайн системы и ускорить процесс обучения новых членов команды. В результате, качество кода повышается, а работа выполняется быстрее.

Принцип 2. Непрерывная интеграция

Непрерывная интеграция (Continuous Integration, CI) подразумевает частую и автоматизированную проверку изменений в коде, которые вносятся в общую ветку разработки. В XP разработчики интегрируют свои изменения в основной репозиторий несколько раз в день, что позволяет быстро выявлять и исправлять ошибки. Это способствует поддержанию стабильности системы и уменьшению времени на исправление багов, что, в свою очередь, повышает продуктивность команды.

Принцип 3. Простота и обратная связь

В XP большое значение придается простоте решений и постоянному получению обратной связи. Принцип «Программируй как можно проще» предполагает создание минимально сложного кода, который решает текущие задачи, но не перегружен избыточной функциональностью. Это облегчает поддержку и доработку кода в будущем. Постоянная

обратная связь от клиентов и внутри команды помогает своевременно корректировать направление разработки и быстро реагировать на изменения требований.

Принцип 4. Итеративная разработка и частые релизы

Итеративная разработка и частые релизы позволяют команде разработки быстро адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. В рамках XP проект разбивается на короткие итерации, каждая из которых завершается рабочей версией продукта, готовой к выпуску. Такой подход позволяет получить ранние результаты, быстрее увидеть пользу от внедренных изменений и минимизировать риски, связанные с длительным циклом разработки.

Экстремальное программирование (XP) предоставляет значительные преимущества для продуктивности разработки, фокусируясь на высоком качестве кода, эффективной работе команды и быстрой адаптации к изменениям. Рассмотрим ключевые аспекты, которые способствуют этому.

Аспект 1. Снижение количества ошибок и повышение качества кода

Одним из главных преимуществ XP является значительное снижение количества ошибок в коде и повышение его качества. Применение таких практик, как парное программирование и тестирование на всех этапах разработки, позволяют быстро выявлять и устранять баги. Непрерывная интеграция помогает избежать накопления ошибок и конфликтов в коде, что ведет к стабильной и качественной системе. Всё это сокращает время, которое команда тратит на исправление ошибок, и позволяет сосредоточиться на развитии функционала.

Аспект 2. Ускорение процесса принятия решений

XP поощряет активное взаимодействие и обмен знаниями между членами команды, что в итоге ускоряет процесс принятия решений. Парное программирование и регулярные встречи способствуют быстрому обсуждению и решению возникающих проблем. Благодаря этому команда быстрее находит оптимальные решения, что уменьшает задержки и способствует более продуктивной работе.

Аспект 3. Улучшение коммуникации и взаимодействия в команде

В XP ключевую роль играет коммуникация как внутри команды, так и с заказчиком. Регулярная обратная связь и открытые обсуждения способствуют лучшему пониманию требований и задач. Такая рабочая практика снижает вероятность недопонимания и ошибок и повышает продуктивность. Частые встречи и постоянное взаимодействие также укрепляют командный дух и помогают поддерживать высокий уровень мотивации.

Аспект 4. Повышение гибкости и адаптивности к изменениям требований

XP построен на идее гибкости и быстрой адаптации к изменениям. Используя итеративный подход и частые релизы, команда может оперативно реагировать на новые требования или изменения в проекте. Это позволяет избежать долгосрочного планирования, которое часто оказывается неэффективным в условиях быстро меняющихся требований. В результате команда может сосредоточиться на актуальных задачах, что повышает общую продуктивность.

В совокупности эти преимущества делают экстремальное программирование мощным инструментом для повышения продуктивности разработки. Метод XP не только помогает командам создавать качественный продукт, но и обеспечивает эффективное использование времени и ресурсов, что особенно важно в условиях высокой конкуренции и динамично изменяющихся требований рынка.

Внедрение экстремального программирования в команду требует четкого понимания его принципов и готовности к изменениям. Чтобы успешно применять XP на практике, необходимо адаптировать методику к специфике проекта и команды, а также преодолеть возможные трудности, с которыми можно столкнуться на этом пути.

Одной из основных проблем при внедрении ХР является сопротивление изменениям со стороны команды или руководства. Некоторые разработчики могут скептически относиться к практике парного программирования или бояться, что частые релизы повысят нагрузку. Для преодоления этих трудностей важно проводить обучение и разъяснительную работу, показывая преимущества ХР и делая акцент на успешных примерах его применения. Переход к ХР также может требовать изменения процессов и инструментов, что требует времени и ресурсов. Здесь важно действовать постепенно, адаптируя ХР к текущим условиям и возможностям команды.

Каждая команда уникальна, поэтому важно адаптировать ХР под её особенности. Приведем несколько советов для успешного внедрения ХР:

1. Начните с малого. Внедряйте ХР постепенно, начиная с отдельных практик, таких как парное программирование или разработка через написание тестов. Это поможет команде привыкнуть к новому подходу и увидеть его пользу.
2. Поддерживайте открытость и прозрачность. Обсуждайте с командой прогресс и возникающие трудности. Регулярные обсуждения помогут выявить и устранить проблемы, улучшая процесс.
3. Адаптируйте практики к реальным условиям. Не все практики ХР могут идеально подходить для вашей команды. Например, в случае работы с крупными проектами, возможно, потребуется изменить подход к парному программированию или интеграции, чтобы сохранить темп разработки.
4. Используйте современные инструменты. Инструменты для непрерывной интеграции, управления проектами и коммуникации играют важную роль в успешном внедрении ХР. Выберите те, которые наиболее подходят для вашей команды, и интегрируйте их в рабочий процесс.

В заключение необходимо отметить, что экстремальное программирование представляет собой мощный метод повышения продуктивности разработки, который сочетает в себе гибкость, эффективность и высокое качество работы. Основываясь на таких принципах, как парное программирование, непрерывная интеграция, простота решений и частые итерации, ХР позволяет командам быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям и добиваться выдающихся результатов.

Экстремальное программирование – это не просто набор практик, а философия, направленная на постоянное улучшение процессов разработки. Для команд, стремящихся к высоким результатам, ХР предоставляет эффективный путь к повышению продуктивности и созданию качественного программного обеспечения, способного удовлетворить даже самые сложные требования заказчика.

1. Михайлов, М. В. Методология экстремального программирования / М. В. Михайлов, Е. Т. Яруськина // ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ НАУКИ и ТЕХНИКИ: ВЗГЛЯД СОВРЕМЕННЫХ УЧЕНЫХ – Нижний Новгород: Научный мир, 2023. – С. 17-18.
2. Васильев, Е. В. Экстремальное программирование / Е. В. Васильев, Е. Т. Яруськина // Технические и естественно-научные достижения современности: актуальные вопросы и разработки – Волгоград : ООО «Сфера», 2024. – С. 21-23.
3. Экстремальное программирование и Методология быстрой разработки приложений / Р. О. Торбеев, Н. Э. Александров, К. Ф. Асанбаев, Е. Ю. Айрапетьянц // РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ и ОБРАЗОВАНИЯ – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 37-39.
4. Коновалов, Г. Г. Эволюция метода Test Driven Development: тенденции и направления развития / Г. Г. Коновалов // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 105-14. – С. 35-38.
5. Лошманов, А. Ю. Введение в экстремальное программирование : учебное пособие / А. Ю. Лошманов ; А. Ю. Лошманов ; Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования «Комсомольский-на-Амуре техн. ун-т». – Комсомольск-на-Амуре : КнАГТУ, 2009. – 64 с.
6. Чурсин, П. О. Исследование возможностей техники экстремального программирования TDD (Test driven development) при разработке кода Java с использованием фреймворка JUNIT / П. О. Чурсин // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2014. – С. 359-363.

Соколов И.В., Комаров Д.С., Коваленко Г.В.

Методы проектирования высоконагруженных стриминговых сервисов

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-224

Аннотация

Проектирование высоконагруженных стриминговых сервисов требует особого внимания к надежности, масштабируемости и эффективности обработки данных. В данной статье рассматриваются основные методы и подходы к проектированию таких систем. Особое внимание уделено вопросам масштабирования инфраструктуры, оптимизации передачи данных и снижению задержек. Примеры из практики иллюстрируют успешное применение распределенных систем, кэширования и балансировки нагрузки для обеспечения стабильной работы стриминговых сервисов при высокой нагрузке в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: высоконагруженные системы, стриминговые сервисы, масштабируемость, отказоустойчивость, кэширование.

Abstract

Designing high-load streaming services requires special attention to reliability, scalability and data processing efficiency. This article discusses the main methods and approaches to the design of such systems. Special attention is paid to the issues of scaling the infrastructure, optimizing data transmission and reducing delays. Practical examples illustrate the successful use of distributed systems, caching and load balancing to ensure stable operation of streaming services under high load in real-world operating conditions.

Keywords: highly loaded systems, streaming services, scalability, fault tolerance, operation caching.

Введение

Во время проектирования высоконагруженных стриминговых сервисов важно уделить внимание ключевым аспектам, определяющим их производительность и надежность. Основная цель таких систем — обеспечивать бесперебойную передачу аудио и видео контента пользователям в реальном времени, несмотря на возможные скачки нагрузки. Для достижения этой цели необходимо учитывать требования, такие как масштабируемость, отказоустойчивость и минимизация задержек. На ранних стадиях проектирования важно сосредоточиться на выборе архитектурных решений, подходящих технологий и методов оптимизации, чтобы обеспечить стабильную и эффективную работу стримингового сервиса, учитывая в подходах возможное будущее масштабирование. В качестве примера будем ориентироваться на лидера музыкального стриминга Spotify.

Основная часть

Функциональные особенности современных стриминговых платформ включают в себя: регистрацию/авторизацию, загрузку контента, стриминг контента в разном качестве, рекомендательные системы, сбор статистики по пользователям, и самому контенту. В качестве опорных параметров можно взять целевые цифра MAU в 618 млн. и DAU в 272 млн. пользователей.

Таблица 1

Параметры проектируемого сервиса.

Метрики	Значения
Месячная аудитория (MAU)[3]	618 млн.
Дневная аудитория (DAU)[3]	272 млн.

Кол-во новых песен в день[3]	60 тыс.			
Кол-во платных пользователей[3]	239 млн.			
Кол-во песен[1]	100 млн.			
Кол-во добавляемых песен в день[1]	60 тыс.			
Ср.Время использования сервиса[1]	118 мин.			
Ср. Кол-во символов в песне[1]	3000 сим.			
Web Player Bitrate (Free)[1]	128 kbit/s			
Web Player Bitrate (Premium)[1]	256 kbit/s			
Desktop Bitrate (Free)[1]	Low	Medium	High	
	24 kbit/s	96 kbit/s	160 kbit/s	
Desktop Bitrate (Premium)[1]	Low	Medium	High	Very High
	24 kbit/s	96 kbit/s	160 kbit/s	320 kbit/s

Используя входные данные получим значения.

Таблица 2

Расчетная нагрузка на сервисы.

Сервис	RPS
Авторизация	715
информация о своем плейлисте	15740
информация об конкретном альбоме, плейлисте	9445
Добавление трека в плейлист	9445
Создание плейлиста	715
Стриминг аудиофайла	85000
Загрузка аудиофайла	0.7
информации о песне	85000
Рекомендаций	15740
Поиск	15740

Для глобальной балансировки будем использовать Latency-based DNS[4], в результате чего пользователю будет предоставлен дата-центр с наименьшей задержкой.

Внутри регионов будем использовать BGP Anycast[4] (будем выдавать один ip-адрес для нескольких дата-центров, отправлять пользователя к ближайшему, CDN серверу)

Будем использовать CDN сервера для отдачи статики (музыка, картинки). Для этого будем кэшировать треки в дата-центрах и дальше рассылать по CDN серверам, также будем предоставлять провайдерам кэш данные для ускорения контента(ISP), чтобы снять нагрузку с CDN серверов.

Кеш сервер будет отдавать пользователю контент, а в моменты минимальной нагрузки загружать с CDN серверов новый.

В датацентре будет стоять маршрутизатор, с помощью BGP маршрутизации будет распределять данные на балансировщик L7.

Будем использовать Envoy - кэширование некоторых запросов, для того чтобы решить проблему "медленных клиентов". С помощью алгоритма Weighted Least Connections[4] будем распределять (балансировать) запросы на сервисы (запущенные на виртуальных машинах под управлением Kubernetes). Отказоустойчивость в рамках сервисов будет гарантировать Kubernetes. Балансировщики будут использовать heartbeat linux.

Использование SSL Termination[4] поможет снять нагрузку с серверов по расшифровке SSL, оптимизировать процесс будет L7 балансировщик. Session cache будет кэшировать сессию.

В качестве алгоритмов рекомендаций предложения треков будем использовать ML-алгоритмы:

1. Совместная фильтрация.
2. Алгоритм факторизации взвешенной матрицы
3. Анализ спектрограммы треков, используя сверточную нейронную сеть (CNN) для определения тональности, лада, темпа и громкости. Такой подход позволяет более точно проводить рекомендацию треков совмещая их между собой по совместимым параметрам аналогичным другим песням.
4. Обработка естественного языка (Echo Nest) в упоминаниях песен в новостях и рецензиях.

В рамках сессии на пользователя будем заполнять фильтр блума (Bloom Filter) для прослушанных треков, чтобы в одном сеансе прослушивания музыки не было повторений.

Стриминг проводится с использованием протоколов адаптивного битрейта HLS (HTTP Live Streaming) или DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)

Для хранения используются форматы: Ogg Vorbis (96, 160, 320 kbps), AAC (128, 256 kbps), HE-AACv2 (24kbps), FLAC или WAV (1411 kbps, частота дискретизации 44 100 Гц и глубина 16 бит).

Для поиска стоит воспользоваться Elasticsearch, встроенным анализатором текста и полнотекстовым поиском Apache Lucene.

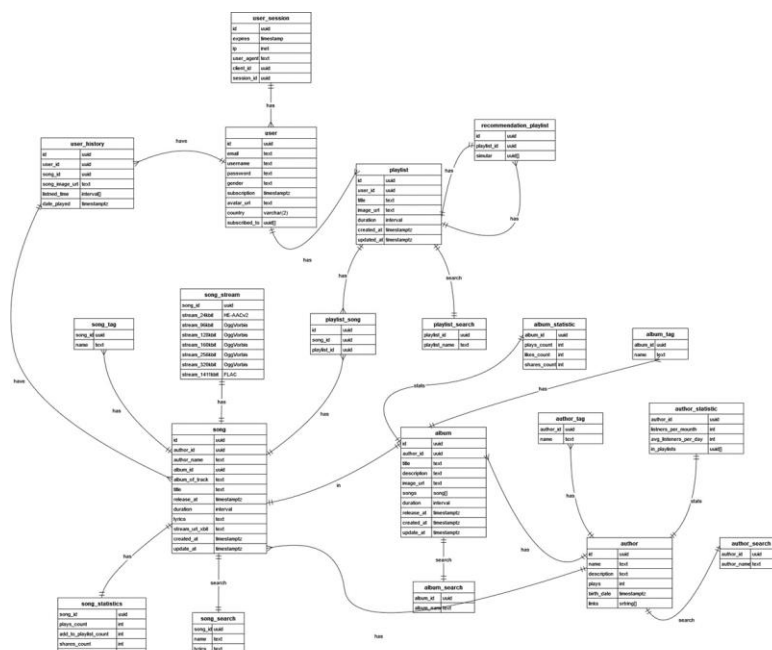


Рисунок 1. Денормализованная модель данных.

Резервируем ресурсы (CPU, RAM) сервера, диски и другое оборудование, которое возьмет на себя нагрузку в случае сбоя основных компонентов системы. Резервирование датацентров - это возможность иметь несколько географически распределенных центров обработки данных, способных обслуживать систему в случае отказа основного Дата Центра. Резервирование БД - репликация - создание резервных копий данных и обеспечение доступа к данным в случае отказа основной БД + шардирование данных.

Политика аварийного переключения (Failover policy):

1. Игнорирование. При отказе компонента показываем заглушку отсутствия сервиса Например, при отказе сервиса рекомендаций можно вывести либо песни из истории пользователя или песни популярные в его регионе
2. Уменьшение запросов на проблемный хост: недоступность сервиса, система уменьшает количество запросов на этот компонент, чтобы избежать возможной нагрузки и предотвратить негативное влияние на производительность системы.
3. Плавное отключение (Graceful shutdown) дает системе время закрыть все активные соединения, завершить обработку текущих задач и спокойно освободить ресурсы. Такой подход уменьшает фон ошибок.
4. Плавная деградация (Graceful degradation) Приложение будет продолжать корректно работать для пользователей, у которых отключены некоторые функциональные возможности или использовано устаревшее оборудование или программное обеспечение. Основные функции приложения работают всегда. Система не должна зависеть от 100% функций. Примеры: При отказе Elastic Search Идем в базу ищем Просто по индексам SAI. При отказе сервисов рекомендаций выдаем популярные или подобранные песни пре-созданные плейлисты или треки из истории прослушиваний пользователя
5. Наблюдаемость (Observability) обеспечивается с помощью логирования для поиска и анализа ошибок, отладки работы приложения, сервисов, мониторинг (отслеживает состояние системы или приложения в реальном времени. Измерение производительности, использования ресурсов, наличия ошибок).

Вывод

Проектирование высоконагруженных стриминговых сервисов требует внимательного подхода к выбору архитектурных решений и технологий, способных обеспечить надежную и стабильную работу при больших объемах данных и высокой пользовательской активности. Применение методов глобальной и локальной балансировки нагрузки, использование CDN серверов, кэширование, а также применение адаптивных протоколов стриминга и алгоритмов машинного обучения для рекомендаций позволяют значительно повысить производительность и отказоустойчивость таких систем. Внедрение резервирования ресурсов и четко разработанная политика аварийного переключения также играют важную роль в обеспечении непрерывного функционирования сервиса, минимизируя влияние возможных сбоев. В целом, интеграция рассмотренных подходов и методов позволяет создавать масштабируемые и эффективные стриминговые платформы, готовые к работе в условиях высокой нагрузки и изменяющихся требований пользователей.

1. <https://midiaresearch.com/blog/music-subscriber-market-shares-2022>
2. <https://www.businessofapps.com/data/spotify-statistics/>
3. https://s29.q4cdn.com/175625835/files/doc_financials/2023/q4/Shareholder-Deck-Q4-2023-FINAL.pdf
4. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка, Клеппман М. (<https://library.bmstu.ru/Catalog/Details/IBooks/357916>)

Mozharovskii E.

Best practices for state management in large-scale flutter applications

*Lomonosov Moscow State University
(Russia, Moscow)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-225

Abstract

The article discusses effective methods of state management (SM) in large-scale applications on the Flutter platform. Special attention is paid to popular approaches such as BLoC, Provider, and Riverpod. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of the main approaches to SM is carried out. The characteristics of each method and their effectiveness in various scenarios are analyzed. Recommendations are provided for choosing the appropriate architecture for various types of projects. Examples of the use of SM tools by companies are presented.

Keywords: state management, Flutter, setState, InheritedWidget, Provider, BLoC, Redux, Riverpod.

Аннотация

В статье рассматриваются эффективные методы управления состоянием (УС) в крупных приложениях на платформе Flutter. Особое внимание уделяется популярным подходам, таким как BLoC, Provider и Riverpod. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков основных подходов к УС. Анализируются характеристики каждого метода и их эффективность в различных сценариях. Даны рекомендации по выбору соответствующей архитектуры для различных типов проектов. Приведены примеры использования инструментов УС компаниями.

Ключевые слова: управление состоянием, Flutter, setState, InheritedWidget, Provider, BLoC, Redux, Riverpod.

Introduction

Application state management (SM) refers to the ways in which data is organized and updated to affect the behavior and display of the user interface. In the context of software development, this means effectively managing the current data, its changes and synchronization between the various components of the application. Good state management allows you to create applications that are responsive, easily scalable, and maintainable. To do this, various approaches and patterns are used which help structure and manage data depending on the requirements and architecture of a particular application.

In the development of any application, SM is one of the important tasks. In the context of Flutter, it plays an even more important role due to the framework's features, such as reactive user interface updates and the need to maintain synchronization between various components of the application. In small and medium-sized applications, simple SM methods may suffice. However, for large-scale applications requiring complex logic, SM becomes a critically important aspect. The goal of this article is to analyze existing SM methods in Flutter and determine best practices for their use in large applications.

Main part

A set of methods, practices and tools in software development used to effectively manage all aspects of the software product lifecycle is called state management (SM). This concept includes the organization of the development process, resource management, project planning, version control, change management and quality assurance. It helps development teams and managers achieve project goals, meet deadlines and budget, and respond effectively to changes in requirements and the environment.

The main purpose of SM is to ensure effective resource management, compliance with deadlines, quality control and change management in the process of creating a software product.

The main aspects of SM include methods and techniques aimed at effectively managing application data and states. These aspects encompass **state storage**, which involves selecting and utilizing appropriate data structures and storage solutions to hold the current state of the application, and **state change management**, which entails mechanisms for tracking and updating state in response to user actions or system changes. Additionally, **centralized management** approaches enable centralized SM to ensure consistency and predictability of application behavior. Incorporating **reactive updates** allows for automatically updating the user interface when the state changes, while **error handling and synchronization** methods ensure error management and state synchronization between different components of the application [1].

Each of these aspects plays an important role in creating stable, responsive, and easily maintainable software products. They help maintain consistency and predictability, ultimately enhancing the stability and maintainability of software elements.

Main approaches to SM in Flutter

The main approaches to SM in Flutter include methods and libraries that provide efficient and convenient management of data and application state. These approaches range from simple built-in methods to complex libraries designed for large applications.

In **simple applications**, the **setState** method is often used to locally manage the state of individual widgets. **setState** is a function used in React to update the component's state. When the **setState** function is called, React records the changes to the component's state property and then calls the render method to update the DOM. The **setState** function is typically called in response to user events such as mouse clicks or changes in input field values. It allows React components to respond to changes in their state and update their appearance accordingly.

For more **complex scenarios** where data needs to be passed down the widget tree, **InheritedWidget** is used to provide reactive state updates. **InheritedWidget** is a special type of widget that allows data to be passed down the widget hierarchy without explicitly passing it through every intermediate widget. **InheritedWidget** creates a special container for the data and makes it accessible to all its descendants in the widget hierarchy. This avoids the need to pass data explicitly through each widget in the tree. When data in the **InheritedWidget** changes, all dependent widgets automatically rebuild to reflect the new state, supporting reactive UI updates. The primary use of **InheritedWidget** is to pass global data such as application theme, localization, or user session data throughout the application without explicitly passing it through each widget.

For more structured and scalable SM, the **Provider** library is widely used. This SM library is designed to simplify the interaction with data and dependencies in an application. It is based on **InheritedWidget** and provides a convenient API for SM and dependencies, making the code cleaner and more understandable [2]. **Provider** allows easy provision of data and dependencies to widgets in the tree without the need to explicitly pass them through constructor parameters. When the data managed by **Provider** changes, all dependent widgets automatically update, making the UI reactive.

Another SM library in Flutter that offers a more modern and flexible approach compared to **Provider** is **Riverpod**. It was developed to address some limitations and complexities inherent in **Provider** and provides enhanced features for testing, caching, and automatic state disposal.

For large applications with complex state logic, patterns such as **Redux** are used, which centralize the state and change it through actions and reducers. **Redux** is an architectural pattern and library for SM popular in the JavaScript world but can also be used in Flutter applications. **Redux** helps centralize application SM, simplifying the process of tracking state changes and making debugging easier [3].

Another library, **BLoC**, separates business logic from presentation logic using streams. **BLoC** is an architectural pattern used in Flutter app development. It separates business logic from the user interface (UI), making the code cleaner, more testable, and easier to maintain. **BLoC** manages the state of the application and responds to events occurring in the UI, providing updated state, which is then used to update the interface.

According to a survey by Statista, one of the most popular SM approaches among developers in 2023 is **Provider** (fig. 1).

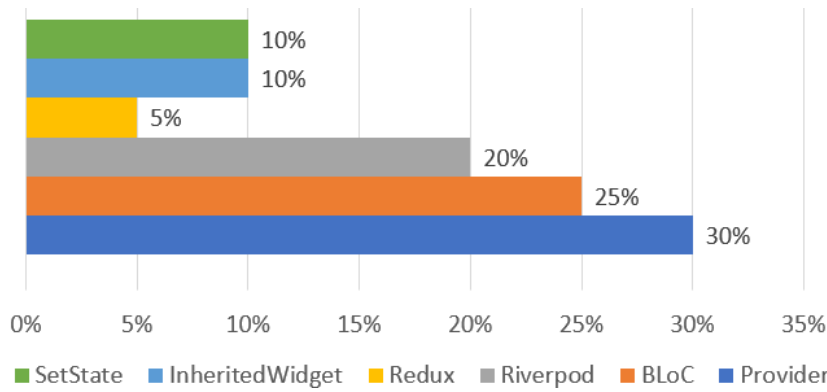


Figure 1. Distribution of the most commonly used SM approaches among developers [4].

The popularity of Provider and BLoC confirms their widespread use in the developer community due to their ease of use and power for handling more complex states.

Comparison of main SM approaches in Flutter

Flutter offers several popular SM solutions, each with its strengths and weaknesses. The choice for a specific project will depend on many factors, including application complexity and developer team preferences. Table 1 presents the advantages and disadvantages of the main SM approaches in Flutter.

Table 1

Advantages and disadvantages of main SM in Flutter [5].

Approach	Advantages	Disadvantages
<i>setState</i>	<i>Simple to use, easy to understand</i>	<i>Not suitable for large-scale applications, can lead to tangled code</i>
<i>InheritedWidget</i>	<i>Effective for passing data down the widget tree without explicit passing</i>	<i>Can become complex in deeply nested widget trees</i>
<i>Provider</i>	<i>Clean API, integrates well with InheritedWidget, reactive UI updates</i>	<i>Can be limited for very complex SM needs</i>
<i>BLoC</i>	<i>Clear separation of business logic and UI, highly testable</i>	<i>Steeper learning curve, more boilerplate code</i>
<i>Redux</i>	<i>Centralized SM, excellent for debugging</i>	<i>Can introduce significant boilerplate code, overkill for simpler apps</i>
<i>Riverpod</i>	<i>Modern, flexible, better testing and caching support</i>	<i>Newer library, may have a smaller community and less documentation</i>

This comparison demonstrates that for small projects, using `setState` may be sufficient, while for large and complex applications, more advanced solutions like Provider or Riverpod, or architectural patterns like BLoC or Redux, should be considered depending on the project's specifics and the development team's experience.

Regardless of the solution used, it's important to follow best practices in SM, such as separating UI logic from business logic, minimizing unnecessary state changes, and maximizing code simplicity and modularity in SM. With the right approach and tools, reliable and scalable Flutter applications can be created, delivering an excellent user experience and aligning with business goals [6].

Flutter is actively used by various companies for developing their mobile applications, employing diverse SM approaches such as Provider, Riverpod, Redux, BLoC, and others.

For example, **Google** extensively uses Flutter for both internal and external projects. One notable application is Google Ads, which was transitioned to Flutter. It utilized different approaches including Provider and BLoC for SM to simplify the code structure [7]. Google cites cross-platform capability, high performance, and rapid UI updates as reasons for transitioning to Flutter. In the Google Ads app, Provider is used for SM, providing access to data and dependencies throughout the widget tree. This approach offers a convenient and efficient way to transmit data and update the UI when the state changes. Data on advertising metrics, such as the number of clicks, conversions, and costs, are loaded and managed using Provider. When a user selects a specific campaign, the corresponding

metrics are supplied to the widgets through Provider, ensuring reactive UI updates. For more complex logic and event handling, the BLoC pattern is used in the application, helping to separate business logic from the user interface. For instance, when a user inputs new budget parameters, they are sent to BLoC as an event. BLoC processes the event, updates the state, and transmits the new state to the UI, which then displays the updated budget and projected campaign performance.

Another example is **Square**, a technology company from the USA specializing in solutions for electronic payment processing. Square uses the BLoC approach to SM in its applications, allowing them to efficiently manage complex business logic and data. Using BLoC for transaction management involves processing an event, interacting with APIs and databases to verify and authorize the transaction. BLoC then updates the state to reflect the status of the transaction (e.g., pending, completed, failed). The new state triggers a UI update, displaying the current transaction status to the user. If the transaction is successful, the UI may show a confirmation screen. If it fails, an error message is displayed. In customer relationship management situations, such as purchases or account updates, data is sent to the CRM BLoC as events [8]. BLoC processes these events, updating customer profiles and interaction history in the state. The updated state is reflected in the UI, providing employees with up-to-date information about customers and enabling personalized service. This approach helps in structuring code, making it more readable, and facilitating easy testing of individual application components.

Conclusions

Effective SM is an important aspect of developing large-scale Flutter applications. Choosing the appropriate approach, adhering to best practices, and paying attention to details are essential for creating reliable, scalable, and high-performance applications that meet modern market requirements.

Creating a reliable and efficient solution capable of meeting the demands of a large-scale project is achievable by following best practices and adapting existing approaches to the specific needs of the application. Careful architecture planning, regular code reviews, and thorough testing help avoid common pitfalls and ensure long-term success of the application.

Successful SM not only determines the performance and responsiveness of the application but also contributes to effective teamwork and ensures high-quality development. Therefore, developers should choose a SM approach based on the specific project requirements, considering its future needs and user expectations.

1. Zulistiyan M., Adrian M., Wibowo Y. F. A. Performance Analysis of BLoC and GetX State Management Library on // Journal of Information System Research (JOSH). 2024. №. 2. P. 583-591.
2. The level of complexity of software development using modern technologies in the world in 2023 // URL: <https://www.statista.com/statistics/1241926/worldwide-software-developers-technologies-engagement/> (date of application 12.07.2024)
3. Jatnika A. A. D., Akbar M. A., Pinandito A. Comparative Analysis of the Use of State Management in E-commerce Marketplace Applications Using the Flutter Framework // Journal of Information Technology and Computer Science. 2023. №. 2. P. 111-124.
4. Hoang L. State Management Analyses of the Flutter Application // Journal of Information Technology and Computer Science. 2023. №. 2. P. 236-244.
5. Ogarkov A. Application of big data analytics to improve business customer service // Innovacionnaya nauka. 2024. № 7-1. P. 61-65.
6. Szczepanik M., Kedziora M. State Management and Software Architecture Approaches in Cross-platform Flutter Applications // ENASE. 2023. P. 407-414.
7. Google Mobile Ads for Flutter / PubDev // URL: https://pub.dev/packages/google_mobile_ads (date of application 20.07.2024)
8. Ponomarev E. Analysis of the impact of using mobile applications for bill payments on the timeliness of payments and financial discipline of users // Cold Science. 2024. № 5/2024. P. 5-14.

РАЗДЕЛ XXIII. ЭЛЕКТРОНИКА

Кузнецов А.В., Ашрятов А.А.

Анализ требований к автомобильным фарам

*Мордовский государственный университет институт электроники и светотехники
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-226

Аннотация

Любые автотранспортные средства, в том числе автомобили должны быть оборудованы световыми приборами для безопасного передвижения и удобства пользования. К каждому типу световых приборов предъявляются свои требования. Для источников света в фарах головного света определяющими характеристиками являются световой поток и его правильное распределение.

Ключевые слова: автомобильная фара, источник света, лампа накаливания, галогенная лампа, освещенность, яркость.

Abstract

All vehicles, including cars, must be equipped with lighting devices for safe movement and ease of use. Each type of lighting device has its own requirements. For light sources in headlamps, the determining characteristics are the luminous flux and its correct distribution.

Keywords: car headlight, light source, incandescent lamp, halogen lamp, illumination, brightness.

В середине прошлого века, в 1958 году, была организована Европейская Экономическая Комиссия ООН во главе с Комитетом по внутреннему транспорту, так как в связи с увеличением количества автомобилей на дорогах возникало все больше аварий, и так же нужно было разработать общие требования к автомобилям всех стран, входящих в организацию. Особое внимание уделялось автомобильным фарам, лампам, а также иным источникам света и их конструкциям. Было принято Правило № 1, которое содержит подробное предписание о единообразии источников света в автомобиле, а именно о необходимости использования асимметричного ближнего и дальнего света. На основе данного документа в России был разработан ГОСТ Р 41.1-99.

В данном нормативном документе довольно широко рассмотрены требования к автомобильным фарам с галогенными лампами накаливания. Фары могут быть для ближнего, для дальнего света, а также для комбинированного света. Левая и правая фары имеют различные оптические системы для создания необходимого распределения света. Поэтому на фарах должна быть соответствующая маркировка. Процесс эксплуатации сопровождается большим количеством воздействий. Но несмотря на это, положение источника света в фаре не должно меняться, для сохранения кривой силы света (КСС). Так же должен быть доступ к фаре для удобной замены лампы, даже в ночное время [1].

Сконструированная фара в первую очередь должна соответствовать требованиям освещенности. Если в фаре в качестве источника света используется лампа Н4 с двумя режимами работы (дальний и ближний свет), то часть света будет отражаться от верхней условной полусферы в фаре и данный режим будет ближним светом, если в лампе будет включена другая нить, которая отражается от нижней и верхней условных полусфер, то линии лучей света будут направлены соответственно вверх и вниз, то данный режим будет дальним светом (рисунок 1).

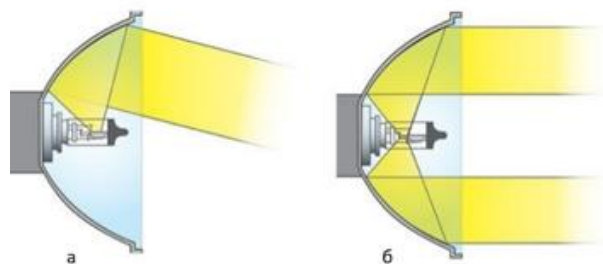


Рисунок 1. Лучи в оптической системе анализ фары с лампой Н4
(а - шаг ближний нее свет; б - автомобилям дальний данных свет).

В лампе Н4 предусмотрен специальный экран для предотвращения попадания лучей в режиме ближнего света в нижнюю условную полусферу для предотвращения ослепления водителей. Данный экран способствует правильному формированию КСС и, в следствии, светотеневой границы от фары. В результате фара соответствует необходимым международным нормам (рисунок 2).

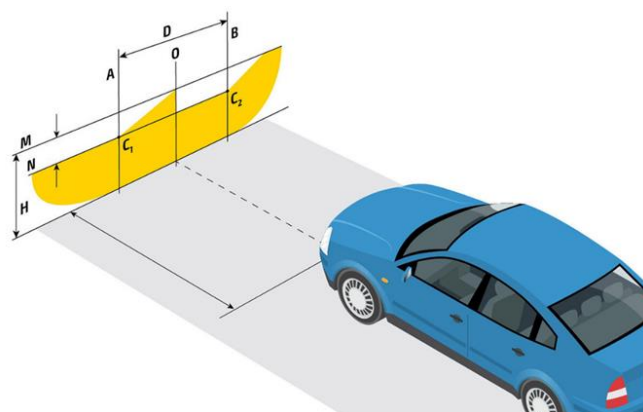


Рисунок 2. Светотеневая граница в режиме ближнего света микро.

Требования к лампам накаливания для автомобильных фар описываются в ГОСТ Р 41.37-99. В соответствии с этим нормативным документом должны быть сконструированы все галогенные источники света. Геометрические размеры, расположение тела накала являются чрезвычайно важными, так как все фары, а точнее отражатели в фарах, конструируются от стандартизированного расположения тела накала в лампе. Колба галогенной лампы должна быть бесцветной, без пятен или других дефектов, чтобы не происходило потери светового потока, и не было каких-либо переотражений, во избежание ухудшения КСС. Патроны должны быть так же стандартными взаимозаменяемы различными производителями. В качестве примера на рисунке 3 представлена лампа Н4, как одна из часто используемых ламп в отечественных автомобилях.

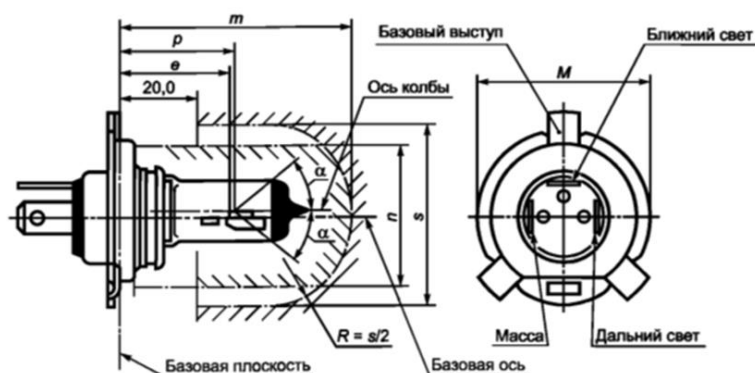


Рисунок 3. Лампа Н4.

Все галогенные лампы накаливания так же проходят различного рода испытания, в том числе состаривание нити накала испытательным напряжением. Испытание на соответствие светового потока производится в эталонной фаре с использованием измерительного экрана с расстояния 25 м (рисунок 4).

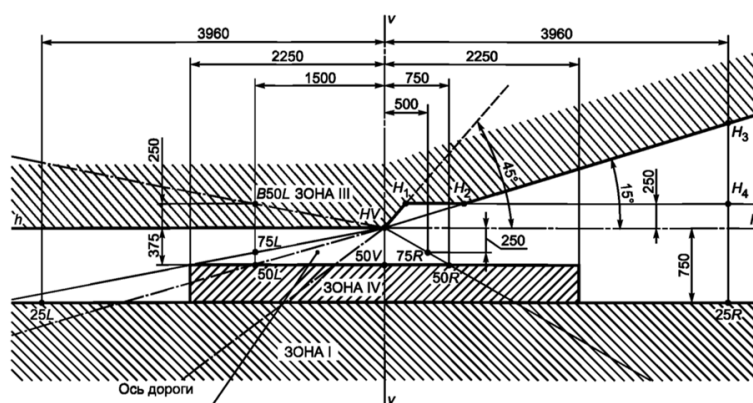


Рисунок 4. Измерительный экран.

В результате, фара должна давать четкую светотеневую границу и соответствовать измерительному экрану. Со стороны встречного движения линия границы должна быть горизонтальной, чтобы не оказывать ослепляющего влияния. В лампе Н4 есть специальный экран, благодаря которому и формируется не симметричная КСС в режиме ближнего света, что улучшает видимость на своей полосе. Значения освещенности представлены в таблице 1[2].

Таблица 1

Значения освещенности в режиме ближнего света.

Точка на измерительном экране	Освещенность, лк, у фары	
	класса А	класса В
Точка B50L	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$
Точка 75R	≥ 6	≥ 12
Точка 75L	≤ 12	≤ 12
Точка 50L	≤ 15	≤ 15
Точка 50R	≥ 6	≥ 12
Точка 50V	-	≥ 6
Точка 25L	$\geq 1,5$	≥ 2
Точка 25R	$\geq 1,5$	≥ 2
Любая точка в зоне III	$\leq 0,7$	$\leq 0,7$
Любая точка в зоне IV	≥ 2	≥ 3
Любая точка в зоне I	≤ 20	$\leq 2E^*$

* E - фактическая измеренная освещенность в точке

Каждый автомобиль имеет уникальный дизайн фар, но в то же время светотехнические характеристики должны соответствовать нормам, в результате уровни освещенности на дороге от фар различных автомобилей не должны значительно отличаться. При конструировании ламп необходимо комплексно подходить к этому вопросу и учитывать все нюансы, что в последнее время не всегда принимается во внимание. В связи с тем, что появилась возможность изготавливать различные виды светодиодных ламп, которые обладают высоким световым

потоком, но вместе с тем ослепляют встречных водителей, создавая аварийные ситуации. Поэтому в фары, которые изначально конструировались с использованием галогенных ламп накаливания, запрещено ставить светодиодные источники. Для проектирование автомобильных ламп необходимо учитывать конструктивные, светотехнические и электрические требования.

1. ГОСТ Р 41.1-99 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автомобильных фар, дающих асимметричный луч ближнего и (или) дальнего света и оснащенных лампами накаливания категория R и (или) HS1
2. ГОСТ Р 41.37-99 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения ламп накаливания, предназначенных для использования в официально утвержденных огнях механических транспортных средств и их прицепов

РАЗДЕЛ XXIV. ЭНЕРГЕТИКА

Филиппов В.В.

Аддитивные технологии при изготовлении теплообменников

*Всероссийский институт научно-технической информации Российской академии наук
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-227

Аннотация

Рассмотрены аддитивные технологии при изготовлении теплообменников. Особое внимание уделено высокотемпературным теплообменникам.

Ключевые слова: аддитивные технологии, теплообменники, топология, изготовление, энергоэффективность.

Abstract

Additive technology in manufacturing heat exchangers are considered. Special attention was paid to high temperature heat exchangers.

Keywords: additive technology, heat exchangers, topology, manufactured, energy efficiency.

Аддитивные технологии, позволяющие изготавливать сложные трехмерные конструкции с послойным наращиванием материала, все чаще применяются при проектировании и производстве теплообменников. Такие теплообменники, особенно миниатюрные с малой массой и объемом, востребованы космической отраслью, найдут широкое применение в компьютерной технике, микроэлектронике, робототехнике и т.д., где важна прецизионная точность производства каждой детали, размеры которой измеряются в миллиметрах и микронах. Впрочем, не менее остро стоит вопрос изготовления высокотемпературных теплообменников нового поколения, особенно для тепловых и электрических станций с использованием в качестве рабочего тела диоксида углерода в сверхкритическом состоянии (sCO₂). Эта технология производства электроэнергии позволяет повысить тепловой КПД турбоустановок и энергоэффективность энергетического цикла, а также добиться практически нулевого уровня углерода [1].

Расширяется применение металлических высокопористых ячеистых материалов (ВПЯМы), которые обладают эффективной высокой теплопроводностью и используются в системах охлаждения в микроэлектронике, кондиционирования воздуха, в кожухотрубных теплообменниках и в различных промышленных системах. В обзоре представлены ВПЯМы с различной структурой для водяных и воздушных теплообменников [2]. Благодаря пористой структуре металлические пористые теплообменники при одинаковых габаритных размерах имеют в несколько раз большую площадь поверхности, чем пластинчатые теплообменники, что позволяет интенсифицировать теплообмен. Другим достоинством металлических ВПЯМов является низкая плотность и, следовательно, лёгкий вес, при этом сохраняются высокая прочность и твердость. Анализ аддитивных технологий для производства ВПЯМов показал, что почти любое изменение структурных параметров влияет как на теплообмен, так и на гидродинамику.

В последние годы исследованиям характеристик компактных теплообменников, изготовленных аддитивным способом, уделяется особое внимание в связи с тем, что данный метод позволяет эффективно и относительно легко адаптировать теплообменник для решения конкретных задач по оптимизации характеристик тепломассообмена и упрощает создание требуемой геометрической конфигурации. Примерами аддитивно изготавливаемых структур являются решетчатые структуры, гироидные структуры с минимальной поверхностью, прежде всего TPSM. Однако разработка таких конструкций сопряжена с технологическими

проблемами, точностью изготовления, влиянием шероховатости поверхности. Экспериментальное сравнение аддитивно и традиционно изготовленных жалюзийных ребер показало, что наблюдаются значительные отклонения в падении давления (203%) и в общем коэффициенте теплопередачи (105%) по сравнению с традиционно изготовленными [3].

Благодаря достижениям в области аддитивного производства, обусловленным совместимостью металла и керамики, стало возможным проектирование структур со сложной топологией. Например, использование TPMS и Gyroid в клиновидных каналах лопаток высокотемпературных газовых турбин позволяет значительно улучшить теплогидравлические характеристики и повысить эффективность охлаждения лопаток [4]. С внедрением аддитивных технологий необходимо обновление методов разработки теплообменных аппаратов, один из которых продемонстрирован на поверхности Шварца типа Р. На основе полученных эмпирических критериальных зависимостей для быстрого инженерного расчета теплогидравлических характеристик и в рамках технологической апробации производства теплообменников продемонстрированы возможности их масштабирования и снижения шероховатости для различных материалов [5]. При теплогидравлическом расчете теплообменника с аддитивной технологией значение шероховатости материала существенно влияет на результаты расчета коэффициента теплопередачи и потерь давления, которые могут отличаться для изготовленной конструкции. Проведенная калибровка модели шероховатости для теплогидравлических расчетов в программном комплексе Ansys CFX канала теплообменника с аддитивной технологией показала, что использование эквивалентной шероховатости по формуле Стимсона и модели турбулентности k - ϵ позволяет получить значения потери давления, идентичные с экспериментальными данными [6].

Технологиям аддитивного изготовления высокотемпературных теплообменников уделяется значительное внимание в последние годы, особенно оптимизации с точки зрения качества изготовления. Проведенное экспериментальное исследование теплообменника для различных типов и конструкций ребер в режиме ламинарного потока ($60 < Re < 60$) показало, что даже самые незначительные отклонения в производстве приводят к повышению f -факторов Фаннинга на 70–120% и повышению числа Нуссельта на 30%. Учет этих отклонений при производстве в ходе проектирования приводит к очень хорошему согласованию с численно определенными значениями, а шероховатости поверхности не оказывают значительного влияния [7].

С целью изучения влияния дефектов изготовления, таких как выпуклости и шероховатости, на теплопередачу и падение давления проведено экспериментальное исследование шести пластинчато-ребристых теплообменников из нержавеющей стали, изготовленных методом аддитивного производства с тремя различными типами внутренних ребер [8]. Разрабатываемые теплообменники предназначены для использования при температуре до 9000 С и низкими потерями давления в ламинарном режиме. Показано, что формирование типов ребер и такие детали, как измененная траектория ребра, могут быть сравнительно хорошо воспроизведены с помощью аддитивного производства, а 3D-печать может воспроизводить контур ребер с отклонениями в диапазоне от 8 до 23% по толщине ребра по сравнению с расчетной моделью САПР. С увеличением числа Рейнольдса увеличивается отклонение от численно определенных значений f -факторов (до 10 - 15%), что объясняется увеличением турбулентности и связанным с этим увеличением влияния шероховатости поверхности. Это означает, что в процессе изготовления не происходит деформации ребер и изменения геометрии (например, опускания кончика ребра).

Теплообменники являются важнейшими компонентами в цикле Брайтона на sCO_2 , обеспечивающими рекуперацию, подвод и отвод тепла. Без разработки и создания высокотемпературных теплообменников-рекуператоров нового поколения со стабильной и длительной работой с температурой не ниже 7500 С и давлением не менее 250 бар, со степенью рекуперации до 0,97 и выдерживающих большой перепад давлений невозможна реализация инновационных термодинамических циклов с целью повышения КПД энергетических установок.

При изготовлении подобных теплообменников применяют никелевые сплавы, обладающие высоким сопротивлением ползучести, и аддитивные технологии, которые позволяют создавать пластинчатые теплообменники по печатной схеме PSHE (с вытравленными каналами), обеспечивающими интенсификацию теплообмена. Имеются технические трудности, которые предстоит преодолеть: необходимость использования лазерной сварки, 3D-печати, а также электрохимической и электроэрозионной обработки поверхности при изготовлении высокотемпературных теплообменников с низкими потерями давления.

Определенный опыт в решении этих задач уже имеется. Возможность использования теплообменников со структурой TPMS с целью повышения эффективности теплового цикла Брайтона с $s\text{CO}_2$ рассмотрена в [9]. Было выявлено влияние геометрических форм и числа Re на гидравлические и тепловые характеристики, а также показано, что два теплообменника с TPMS могут улучшить общие тепловые характеристики на 15 – 100%, при этом число Нуссельта увеличивается на 16 – 120% для заданной мощности накачки по сравнению с PSHE. Следовательно, теплообменники с TPMS имеют очень хороший потенциал для повышения эффективности цикла на $s\text{CO}_2$.

С целью применения в энергетическом оборудовании компания GE Research проводит разработку эффективного теплообменника с высоким КПД путем 3D-печати (UPHEAT) для использования при температуре 9000С и давлении 250 бар. В 2022 г. был представлен прототип высокотемпературного теплообменника UPHEAT, изготовленного из никелевого суперсплава (устойчив к высоким температурам и трещинообразованиям) по технологии TPMS. Ожидается, что разработанный теплообменник будет использован в установке по выработке электроэнергии с циклом Брайтона на $s\text{CO}_2$ с 4%-ным повышением термического КПД и снижением эмиссии CO_2 [10].

В рамках программы NITEMMP компания Thar Energy разрабатывает металлический компактный рекуператор нового поколения, способный стабильно и экономически эффективно работать при температуре 8000 С и давлении выше 80 бар с возможностью использования в системе энергетического цикла Брайтона с рекуперацией со сверхкритическим диоксидом углерода ($s\text{CO}_2$). Для изготовления теплообменника будет использован металлический суперсплав с использованием новой технологии изготовления сложенных листов, способный выдерживать высокие температуры и давление. Ожидается, что в новой системе будет использоваться разработанный рекуператор и высокотемпературный первичный теплообменник в текущем году. [10].

В ходе реализации программы STEP в США (циклы с $s\text{CO}_2$ для генерации электроэнергии) применение прямого лазерного плавления высокопрочных сплавов и 3D-струйной печати позволило изготовить теплообменник для работы при температуре на входе турбины до 9500 С с давлением 250 бар при потере давления менее 0,5 % использованием аддитивной технологии. Компания NET POWER в 2022 году сообщила о наработке 900 ч. при давлении 300 бар с температурой на входе в турбину 10000 С установкой, в которой использован компактный теплообменник-рекуператор на основе никелевого сплава [12].

В соответствии с программой STEP с 2024 г. введена в эксплуатацию в тестовом режиме первая ЭС мощностью 10 МВт на основе $s\text{CO}_2$ с использованием самого большого в мире высокотемпературного теплообменника-рекуператора с печатной платой (PSHE) весом около 50 т [13].

1. Косой А.С. и др. Энергетический анализ новых термодинамических циклов с улавливанием диоксида углерода. // Теплоэнергетика. – 2023. - 7. - с. 29 - 50.
2. Соловьев С.А. и др. Обзор применения высокопористых ячеистых теплообменников. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2024. - 26. - №1. - с.165 - 194.
3. M. Bichnevicius et al. Comparison of Additively Manufactured Louvered Plate-Fin Heat Exchangers. // J. Therm. Sci. and Eng. Appl., - 2020. - 12 (1). – Article 011018.

4. Hu Kaibin et al. Optimization of turbine blade trailing edge cooling using self-organized geometries and multi-objective approaches. // Energy. – 2024. – 289. – p. 130013.
5. Светлаков Ф.П. и др. Теплообменники на базе поверхностей Шварца типа Р, адаптированные к аддитивному производству. // Инженерно-физический журнал. – 2024. – 97. - № 3. – с. 608.
6. Еременко В.В. и др. Калибровка модели шероховатости поверхности стенок единичного канала теплообменного аппарата, изготовленного при помощи аддитивного производства. // Тепловые процессы в технике. - 2024. -16. - №3. - с. 134 – 145.
7. M. Fuchs et al. Experimental investigation of additively manufactured high-temperature heat exchangers. // Int. J. Heat and Mass Transfer. – 2024. – 218. – p. 124774.
8. M. Fuchs et al. Numerical calculation of the irreversible entropy production of additively manufacturable off-set strip fin heat-transferring structures. // Entropy. – 2023. – 25 (1). - p. 162.
9. Weihang Li et al. Bioinspired heat exchangers based on triply periodic minimal surfaces for supercritical CO2 cycles. // Appl. Therm. Eng. - 2020. – 179. – p. 115686.
10. Эл. ресурс <https://3dprintingindustry.com/news/ge-research-2-5-m-project-attains-3d-printed-ultra-performance-heat-exchanger-153627/>
11. Advanced Research Projects Agency-Energy (Агентство передовых исследований в области энергетики США).Эл. ресурс https://arpa-e-energy.gov.translate.goog/technologies/programs/hitemmp?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc
12. Gulen Bechtel. Working fluid for future? // Modern Power Systems. – 2023. – March, 22.
13. sCO2 on the horizon in the EU. // Modern Power Systems. - 2024. – March, 24.

Филиппов В.В.

**Развитие технологий для энергоэффективных теплоэнергетических установок
электростанций и декарбонизации энергетики**

*Всероссийский институт научно-технической информации Российской академии наук
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-228

Аннотация

Рассмотрены инновационные способы совершенствования конструкций и повышения энергоэффективности теплоэнергетического оборудования электростанций.

Ключевые слова: электрические станции, теплоэнергетические установки, тепловые циклы, энергоэффективность, декарбонизация энергетики, инновационные технологии.

Abstract

Innovative ways to improve the design and enhancement energy efficiency heat and power units of power stations are considered.

Keywords: power stations, heat and power units, thermal cycles, energy efficiency, energy decarbonization, innovation technologies.

Снижение потребления энергоресурсов и эмиссии вредных веществ в атмосферу неразрывно связано с энергосбережением и декарбонизацией энергетики. Это требует внедрения инновационных способов повышения энергоэффективности теплоэнергетического оборудования электростанций.

Циклы с термохимической рекуперации тепла

Использование термохимической рекуперации тепла отходящих газов после газовой турбины в парогазовых установках (ПГУ) дает возможность для эндотермической переработки газового топлива с образованием нового синтетического топлива с большой химической энергией, синтез-газа [1]. В этом случае топливо получает большой запас химически связанного тепла (теплоты сгорания), выделяемого при сжигании в камере сгорания (КС), что приводит к снижению удельного потребления первичного топлива (метана). Термодинамический анализ цикла ПГУ с термохимической рекуперацией отходящих дымовых газов, проведенный при температуре газов на входе в турбину 15000 – 16000 С и давлении в КС от 2 до 4 МПа, позволил установить влияние технологических параметров на эффективность цикла [2]. Установлено, что термохимическая рекуперация позволяет повысить КПД ПГУ до 64% при

температуре газов 16000 С на входе в турбину и степени сжатия 30, что на 5% больше по сравнению с ПГУ без термохимической рекуперации тепла отходящих газов. К недостаткам рассмотренной схемы ПГУ с термохимической рекуперации следует отнести увеличение экономических затрат на регулярную замену катализатора в риформере, в котором происходит паровая конверсия метана, а также вынос воды с отходящими дымовыми газами, что снижает экономическую эффективность этого цикла. Для определения экономической эффективности и возможности практической реализации этой схемы следует провести подробный технико-экономический анализ.

Продолжаются разработки схем по использованию термохимической рекуперации в ПГУ. В частности, проведенная оптимизация режимов работы газовой турбины в комбинированной системе тригенерации показала возможность повышения энергоэффективности преобразования энергии высокотемпературных отходящих газов от 8,5% до 14,6 % при использовании термохимической рекуперации [3]. Термодинамический анализ при использовании термохимической рекуперации с аммиаком в качестве топлива для газовой турбины показал, что тепловой КПД турбины может достигать значений до 57,6% и в расчетных условиях повышает эффективность цикла на 7% [4].

Диоксид углерода со сверхкритическими параметрами в тепловых циклах

Разработка новых технологий производства электроэнергии с целью повышения энергоэффективности является актуальной задачей в условиях ограниченности природных ресурсов, а использование диоксида углерода со сверхкритическими параметрами (sCO₂) в качестве рабочего тела представляет значительный интерес. При этом достигается значительное увеличение температуры газа на входе в турбину со снижением температуры охлаждения рабочего тела на выходе из турбины и повышение теплового КПД, что является одним из способов увеличения эффективности газотурбинных установок (ГТУ) и электрических станций (ЭС). Вопросы повышения эффективности современных тепловых циклов для производства электроэнергии, а также снижения эмиссии вредных веществ и уровня загрязнений окружающей среды исследованы на основе использования sCO₂ в качестве рабочего тела. Эта технология для теплового цикла Брайтона позволяет повысить тепловой КПД турбоустановок и энергоэффективность цикла, а также добиться практически нулевого уровня углерода [5]. Тепловая эффективность замкнутого цикла Брайтона на sCO₂ при температуре на входе в турбину 1025,15 К может превышать 50%.

Исследования цикла Аллама со сверхкритическим диоксидом углерода

С начала 2000-х гг. проводятся исследования кислородно-топливных установок нового поколения с использованием энергетического цикла Allam Cycle со сжиганием природного газа в чистом кислороде с практически полным выводом CO₂ в сверхкритическом состоянии и последующей утилизацией, что представляет особый интерес для декарбонизации энергетики. Эта технология позволяет повысить эффективность производства электроэнергии, уменьшить экономические затраты производственного цикла с дорогостоящими технологическими установками для улавливания углерода, которые могут достигать до 35% от эффективности производства электроэнергии [6].

Реализация цикла Аллама требует разработки газовой турбины с высокими параметрами sCO₂ на входе в турбину (давление 300 бар и температура 14000 С), методики конструирования с учетом технологии проектирования паровых и газовых турбин. Сравнение результатов эксергетического анализа цикла Аллама с данными аналогичного анализа традиционных газотурбинных циклов позволяет определить направления исследований для совершенствования термодинамического цикла и повышения его КПД [7]. В работе российских ученых представлены эксергетический анализ нового термодинамического цикла Аллама на sCO₂, а также эксергетический анализ парогазовой установки мощностью 325 МВт. Особенностью этого цикла является возможность вывода CO₂, образующегося при сжигании органического топлива, из энергетической установки. Анализ проведен для тепловой схемы с трехступенчатым повышением давления в компрессоре с промежуточным охлаждением рабочего тела [8]. В указанном цикле в рекуператоре происходит подогрев рабочего тела,

нагреваемого перед камерой сгорания, и его охлаждения после выхода из турбины. В этом случае повышается средняя температура подвода тепла в цикл, полученного при сгорании топлива и понижается средняя температура отвода тепла из цикла. Рекуперация тепла позволяет повысить температуру рабочего тела перед камерой сгорания почти до 7300 С и охладить его почти до 600 С, что способствует снижению потерь тепла в окружающую среду. С учетом средней температуры отвода тепла за счет промежуточного охлаждения в процессе повышения давления рабочего тела до 400 С (соответствует конденсаторам паровых турбин) и высокой теплоемкости CO₂ при высоком давлении электрический КПД цикла Аллама составляет 58,1%, т.е. возрастает более чем на 6% по сравнению с парогазовой установкой, рассмотренной в эксергетическом анализе. Цикл Аллама позволяет достичь высокого КПД при генерации электроэнергии с нулевым углеродом, что делает его перспективным для внедрения и конкурентноспособным по сравнению с современными мощными ПГУ на природном газе с использованием дорогостоящих установок для улавливания CO₂, в результате применения которых КПД снижается до 42 - 52%, а капиталовложения и стоимость отпускаемой электроэнергии значительно растут [9].

Представляет интерес разработка цикла для производства электрической и тепловой энергии с бескомпрессорной парогазовой установкой ОИВТ РАН [10]. При этом тепловая энергия используется для централизованного теплоснабжения, а вывод избытка CO₂ из цикла проходит не в газообразном, а в жидком виде, что упрощает транспортировку к потребителю, дальнейшее использование или захоронение. Цикл ОИВТ является рекуперативным. В режиме когенерации электрический КПД составляет 45,5% при температуре рабочего тела на входе в турбину 11000 С, а общая эффективность использования топлива - 92,5%. При работе только в режиме производства электроэнергии электрический КПД приближается к КПД цикла Аллама.

Следует подчеркнуть, что для внедрения этих инновационных циклов необходимы, прежде всего, разработка и создание высокоэффективных теплообменников (рекуператоров) из высокотемпературных сплавов со степенью рекуперации до 0,97, выдерживающих большой перепад давлений. Кроме того, требуется создание кислородно-топливной камеры с давлением более 30 МПа, а также турбин с рабочей температурой рабочего тела на входе более 11500 С и давлением свыше 30 МПа.

Представляют интерес разработки высокотемпературных теплообменников-рекуператоров с температурой рабочего тела на входе в турбину более 8000 С с целью повышения КПД энергетических установок на sCO₂. При изготовлении подобных теплообменников применяют никелевые сплавы, обладающие высоким сопротивлением ползучести, и аддитивные технологии, которые позволяют создавать пластинчатые теплообменники по печатной схеме PSHE (с вытравленными каналами), обеспечивающими интенсификацию теплообмена. На основе численного моделирования с использованием вычислительной гидродинамики проводятся исследования по оптимизации конструкции таких теплообменников [11].

В последние годы в нескольких странах Европы активно проводятся исследования и разработки в рамках девяти европейских проектов по развитию энергетических циклов на sCO₂, большая часть которых финансируется ЕС. Это объясняется преимуществом энергетических циклов на sCO₂ вследствие их высокой тепловой эффективности, снижения выбросов и затрат, компактности основных элементов энергоустановок, стимулируя развитие новых технологий для турбомашин, теплообменников, компрессоров, уплотнений подшипников и основных конструктивных элементов [12].

Наиболее успешно разрабатываются установки на основе технологий силовых циклов на sCO₂ в США. В соответствии с программой STEP более семи лет проводятся работы по созданию пилотного проекта ЭС на sCO₂ мощностью 10 МВт (STEP Demo). Первая в мире ЭС, использующая sCO₂ в качестве рабочего тела, призвана продемонстрировать высокую энергоэффективность, снижение выбросов и затрат. Более того она является испытательной базой для проверки основных компонентов системы, альтернативных вариантов конструкции будущих разработок технологии sCO₂ для производства электроэнергии. С 2024 г.

эксплуатация данной ЭС, находящейся на территории Юго-Западного исследовательского института в Сан-Антонио (штат Техас), проводится в тестовом режиме энергетических циклов Брайтона – простого (температура на входе в турбину 5000 С) и рекомпрессионного (температура на входе в турбину 7150 С). В рекомпрессионном цикле с двумя компрессорами и двумя теплообменниками в качестве источника тепловой энергии используется прямоточный котел-утилизатор на природном газе мощностью 93 МВт [13].

1. Tartakovsky L., Sheintuch M. Fuel performing in internal combustion engines. // Prog. Energy Combust. Sci. – 2018. – 7. - p. 88 - 114.
2. Пашенко Д.И. «Термохимическая рекуперация тепла отходящих дымовых газов в парогазовых установках: термодинамический анализ». // Теплоэнергетика. – 2023. – 1. – с. 58 - 65.
3. Yu Yuan et al. Potential of applying the thermochemical recuperation in combined cooling, heating and power generation. // Appl. Energy. – 2023. – 348. - p. 121523.
4. Yazhou Shen et al. Waste heat recovery optimization in ammonia based gas turbine applications. // Energy. – 2023. - 280. - p. 128078.
5. Liu Y. et al. Supercritical CO2 Brayton cycle: A state-of-the-art review // Energy. – 2019. - 189. Article ID 115900. DOI:10.1016/j.energy.2019.115900.
6. Vasudevan S. et al. Energy penalty estimates for CO2 capture: comparison between fuel types and capture combustion models. // Energy. – 2016. – 103. – p. 709 - 714.
7. Косой А.С и др. Эксергетический анализ новых термодинамических циклов с улавливанием диоксида углерода. // Теплоэнергетика. – 2023. - 7. - с. 29 - 50.
8. R.J. Allam et al. // Energy Procedia. - 2013. – 37. - p. 1135 - 1149.
9. Филиппов С.П. Экономические характеристики технологий улавливания и захоронения диоксида углерода (обзор). // Теплоэнергетика. – 2022. – 10. - с. 17 - 31.
10. Косой А.С и др. Концептуальная схема парогазовой установки с полным улавливанием диоксида углерода из продуктов сгорания. // Теплоэнергетика. - 2018. – 9. - с. 23 - 32.
11. Marshall Michael et al. Design of an additively manufactured recuperator with 8000 C inlet temperature for sCO2 power cycle application. // Trans. ASME. J. Eng. Turbines and Power. – 2023. – 145. – 2. - p. 021012/1 - 021012/10.
12. John Marion, Bill Follett. A step forward for sCO2 power cycles. // Modern Power Systems. - 2024. – January, 24.
13. sCO2 on the horizon in the EU. // Modern Power Systems. - 2024. – March, 24.

РАЗДЕЛ XXV. БИОТЕХНОЛОГИЯ

Сумкина Т.П., Булатова М.В., Думченко Н.Б., Башкина Е.С., Нечаева Е.А.

Сравнительный анализ физико-химических параметров трипсина из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсина из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical» и оценка их ростовой активности в клеточной культуре Нер-2

*Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор»
(Россия, Кольцово)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-229

Аннотация

Проведен сравнительный анализ трипсина из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсина из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical». Был проведен физико-химический анализ трипсина из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсина из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical» и их ростовая активность на клеточной культуре Нер-2. Этот анализ показал, что все четыре вида (или марки) трипсина по физико-химическим параметрам отличаются только протеолитической активностью, а так же обладают высокой протеолитической активностью и способностью быстро разрушать клеточные соединения. При выборе трипсина необходимо учитывать особенности конкретных клеточных культур и цели исследования. Трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсин из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical» имеют свои преимущества и недостатки, но трипсин из поджелудочной железы свиней дешевле других.

Цель настоящей работы – провести сравнительный анализ физико-химических параметров трипсина из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсина из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical» и оценить их ростовую активность в клеточной культуре Нер-2.

Ключевые слова: трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсин из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical», клеточные культуры, Нер-2, питательная среда Игла MEM.

Abstract

A comparative analysis of bovine pancreatic trypsin, porcine pancreatic trypsin, trypsin 2000 units/g from Central Drug House (P) Ltd and trypsin 1:250 from MP biomedical was performed. Physical and chemical analysis of trypsin from bovine pancreas, trypsin from swine pancreas, trypsin 2000 units/g from Central Drug House (P) Ltd and trypsin 1:250 from MP biomedical and their growth activity on Hep-2 cell culture were performed. This analysis showed that all four types (or brands) of trypsin differ in physicochemical parameters only in proteolytic activity, and also have high proteolytic activity and the ability to quickly destroy cellular compounds. When choosing trypsin, it is necessary to take into account the characteristics of specific cell cultures and the goals of the study. Bovine pancreatic trypsin, porcine pancreatic trypsin, Central Drug House (P) Ltd 2000 U/g trypsin and MP biomedical 1:250 trypsin have their advantages and disadvantages, but porcine pancreatic trypsin is cheaper than others.

The purpose of this work is to conduct a comparative analysis of the physicochemical parameters of trypsin from the pancreas of cattle, trypsin from the pancreas of pigs, trypsin 2000

units/g of Central Drug House (P) Ltd and trypsin 1:250 of MP biomedical and to evaluate their growth activity in the Hep-2 cell culture.

Keywords: trypsin Bovine, trypsin pancre, trypsin 2000 U/g from Central Drug House (P) Ltd and trypsin 1:250 from MP biomedical, cell cultures, Hep-2, nutrient medium Iglá MEM.

В настоящее время в биотехнологии для различных целей, включая работу с культурой клеток и производство белков, используют трипсин. Трипсин – это ферментативный препарат широкого протеолитического действия. Существуют несколько видов трипсина, но наиболее распространенные из них - трипсин из поджелудочной железы свиней и трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота. Они обладают высокой активностью и способностью расщеплять белки на более мелкие фрагменты, и разрушают клеточные соединения, что делают их важными ингредиентами в биотехнологической промышленности.

Кроме того, оба эти трипсина имеют некоторые различия, которые могут повлиять на поведение клеточных культур. Исследования показывают, что клеточные культуры, снятые трипсином из поджелудочной железы крупного рогатого скота, часто показывают более высокую жизнеспособность и процент выживаемости, чем те, которые были сняты трипсином из поджелудочной железы свиней. Трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота менее агрессивен к клеткам, обладает более высокой активностью и специфичностью к различным белкам, что способствует сохранению их морфологии и функциональности.

В трипсине из поджелудочной железы крупного рогатого скота возможность присутствия возбудителя губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота. Передача прионной болезни губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота (BSE) произошла случайно крупному рогатому скоту и нескольким другим видам млекопитающих через корм с добавлением мясокостной муки, загрязненной инфицированными тканями крупного рогатого скота. Характеризуется длительным, до 2,5-8 лет, инкубационным периодом и 100% поражением центральной нервной системы с летальностью. [2, 6]

Однако трипсин из поджелудочной железы свиней также имеет свои преимущества, он также обладает более широким спектром действия и может быть более эффективен при снятии определенных типов клеток. Кроме того, трипсин из поджелудочной железы свиней намного дешевле и более доступен, что делает его более привлекательным выбором для некоторых лабораторий.

Поэтому выбор между трипсином из поджелудочной железы крупного рогатого скота и трипсином из поджелудочной железы свиней зависит от конкретных целей и требований конкретного процесса.

В некоторых случаях трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота является более стабильным для биотехнологических процессов и обладает рядом преимуществ по сравнению с трипсином из поджелудочной железы свиней. Высокая стабильность, активность и специфичность делают трипсин поджелудочной железы крупного рогатого скота идеальным выбором для многих задач в области биотехнологии и биомедицины. [3]

Трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота и трипсин из поджелудочной железы свиней позволяет оценить эффективность при использовании их в биотехнологии. [4]

Исследования показывают, что трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота часто демонстрирует более высокую жизнеспособность и процент выживаемости клеточной культуры, чем клеточная культура, обработанная трипсином из поджелудочной железы свиней.

Однако трипсин из поджелудочной железы свиней имеет разные квалификации и обладает более широким спектром действия и может быть более эффективен при снятии определенных типов клеточных культур. Кроме того, трипсин из поджелудочной железы свиней дешевле и более доступен, что делает его более интересным выбором для некоторых лабораторий. [7]

Важную роль в поведении клеточных культур также играет питательная среда, в которой выращиваются клеточные культуры. Правильный выбор питательной среды и трипсина может значительно повлиять на результаты экспериментов и исследований.

Таким образом, при выборе между разными трипсинами: трипсином из поджелудочной железы крупного рогатого скота, трипсином из поджелудочной железы свиней, трипсином 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсином 1:250 фирмы «MP biomedical» необходимо учитывать особенности конкретных клеточных культур и цели исследования. Все варианты имеют свои преимущества и недостатки, и правильный выбор препарата зависит от конкретной ситуации.

Условия эксперимента.

Нами были взяты разные виды трипсина: Трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота фирмы «Central Drug House (P) Ltd.» (производства Индия), Трипсин из поджелудочной железы свиней фирмы «Central Drug House (P) Ltd.» (производства Индия), трипсин 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd.» (производства Индия) отличается от предыдущих квалификацией (имеет квалификацию для биохимии, а предыдущие для культур клеток), трипсин 1:250 фирмы «MP biomedical» (производства США). Весь трипсин прошел физико-химический контроль. Показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели: трипсин из поджелудочной железы КРС, трипсин из поджелудочной железы свиней, трипсина 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсина 1:250 фирмы «MP biomedical».

Показатели	Трипсин из поджелудочной железы КРС	Трипсин из поджелудочной железы свиней	Трипсин 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd.»	Трипсин 1:250 фирмы «MP biomedical»
Описание	Порошок слегка бежевого цвета	Порошок беловатого цвета	Порошок беловатого цвета	Порошок беловатого цвета
Растворимость	1 мин 55 сек	1 мин 10 сек	1 мин 41 сек	1 мин 8 сек
Прозрачность	0,005	0,006	0,005	0,002
Цветность	Слегка желтоватый	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный
pH	7,2	7,5	7,50	7,4
Буферная емкость	2,15	2,1	2,05	1,95
Потеря в массе при высушивании	3,5	4,8	3,7	1,1
Протеолитическая активность	290,0	213,3	154,3	140,6

Физико-химические показатели протеолитической активности трипсинов проводили с казеином кислотным. По полученным физико-химическим данным они отличаются протеолитической активностью.

Трипсин сухой разных видов был расфасован во флаконы пенициллиновые вместимостью 15 мл по 1,125 г, для последующего приготовления 0,25 % -ного раствора трипсина. [1] Флаконы с трипсином сухим стерилизовали на высокочастотном ускорителе электронов типа ИЛУ-6. Поглощающая доза стерилизации 25 кГр. [6] Затем готовили 0,25 % -ный раствор трипсина из поджелудочной железы крупного рогатого скота, из поджелудочной железы свиней, трипсин 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd» и трипсин 1:250 фирмы «MP biomedical». Трипсин проверяли на клеточной культуре Нер-2, ее культивировали в питательной среде Игла МЕМ (производства ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора) с 10 % сыворотки крови плодов коров фирмы «Соргоп» (производства США). Растворами трипсина снимали клеточную культуру Нер-2 с поверхности культуральных флаконов в течение 2 минут. Индекс пролиферации (ИП) культуры клеток Нер-2 после первого пассажа приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Показатели ростовой активности клеточной культуры Нер-2.

Клеточная культура	Нер-2
Трипсин из поджелудочной железы КРС, индекс пролиферации после 1 пассажа	7,4±0,1
Трипсин из поджелудочной железы свиней, индекс пролиферации после 1 пассажа	7,7±0,1
Трипсин 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd.», индекс пролиферации после 1 пассажа	6,9±0,1
Трипсин 1:250 фирмы «MP biomedical», индекс пролиферации после 1 пассажа	6,1±0,1

По морфологическим характеристикам клеточная культура Нер-2, культивированная в питательной среде Игла MEM, соответствуют паспортным характеристикам данной культуры клеток, клетки имеют ровные края без признаков дегенерации и образуют ровный монослой на (3-4) сутки. (Рисунок 1)

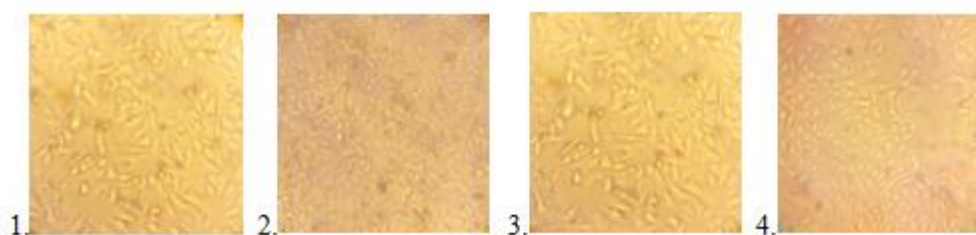


Рисунок 1. Клеточная культура Нер-2, культивированная в питательной среде Игла MEM, снята трипсином из поджелудочной железы КРС (1). Клеточная культура Нер-2, культивированная в питательной среде Игла MEM, снята трипсином из поджелудочной железы свиней (2). Клеточная культура Нер-2, культивированная в питательной среде Игла MEM, снята трипсином 2000 ед/г фирмы «Central Drug House (P) Ltd.» (3). Клеточная культура Нер-2, культивированная в питательной среде Игла MEM, снята трипсином 1:250 фирмы «MP biomedical» (4).

По результатам проведенных исследований нами разработана технология приготовления трипсина сухого стерильного. Трипсин успешно применяется для снятия перевиваемых клеточных культур Нер-2 с подложки. Все виды трипсина получили высокие результаты при выращивании клеточной культуры Нер-2 в лабораторных условиях, а также являются безопасными. Но нас интересовал трипсин из поджелудочной железы свиней. Он показал хорошие результаты.

Таким образом, при выборе между трипсинами из поджелудочной железы крупного рогатого скота и поджелудочной железы свиней можно сделать вывод, что трипсин из поджелудочной железы крупного рогатого скота более стабильный, а трипсин из поджелудочной железы свиней обладает высокой пролиферативной активностью и экономически более выгоден.

1. Богрянцева М.П., Трошкова Г.П., Камший Л.П., Мартынец Л.Д., Величко А.В., Ночевный В.Т. Способ получения стерильного раствора трипсина для культур клеток // Патент Российской Федерации, № 214503; 1999.
2. Джо Мур, Стивен Хокинг, Энтони Р. Остин, Тимм Конольд, Роберт Б. Грин, Ян Бламайр, Иэн Декстер, Майкл Дж. Стэк, Мелани Дж. Чаплин, Ян П.М. Ланжевельд, Марион М. Симмонс, Ивонн И Спенсер, Пол Р. Уэбб, Майкл Доусон & Джеральд А. Уэллс Исследования возможности передачи возбудителя губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота домашним курам // Исследовательские заметки ВМС. Номер статьи: 501; 2011
3. Попова В.М. Усовершенствование технологии изготовления и изучения свойств трипсина сухого для вирусологических целей // Дис. канд. биол. наук. М.; 1999.

4. Суханова С. М., Петручук Е. М., Генералов А. А. Трипсин. Свойства и применение в производстве биологических лекарственных препаратов // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2018, Т. 18, № 2. С 106-113.
5. Трошкова Г.П. Технологические основы электронно-лучевой стерилизации питательных сред//Биотехнология -2000 -№ 6 -С 54-6.
6. Фирсова Н.Д. Трансмиссивные губчатые энцефалопатии, или прионные болезни // перевод с английского; 2018
7. Шалунова НВ, Меркулов ВА, Комратов АВ, Петручук ЕМ, Семенова ИС, Волгин АР, Трусов ГА. Требования к клеточным культурам, используемым для производства и контроля качества иммунобиологических лекарственных препаратов.// Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения 2013;(1):28–32.

РАЗДЕЛ XXVI. МЕХАНИКА

Обносов К.Б., Паншина А.В., Бондаренко Н.И.
Кинематика инерциоид

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-230

Аннотация

В статье решается задача кинематики мобильного устройства, которое может перемещаться по шероховатым поверхностям за счёт периодических движений внутренних частей (инерциоида). Подвижные внутренние детали состоят из редуктора, преобразующего большую угловую скорость электромотора в малую угловую скорость блоков, которые заставляют корпус инерциоида поворачиваться вокруг двух осей. Составлены кинематические соотношения между деталями как внутри всех блоков, так и между блоками.

Ключевые слова: инерциод, редуктор, мальтийский механизм, угловая скорость.

Abstract

The article solves the problem of kinematics of a mobile device that can move over rough surfaces due to periodic movements of internal parts (inertioid). The movable internal parts consist of a gearbox that converts the high angular velocity of the electric motor into a low angular velocity of the blocks. The blocks force the inertioid body to rotate around two axes. The kinematic relations between the parts both inside all the blocks and between the blocks have been compiled.

Keywords: inertioid, reducer, Maltese mechanism, angular velocity.

Рассматривается мобильное (локомоционное) устройство, которое может перемещаться по шероховатой поверхности за счет периодических движений внутренних масс. Интерес к разработке подобных устройств (инерциоидов) проявляют многие ученые [1-3]. Мобильные роботы могут автономно перемещаться в труднодоступных местах и решать ряд практических задач, например, в области систем магистральных трубопроводов, нефтепроводов.

В данной работе решается задача кинематики инерциоида (рис. 1,2).

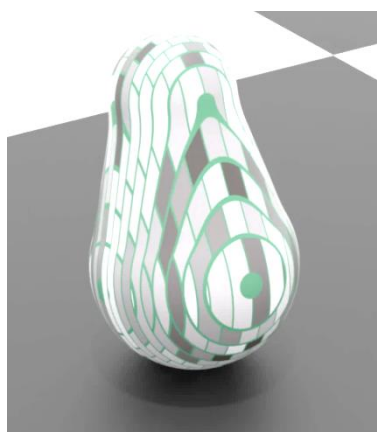


Рисунок 1. Внешний вид инерциоида.

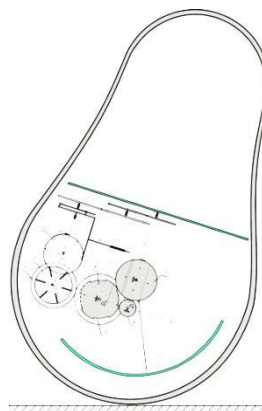


Рисунок 2. Внутренний вид инерциоида.

Подвижные внутренние детали устройства разделены на две группы:

- редуктор, который преобразует высокую угловую скорость электромотора в относительно малую угловую скорость деталей второй группы (рис. 2,3);
- вторая группа деталей состоит из двух идентичных блоков, работающих по одному принципу. Один блок (рис. 2) вращает корпус инерциоида вокруг

горизонтальной оси. Второй блок (подобный первому) заставляет корпус инерциоида вращаться вокруг оси, перпендикулярной шероховатой поверхности.

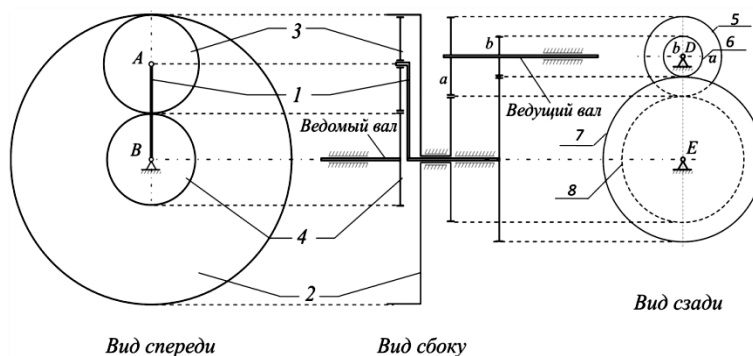


Рисунок 3. Схема редуктора.

Рассмотрим редуктор (рис. 3). Предполагается, что движение инерциоида обеспечивает электродвигатель. Угловые скорости современных электродвигателей принимают значения от десятков до сотен радиан в секунду, что слишком много для рассматриваемого устройства. Редуктор понижает угловую скорость. Устроен он по принципу планетарного механизма, что обеспечивает плавность преобразования движений. Мощность при этом теряется только из-за трения в подшипниках в отличие от электронного редуктора.

Зависимость между угловыми скоростями ведущего вала 5 и ведомого вала 4 получаем после несложных кинематических вычислений:

$$\omega_4 = \omega_5 \cdot k,$$

где

$$k = \frac{r_2 r_5 r_7 - 2(r_3 + r_4) \cdot r_6 r_8}{r_4 r_7 r_8}.$$

При этом должно выполняться условие $0 < k \ll 1$, что обеспечивается подбором величин радиусов звеньев r_i .

Рассмотрим вторую группу деталей, состоящую из двух идентичных блоков, заставляющих корпус вращаться вокруг двух осей. Каждый блок состоит из мальтийского механизма и «физического маятника» (рис. 4). Редуктор передает движение от электродвигателя одновременно двум колесам 1 с цевками (рис. 4,5), которые поворачивают два мальтийских колеса 2. Мальтийский механизм преобразует равномерное вращательное движение в прерывистое вращательное движение.

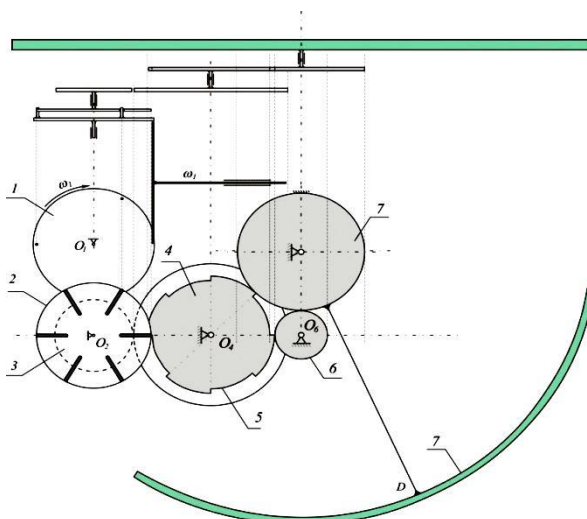


Рисунок 4. Блок, отвечающий за вращение корпуса инерциоида вокруг горизонтальной оси.

Мальтийские колеса обеспечивают попеременный поворот корпуса вокруг двух осей, то есть попеременное перемещение корпуса в двух плоскостях.

В момент рабочего хода одно из колес 1 с цевками через соответствующее мальтийское колесо 2 толкает физический маятник 7. Поворот маятника меняет положение центра масс системы, инерциод наклоняется, изменяется точка касания корпуса с шероховатой поверхностью. Далее другой маятник 7 поворачивается вокруг своей оси. Корпус снова наклоняется, снова изменяется точка касания корпуса с поверхностью. В результате инерциод движется (перекатывается). Нумерации элементов на рис. 3 и 4 не связаны между собой.

Определим зависимость между постоянной угловой скоростью ω_1 вала диска 1 и скачкообразной угловой скоростью ω_2 мальтийского колеса (креста) 2 (рис. 4,5). Необходимо исключить ударное взаимодействие тел. Для этого рассмотрим движение точки E (точки цевки звена 1, которая контактирует с пазом звена 2) как сложное движение.

Формула для абсолютной скорости точки E имеет вид (рис. 5):

$$\vec{v}_E = \vec{v}_r + \vec{v}_e$$

Удар отсутствует, если переносная скорость равна нулю при входе и выходе цевки из паза:

$$v_e = \omega_2 \cdot O_2E = 0$$

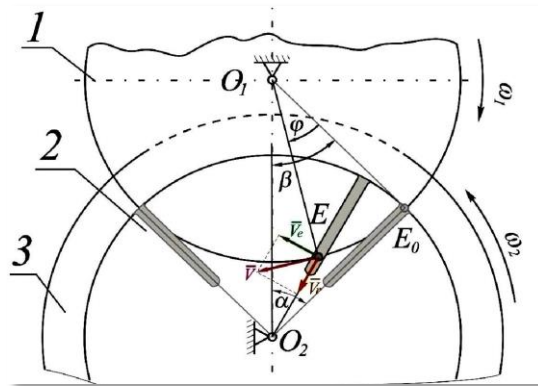


Рисунок 5. Схема мальтийского механизма.

Из геометрических построений видно, что при $O_2E = r_2$ это имеет место, если в начальный и конечный моменты контакта радиусы r_1 и r_2 будут взаимно перпендикулярны. Отсюда получаем соотношение для размеров:

$$O_1O_2 = \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$$

Это обеспечивает нулевые значения начальной и конечной угловой скорости ω_2 мальтийского креста 2.

Распишем скорость точки E:

$$v_E = \omega_1 r_1, \quad v_e = \omega_2 \cdot O_2E, \quad v_e = v_E \cdot \cos \gamma$$

Отсюда получим угловую скорость звена 2:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1 \cos \gamma}{O_2E}$$

Здесь угол γ – переменный угол между отрезком O_1E и радиусом r_2 . После геометрических преобразований получим [4,5]:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{r_2 \cos \varphi_1 - r_1 \sin \varphi_1}{r_1 (\cos \varphi_1 - 1) + r_2 \sin \varphi_1}$$

Поэтому

$$\omega_2 = \omega_1 r_1 \frac{r_1 (\cos \varphi_1 - 1) + r_2 \sin \varphi_1}{(r_1 - r_2)^2 + r_1^2 (1 - 2 \cos \varphi_1)}.$$

Здесь

$$\varphi_1(t) = \omega_1 t.$$

Далее получаем соотношения:

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{\sqrt{1 + \sec^2 \beta - 2 \sec \beta \cdot \cos(\beta - \varphi_1) - \sec^2 \beta \cdot \cos^2(\frac{\pi}{2} - \beta + \varphi_1)}}{1 + \sec^2 \beta - 2 \sec \beta \cdot \cos(\beta - \varphi_1)},$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{\sin(\beta - \varphi_1)}{\sqrt{1 + \sec^2 \beta - 2 \sec \beta \cdot \cos(\beta - \varphi_1)}},$$

где угол

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{r_2}{r_1}.$$

Количество n цевок звена 1 и пазов звена 2 выбирается из тех соображений, чтобы n было целым делителем угла 3600. Причем оно должно быть четным для обеспечения попеременного движения двух маятников 7, отвечающих за два разных поворота корпуса инерциоида. Для плавного поворота мальтийского механизма выбран угол

$$\beta = \pi / 4 \text{ (рис. 4).}$$

Поэтому оптимальное число

$$n = 4 \text{ [5].}$$

Рассмотрим теперь передачу движений от мальтийского креста 2-3 к физическому маятнику 7. Выберем величины радиусов звеньев 2-3 меньше величин радиусов звеньев 4-5. В результате получим, что угловые скорости

$$\omega_{4-5} < \omega_{2-3}.$$

Пусть радиусы

$$r_7 = r_5,$$

тогда угловые скорости

$$\omega_7 = \omega_{4-5}.$$

Чтобы обеспечить попеременное движение идентичных маятников 7, у звена 5 убираем часть зубьев. Пусть изначально 5-е звено имело 32 зубчика. Последовательно вырезаем 4 зубчика, оставляем 4 зубчика и т.д. В результате 1/4 часть оборота звена 2-3 соответствует 1/8 части оборота звена 4-5, т.к. убрана 8-я часть зубьев.

При контакте зубьев 5-го звена с валом 7 маятник 7 поворачивается с угловой скоростью ω_7 . Далее зубья 5-го звена контактируют с зубьями 6-го звена. Вращательное движение 6-го звена передается валу 7 (маятнику 7), но уже в обратном направлении. Таким образом, маятник возвращается в исходное положение. Несложные расчеты приводят к линейным соотношениям:

$$\omega_7 = |\dot{\varphi}| = \omega_{4-5} = \omega_{2-3} \frac{r_3}{r_4}.$$

Передачу движений от мальтийского механизма маятнику 7 можно конструктивно организовать различными способами. В работах [4,5] рассмотрена схема кривошипно-ползунного механизма. Формулы для угловых скоростей маятника ω_7 и звена 1 ω_1 , полученные в том случае, имели нелинейный и громоздкий вид. Схема, представленная в данной работе (рис. 4), существенно упрощает и передачу движения от мальтийского механизма к маятнику 7 и кинематический расчет движения инерциоида. Также простые кинематические соотношения позволят упростить составление дифференциальных уравнений динамики.

1. Толчин В.Н. Инерциоид. Силы инерции как источник поступательного движения. Пермь, 1977. 99 с.
2. Махмудов П.К., Самсонов В.А., Досаев М.З., Климина Л.А., Вершинин Ю.А. Движение колесного инерциоида за счет перемещения внутренних масс // Устойчивость и колебания нелинейных систем управления. Материалы конференции. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. С. 298-300.
3. Досаев М.З. Скольжение инерциоида на упругих опорах // IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 2021. С. 98-100.
4. Обносов К.Б., Паншина А.В., Бондаренко Н.И. Инерциоид ходячий // Сборник тезисов докладов XIII Всероссийского съезда по теоретической и прикладной механике. В 4-х томах. Санкт-Петербург, 2023. С. 870-872.
5. Обносов К.Б., Паншина А.В., Бондаренко Н.И., Котиков Б.А. Некоторые вопросы кинематики инерциоида ходячего. В сборнике: Теоретическая механика. М., 2023. С. 81-86.

Рожкова Е.А.

Принцип работы электромеханических устройств в космосе

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-231

Аннотация

Статья рассматривает электромеханику как науку о движении и взаимодействии макроскопических и микроскопических тел с электрическими и магнитными полями. Обсуждается тесная связь космонавтики с различными областями электротехники, такими как электромеханика, радиотехника и электроника.

Ключевые слова: electromechanics, vehicle movement, launch vehicles, spacecraft, aircraft control.

Abstract

The article examines electromechanics as a science of motion and interaction of macroscopic and microscopic bodies with electric and magnetic fields. The close connection of astronautics with various fields of electrical engineering, such as electromechanics, radio engineering and electronics, is discussed.

Keywords: электромеханика, движение транспортных средств, ракеты-носители, космический аппарат, управление летательными аппаратами.

Электромеханика — наука о движении и взаимодействии вещественных инерциальных макроскопических и микроскопических тел, связанных с электрическими и магнитными полями. Движение различных транспортных средств: автомобилей, самолетов на современном этапе развития в очень большой степени определяется законами и принципами электромеханики.[1]

Ракеты-носители, используемые для вывода полезного груза на орбиту вокруг Земли и имеющие бортовые системы электромеханики, автоматики, электроснабжения, по своим

законам движения не существенно отличаются от мощных авиационных сверхскоростных самолетов. Поэтому электротехническое оборудование таких ракет-носителей, в том числе средства электромеханики, по своим весогабаритным, энергетическим характеристикам и техническим требованиям очень близки к авиационному оборудованию, с той лишь разницей, что перегрузки при ускорениях и вибрационные характеристики авиационных электромеханических систем при применении в ракетах-носителях имеют более широкий диапазон.[2]

В отличие от этих систем, производительность бортового электрооборудования и систем космических аппаратов, выведенных на орбиту, может быть рассчитана на многие месяцы и годы. Следовательно, с точки зрения общего технического оснащения электрифицированных механизмов соответствующими электромеханическими устройствами, они более подходят и гармонируют с техническими эксплуатационными требованиями морских судов, включая глубоководные транспортные средства. В то же время космические объекты требуют значительно более жестких ограничений по массе и габаритам всех бортовых систем.

Следует отметить следующие особенности электромеханических устройств космических аппаратов. Во-первых, в условиях орбитального полета возникновение любого перемещения каждого бортового рабочего механизма влияет на космический объект в соответствии с законами сохранения центра масс и момента импульса. Таким образом, при использовании электрической энергии для обеспечения движения какой-либо массы в заданном направлении реакция этого движения на корпус космического аппарата должна быть каким-то образом компенсирована.

Во-вторых, любое электромеханическое устройство, выполняя полезную работу, несет соответствующие тепловые потери, в зависимости от величины коэффициента полезного действия, то есть когда механизмы работают в глубоком вакууме, отвод тепла в космическое пространство не может происходить с помощью каких-либо охлаждающих агентов, а значит, осуществляется только за счет лучистой энергии в космос, что делает необходимым использование соответствующих поверхностей для отвода тепла при проектировании космических аппаратов.

В-третьих, так как космический аппарат должен находиться в космосе и функционировать долгие годы, то при эксплуатации электромеханических систем такого объекта требуется, чтобы они имели очень длительный срок службы и безотказно и непрерывно работали в динамическом режиме в течение долгового времени.[3]

В связи с усовершенствованием летательных аппаратов и установлением уникальных характеристик их движения, электромеханические системы претерпели существенные изменения. Стало обычным включение механических устройств, исполнительных механизмов с электродвигателями и электронного, автоматического оборудования для обеспечения точной ориентации в космосе, навигации и соответствующей стабилизации. В результате произошел значительный прогресс в развитии систем управления летательными аппаратами.

Для успешного управления движением автоматизированных летательных аппаратов в космосе необходимо наличие высокочувствительных элементов для точной регистрации и передачи параметров положения устройства в пространстве. Разработка эффективной логики управления, основанной на анализе многочисленных входящих сигналов и передаче соответствующих сигналов исполнительным органам, также играет важную роль.

Особенности электромеханических систем, обеспечивающих запуск и управление космическим аппаратом на орбите, становятся особенно заметными при рассмотрении движения летательных аппаратов без использования приборов, когда пилоты руководствуются ориентирами для выполнения маневров. Важное значение имеет управление углами тангажа, крена и рыскания для точного направления движения аппарата.

Применение электромеханических систем в космических летательных аппаратах имеет широкие практические применения и продолжает развиваться благодаря научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам, проводимым как на земле в ходе испытаний, так и в космических условиях при орбитальных полетах.

Основными потребителями тока в космосе являются научно-исследовательское и специальное техническое оборудование, система обеспечения жизнедеятельности экипажа, радиоаппаратура для связи с Землей или другими космическими объектами, а также различные вспомогательные установки. Элементы оборудования могут потреблять различные мощности, но обычно космические приборы потребляют небольшие мощности. Однако значительная часть мощности источника электропитания используется радиоаппаратурой для связи, системами навигации и другими устройствами.

Проектирование космической энергоустановки сталкивается с трудностью обеспечения пиковых нагрузок, которые могут быть в два-три раза выше номинальных. Это означает, что установка должна быть способна обеспечивать большие мощности в определенные моменты времени, что может привести к недогрузке при нормальной работе. Однако это также означает лишний вес, так как вес энергетической установки зависит от ее мощности.

Для улучшения эффективности системы энергоснабжения, некоторые специалисты рекомендуют внедрение двух энергоустановок на борту: основной, предназначенной для постоянной работы и обеспечения средней нагрузки, и дополнительной, которая активируется при высоких пиковых нагрузках. Такой дополнительный источник энергии, как, например, заряжаемый от основного аккумулятор, обеспечивает надежное питание в тех случаях, когда требуется мгновенное и ограниченное использование энергии.

Кроме того, вторичная энергоустановка может служить как запасной вариант при отказе основной системы или во время её обслуживания. Поэтому помимо главной централизованной системы, на борту также могут быть установлены более мелкие автономные источники энергии. Разнообразие типов источников энергии в космических станциях свидетельствует о значительных возможностях разработки различных систем с разной мощностью и потребляемыми ресурсами.

Однако, на космическом корабле с небольшим экипажем выделять место для дополнительной энергоустановки может быть непрактично из-за высоких требований к надежности основного источника питания.

Благодаря высокой плотности энергии и большим токам разряда, батареи до сих пор часто применяют в космонавтике. Их недостаток — небольшое количество циклов перезарядки независимо от количества использования, то есть включили вы один раз или несколько. Аккумуляторы ставят в аппараты, которые будут работать не дольше нескольких суток и не требуют больших объемов электричества.

Таким образом, электромеханика является непрерывно развивающейся отраслью науки и техники. Важным аспектом развития электромеханических систем сложных агрегатов для автоматизации и механизации технологических процессов является использование разнообразных электрических машин постоянного и переменного тока.

1. Андронов И. Электротехника в космосе. — «Электротехника», 1970, № 7.
2. Электромеханика в космосе. М., «Знание», 1977. 64 с. Серия «Космонавтика, астрономия».
3. Wikireading.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://tech.wikireading.ru/11575>

РАЗДЕЛ XXVII. СТРОИТЕЛЬСТВО

Борецкий Д.С.

Метод проектирования железобетонных конструкций в Revit

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-232

Аннотация

В статье представлен метод проектирования железобетонных конструкций в Revit, направленный на оптимизацию процесса моделирования и повышения эффективности работы. Описывается разделение объекта проектирования на отдельные секции и корпуса с созданием для них отдельных файлов опалубки и армирования, что позволяет снизить вес файлов и ускорить процесс моделирования. Особое внимание уделено использованию системной и IFC арматуры для повышения качества проектов и уменьшения вероятности ошибок.

Ключевые слова: Revit, железобетонные конструкции, проектирование, моделирование, армирование, IFC арматура, системная арматура, оптимизация, рабочая документация, BIM.

Abstract

The article presents a method for designing reinforced concrete structures in Revit aimed at optimizing the modeling process and improving work efficiency. The method involves dividing the project into separate sections and blocks, with dedicated files created for formwork and reinforcement, which helps reduce file size and speed up the modeling process. Special attention is given to the use of both system and IFC reinforcement to enhance project quality and reduce the likelihood of errors.

Keywords: Revit, reinforced concrete structures, design, modeling, reinforcement, IFC reinforcement, system reinforcement, optimization, construction documentation, BIM.

Введение

Для создания наиболее оптимального процесса моделирования и проектирования в целом необходима система, так как каждый элемент влияет друг на друга. Например, выбор того, армировать ли в одном или многих файлах и каким образом, влияет на параметры, по которым удобно собирать спецификации. Поэтому важно рассмотреть весь процесс моделирования целиком, чтобы обозначить все возможные проблемы и решить их заранее. В этой статье предлагается метод проектирования железобетонных конструкций в Revit, в котором решены некоторые из проблем. Данный метод не является полным и совершенным, однако идеи из него могут послужить основой для других методов.

Объект проектирования заранее разделяется на отдельные секции и корпуса. Для каждого из них создаётся отдельный файл, в котором моделируется опалубка (модель опалубки). Разделять модели опалубки нужно для снижения веса файлов и для удобства.

При этом на стадии ПД (проектной документации) все конструкции моделируются в моделях опалубки с материалом «Железобетон». Для других разделов модели загружаются как связи напрямую (при небольшом проекте), или периодически создаются файлы с постфиксом `_shared` (очищенные и подготовленные для загрузки как связь). На стадии РД (рабочей документации) модели опалубки копируются, и для каждой конструкции из модели опалубки копированием через мониторинг создаётся модель армирования на основе шаблона. Другими словами, модель опалубки разделяется на отдельные конструкции по маркам. Это необходимо по следующим причинам:

1. Можно копировать схожие конструкции как отдельные файлы, корректируя координаты и сохраняя оформление, что ускоряет процесс моделирования.

Причём копирование возможно как в рамках проекта, так и между проектами. Также наиболее типовые конструкции могут заноситься в отдельную базу;

2. Уменьшается вес файлов и ускоряется модель, так как не нужно моделировать всю арматуру в одном файле.

Оформление документации на каждую конструкцию происходит в тех же файлах. Пакетная печать листов всего комплекта может быть реализована плагином. Если появится необходимость изменения общих для всего проекта параметров (переименовать марку, изменить данные в штампе), то чтобы не заходить во все файлы, можно разработать скрипт для их заполнения.

Материал скопированной опалубки в модели армирования заменяется на бетон необходимого класса, конструкция армируется, оформляется и подгружается обратно как связь с прикреплением в модель опалубки. То есть конструкция из модели опалубки заменяется связью, поэтому в самой модели опалубки её можно удалить, оставив только связь. Также арматура находится в отдельном рабочем наборе внутри модели армирования, который выключен в модели опалубки; что может ускорить открытие файлов и производительность модели.

Аналогично модель опалубки со связями подгружается в другие разделы как связь, захватывая связи моделей армирования. Схемы расположения конструкций, спецификации проёмов и прочие общие чертежи и спецификации для секции или корпуса оформляются на связях (в спецификациях использовать «Включить элементы из связей») в последнюю очередь.

Армирование

Используется подход 3D армирования, так как:

1. Уменьшается вероятность ошибки, и повышается качество проектов;
2. В будущем можно использовать для оценки стоимости.

Для армирования используется как системная арматура, так и IFC арматура [4] в категории «Несущие конструкции», что позволяет использовать одни и те же спецификации.

Область применения IFC арматуры:

1. Сборные или другие конструкции с типовым армированием по нормативным документам (арматура внутри семейств);
2. Обрамление проёмов;
3. Плоские или пространственные каркасы;
4. Фиксаторы («лягушки») и т. д.

Также можно рассмотреть создание семейств IFC арматуры для армирования капителей, создания зон усиления или любых других типовых зон армирования. То есть, например, нельзя создать семейство армирования плиты, так как оно будет слишком сложным, и может быть использовано только для простых случаев.

При этом семейства IFC армирования можно упрощать, условно показывая направление распределения арматуры с одним шагом и рассчитывая их количество через формулы. Таким образом, можно снизить вес модели и улучшить её производительность.

Также преимуществом IFC арматуры является возможность создания оформления на листах внутри семейства

То есть при армировании семейства проёмов из опалубки будут просто заменяться аналогичными семействами проёмов с армированием. Более того при изменении отверстия в опалубке, армирование будет также адаптироваться. На основе семейства можно создать семейства проёмов различной формы, различного типа армирования, проёмы из нескольких отверстий и т. д.

Системная арматура может применяться при:

1. Фоновом армировании (распределённая арматура);
2. Армировании стен, колонн, пилонов и т. д.

Для ускорения армирования можно использовать плагины, а затем дорабатывать армирование вручную.

Типовые узлы сохраняются в базе легендами или чертёжными видами и загружаются в шаблон КЖ. Новые узлы оформляются непосредственно в модели. По окончании каждого проекта новые узлы анализируются, и некоторые из них переносятся в легенды или чертёжные виды и добавляются в базу.

Большим преимуществом метода (и моделирования в Revit в целом) является возможность однократной настройки шаблонов, семейств, спецификаций и т. д. для их последующего простого использования. [1]

Также для дальнейшей автоматизации процесса проектирования можно рассмотреть связку аналитической модели из Revit с расчётными комплексами. [2, 3]

Заключение

В заключение можно сказать, что предложенный метод проектирования железобетонных конструкций в Revit предоставляет ряд практических решений для оптимизации процесса моделирования, особенно на стадии рабочей документации. Разделение моделей опалубки и армирования по отдельным файлам способствует улучшению производительности, снижению веса файлов и удобству работы с проектом. Применение как системной, так и IFC арматуры позволяет повысить качество проектов, снизить вероятность ошибок и упростить оформление чертежей. Хотя данный метод не является исчерпывающим, он предлагает полезные идеи, которые могут быть использованы в других подходах к проектированию. В перспективе возможно дальнейшее улучшение методологии за счёт интеграции аналитических моделей и расчётных комплексов, что позволит ещё больше автоматизировать процесс проектирования и повысить его эффективность.

1. Малофеев В.В., Веригин Ю.А. Сравнительный анализ и оценка ПК Autodesk Revit при разработке армирования железобетонных конструкций. // Ползуновский альманах. – 2019. – №2-1. – С. 117-122.
2. Квасников А.А., Сумароков Е.В. Оптимизация армирования железобетонных конструкций зданий и сооружений при автоматизации процессов проектирования. // Вестник НИЦ «Строительство». – 2023. – №37(2). С. 136–150.
3. Храмов Д.Д., Вареник К.А., Вареник А.С., Петров М.Ю., Кириллов А.В., Дуйсенбеков Б.К., Чамеев А.С. Проектирование армирования монолитного железобетонного здания с использованием его цифровой информационной модели. // Инновации в технике и технологиях. – 2023. – С. 132-140.
4. URL: <https://weandrevit.ru/semejstva-dlja-armirovanija-chast-1/> (дата обращения 15.08.2024)

Загидуллин И.И.

Особенности конструкций Крымского моста

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-233

Научный руководитель: Соколов Н.С.

Аннотация

В данной статье рассматриваются особенности конструкций Крымского моста, пролегающего над Керченским проливом. Целью работы является выявить конструктивные особенности Крымского моста.

Ключевые слова: мост, сваи, сейсмика, крымский мост.

Abstract

This article discusses the structural features of the Crimean Bridge, which runs over the Kerch Strait. The purpose of the work is to identify the design features of the Crimean Bridge.

Keywords: bridge, piles, seismic, Crimean bridge.

Введение

Крымский мост - это уникальное инженерное сооружение, которое соединило полуостров Крым с материковой Россией. Особенности его конструкций впечатляют своей масштабностью и сложностью. Мост имеет два уровня: верхний для автомобильного и железнодорожного движения, и нижний для проведения газопровода. Один из ключевых элементов конструкции - огромные арки, которые обеспечивают необходимую прочность и устойчивость сооружения. Здесь использованы современные технологии и материалы, что делает этот мост великолепным образцом инженерного искусства. Особенности конструкции крымского моста представляют собой интересную тему для изучения. Начиная от гигантских опор, способных выдерживать огромные нагрузки, до уникальных технологий использованных при строительстве – каждый аспект этого проекта заслуживает внимания специалистов и обывателей. В данной статье мы рассмотрим ключевые особенности конструкций крымского моста и разберемся в том, какие вызовы были преодолены при его создании.

Объектом исследования является Крымский мост.

Предмет – особенности конструкций большепролетных мостов, на примере Крымского моста.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования особенностей конструкций Крымского моста были использованы разнообразные материалы и методы. В частности, проведен анализ самого моста с применением дистанционного зондирования и лазерного сканирования. Были также изучены материалы, используемые для строительства моста, такие как бетон, металл и композиты. Для выявления деформаций и нагрузок использовались специализированные датчики и приборы. Проведенные исследования позволили более глубоко понять особенности конструкции моста и обеспечить его безопасное использование.

Результаты и проблематика

Построенный в 2018 году, крымский мост стал одним из самых значимых инженерных проектов в России. Особенности конструкции этого моста включают в себя уникальные решения, такие как использование свайно-столбового фундамента для поддержания мостовой части и специальных антивибрационных систем для смягчения воздействия ветровой нагрузки. Результаты эксплуатации моста показывают его надежность и эффективность, однако возникли проблемы с обеспечением безопасности движения на мосту из-за высокой загруженности и интенсивности движения. Дальнейшая проблематика связана с необходимостью регулярного технического обслуживания и модернизации конструкции для обеспечения ее долговечности и безопасности. Длина моста составляет 19 км, 11,5 из них пройдет по суше, в том числе по Таманскому острову, 7,5 км — над морем, имеется 4 полосы для движения автомобилей. Особенностью конструкций Крымского моста являются его внушительные сваи, достигающие в высоту 105 метров. Такая впечатляющая длина объясняется несколькими факторами. Во-первых, район Керчинского пролива отличается высокой сейсмической активностью, имея несколько тектонических разломов, что требует повышенной устойчивости и прочности конструкции моста. Во-вторых, здесь дуют сильные ветры, которые также необходимо учитывать при проектировании. В-третьих, на длину свай повлияли особенности грунта на дне Керчинского пролива. Там залегает толстый слой ила, что потребовало забивать сваи на большую глубину, чтобы обеспечить устойчивость моста. Фундаменты под автодорогу были сформированы из более чем 3000 свай, каждая из которых представляет собой самостоятельную опору для моста. В фундаментах опор автодорожного моста применялись два типа свай: около 500 буронабивных и более 2,5 тыс. трубчатых. Также, из-за высокой сейсмической активности под автодорожной частью переправы установлены шок-трансммиттеры. Шок-трансммиттеры - это устройства для перераспределения внезапных динамических нагрузок, что во время землетрясения защищает пролеты от разрушения, а также они способны смягчить усилие от экстренного торможения транспорта на мосту во время ДТП [2]. Всего на мосту установлено более 700 таких устройств, что позволит Крымскому мосту выдержать 9-балльное землетрясение. При таких сейсмических нагрузках, по прогнозам

специалистов, дорожное полотно потрескается и рельсы деформируются, но конструкция моста устоит и не рухнет. Отдельно хочется рассказать про конструкции судоходного пролета. Железнодорожный пролет - один из самых сложных элементов моста. Его масса составляет почти 600 тонн, а вся конструкция состоит из 40 секций, скрепленных между собой высокопрочными болтами и сваркой [3]. Длина судоходного пролета составляет 227м, а самого судоходного хода - 185м. Подмостовой габарит составляет 35м, а глубина судоходного канала - 10м. В фундаментах опор этого пролета сформированы по 110 стальных свай диаметром 1420мм. Глубина их погружения от 64 до 72 метров. Арка над пролетом имеет высоту 45 метров. Автотранспортная часть имеет гибкую подвеску из высокопрочной стальной проволоки, в то время как железнодорожный мост имеет жесткую затяжку в виде сквозной фермы с жесткой подвеской. Данный пролет позволяет не препятствовать активному судоходству, которое осуществляется в данных водах. Даже крупногабаритные суда с легкостью пройдут под этим мостом. Монтаж железнодорожного пролета - это отдельная история, требующая применения специальных технологий. Для скорейшего соединения конструкции и выполнения работ качественно, строители использовали метод продольной надвигки. Этот метод основан на сборке конструкции из заводских блоков на стенде на берегу и постепенном ее передвижении по скользящим устройствам на построенные опоры домкратами со скоростью около 45 миллиметров в минуту. Движение с двух берегов позволяет со временем соединить полотно на железнодорожном пролете. В конструкцию моста включены смотровые ходы, лестницы и площадки для персонала, которые помогут отслеживать состояние действующих железных путей в будущем. Это важно для обеспечения безопасности движения поездов и своевременного проведения ремонтных работ.

Заключение

Таким образом, конструкция Крымского моста представляет собой уникальное инженерное сооружение, объединяющее два берега Керченского пролива. Основные особенности моста включают в себя высокую прочность и устойчивость к воздействию внешних факторов, таких как ветер и волны. Конструкция моста была разработана с учетом геологических и климатических особенностей региона, чтобы обеспечить безопасность и надежность движения по нему. В целом, Крымский мост стал символом технологического прогресса и инженерного мастерства, открывая новые перспективы для развития региона и укрепления связей между полуостровами.

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы
2. Бондарь Н.Г. Взаимодействие железнодорожных мостов с подвижным составом. М.: Издательства Москва Транспорт, 1984. 282 с.
3. Бобриков Б.В. Строительство мостов. М.: Тр., 1978. 296 с

Кошелева С.А., Гулякин Д.В.

АРМ: ключ к эффективному и безопасному строительству будущего

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-234

Аннотация

Статья посвящена трансформации строительной отрасли под влиянием автоматизированных рабочих мест (АРМ). В ней рассматриваются функционал АРМ, их применение на разных этапах строительства (проектирование, строительство, эксплуатация), а также преимущества и вызовы, связанные с внедрением этих технологий. Проводится анализ, как АРМ, оснащенные передовыми технологиями (BIM, робототехника, 3D-печать, VR/AR), повышают эффективность, точность и безопасность строительных процессов. Особое внимание

уделяется роли АРМ в создании "умных" зданий, оптимизирующих энергопотребление и управление.

Ключевые слова: автоматизация, строительство, система управления, цифровые технологии, проектирование, 3D-проектирование, роботизация.

Abstract

The article is devoted to the transformation of the construction industry under the influence of automated workstations (AWS). It discusses the functionality of automated workplaces, their use at different stages of construction (design, construction, operation), as well as the advantages and challenges associated with the implementation of these technologies. An analysis is conducted of how workstations equipped with advanced technologies (BIM, robotics, 3D printing, VR/AR) increase the efficiency, accuracy and safety of construction processes. Particular attention is paid to the role of automated workplaces in the creation of "smart" buildings that optimize energy consumption and management.

Keywords: automation, construction, control system, digital technologies, design, 3D design, robotization.

Мир строительства претерпевает стремительную трансформацию, переходя от традиционных методов к инновационным подходам, основанным на цифровых технологиях. В этом процессе ключевую роль играют автоматизированные рабочие места (АРМ).

Автоматизированные рабочие места прошли долгий путь, начавшись с простых компьютеров, использовавшихся в основном в промышленном секторе для автоматизации отдельных задач в 1970-х годах. С течением времени их функциональность расширялась, доступность увеличивалась, и сегодня АРМ стали неотъемлемой частью многих сфер жизни.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) — это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматизации деятельности специалистов на предприятии. Основная работа на таком месте выполняется машиной, а вспомогательные работы могут быть механизированы частично или полностью [1].

Функционал АРМ включает в себя управление данными, работу с приложениями, взаимодействие с оборудованием, безопасность информации, интеграцию с другими системами, удаленный доступ и техническую поддержку.

АРМ может быть реализован в различных формах и на различных платформах, в зависимости от потребностей организации. Это может быть настольное программное обеспечение, веб-приложение или даже мобильное приложение.

Основные функции АРМ:

1. Информационно-справочное обслуживание. Использование АРМ может быть направлено на определенную область. Именно профессиональный подход позволяет сделать работу человека с вычислительной системой удобным и продуктивным.
2. Выполнение арифметических функций. Сюда входит обработка всей информации, а также хранение полученных результатов. Работа с АРМ позволяет выполнять такую деятельность оперативно сразу после поступления данных. Храниться они могут столько, сколько потребуется пользователю.
3. Функция учета, анализа и регулирования. Система выполняет обработку информации на всех компьютерах, которые задействованы в составе распределенной базы данных. Это позволяет обеспечивать совместное и комплексное функционирование всей системы. Именно вычислительная техника, в данном случае, будет задействована для того, чтобы хранить и обрабатывать информацию. От специалиста потребуются выполнять только ряд операций вручную, которые требуют творческого подхода и нестандартного решения.

Преимущества автоматизации рабочих мест:

- Повышение эффективности. Автоматизация рабочих мест освобождает сотрудников от рутинных задач, позволяя им сосредоточиться на более творческих и стратегически важных аспектах работы. Это приводит к значительному увеличению продуктивности и эффективности.
- Снижение ошибок. Ручной труд подвержен ошибкам, особенно при выполнении повторяющихся задач. Автоматизация минимизирует этот риск, поскольку процессы стандартизируются и становятся автоматическими, обеспечивая повышенную точность и надежность данных.
- Улучшение координации и управления. АРМ позволяет централизовать все бизнес-процессы, делая информацию доступной для всех сотрудников. Это упрощает координацию между отделами, обеспечивает прозрачность и повышает эффективность управления организацией в целом[2].

Автоматизация рабочего места в строительной отрасли - комплекс программного обеспечения, оборудования и технологий, которые революционизируют процесс проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

В проектировании данный комплекс позволяет создавать виртуальные модели зданий с использованием BIM (Building Information Modeling) - информационное моделирование зданий и сооружений, при котором создается объемная 3D-модель, где каждый объект связан с информационной базой данных проекта и имеет назначаемые, взаимозависимые атрибуты[3]. Это комплексный подход, объединяющий всю информацию о проекте: планировку, инженерные системы, материалы, бюджет, график работ, а так же данные об оборудовании и документацию. BIM помогает выявлять ошибки на ранних этапах проектирования, оптимизировать использование материалов, снизить затраты и повысить точность и эффективность проекта.

На строительной площадке АРМ автоматизируют многие процессы, делая ее "умной". Роботы-каменщики и дроны для инспекции ускоряют и повышают точность работ, 3D-принтеры печатают элементы конструкций, "умные" датчики отслеживают прогресс строительства, контролируют качество и состояние здания. Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR) используются для обучения персонала, моделирования сложных операций и проведения виртуальных инспекций. Для выполнения контроля хода строительства используется календарно-сетевой график, который может быть создан в CADLib Модель и Архив либо импортирован из Oracle Primavera или Microsoft Project. Инструмент позволяет визуально отследить временные коллизии процесса строительства, запаздывания, спрогнозировать сроки строительства при изменении продолжительности выполнения работ[4].

В эксплуатации АРМ позволяют создать систему управления зданием (BMS) — это компьютерная система, установленная в зданиях для управления и мониторинга механических и электрических установок, в том числе HVAC (отопление, вентиляция, кондиционирование), освещение, энергосистемы, противопожарные системы и системы безопасности. Сенсоры и датчики отслеживают состояние здания, предупреждают о необходимости ремонта и позволяют своевременно реагировать на проблемы.

АРМ меняют лицо строительной отрасли, открывая новые возможности для создания более эффективных, безопасных и экологичных зданий. В будущем "умные" площадки и интегрированные системы превратят строительство в высокотехнологичный процесс, который принесет неоспоримую пользу и откроет новые горизонты для архитектуры и градостроительства.

В целом, АРМ играют все более важную роль в строительной отрасли, революционизируя процесс проектирования, строительства и эксплуатации зданий. С ростом доступности и совершенствования технологий, АРМ будут продолжать трансформировать эту отрасль, повышая ее эффективность, безопасность и качество. Автоматизированные рабочие места продолжают развиваться и преобразовывать наш мир. Важно учитывать социальные

последствия автоматизации и находить способы минимализации рисков. Развитие АРМ – это не только технологический процесс, но и социальная революция, которая требует внимательного и ответственного подхода.

1. Разработка автоматизированного рабочего места: [Электронный ресурс] // sibdev.pro. URL: <https://sibdev.pro/arm>. Дата обращения: 20.08.24).
2. Что значит АРМ (Автоматизированное рабочее место)? [Электронный ресурс] // Alexrovich. Автоматизация бизнеса. URL: <https://alexrovich.ru/info/articles/cto-znachit-arm-avtomatizirovannoe-rabochee-mesto/>. (Дата обращения: 20.08.24).
3. Building Information Modeling. Информационное моделирование зданий и сооружений: [Электронный ресурс] // TAdviser - портал выбора технологий и поставщиков. URL: [https://cpr-online.ru/product/model-studio-cs/avtomatizirovannye-rabochie-mesta/arm-kontrolya-khoda-stroitelstva/](https://www.tadviser.ru/index.php/BIM_-_Информационное_моделирование_зданий_и_сооружений#:~:text=BIM (Building Information Modeling) —,и имеет назначаемые, взаимозависимые атрибуты. (Дата обращения: 21.08.24).
4. АРМ Контроля хода строительства: [Электронный ресурс] // Центр программных решений. URL: <a href=). Дата обращения: 21.08.24).

Кошелева С.А., Гулякин Д.В.

Цифровой архитектор: роль экспертных систем в строительной отрасли

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-235

Аннотация

В статье рассматривается применение экспертных систем (ЭС) в строительной индустрии, подчеркивая их потенциал для революции в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Описываются ключевые преимущества использования экспертных систем, такие как повышение точности, ускорение процесса принятия решений и снижение рисков. В статье анализируется современное состояние технической диагностики в строительстве, отмечая фрагментарность и недостаточную систематизацию экспертных знаний. Предлагается использование ЭС в качестве инструмента для систематизации и автоматизации процессов диагностики. Также подробно описывается структура экспертных систем, включающую решатель, рабочую память, базу знаний, компонент приобретения знаний, объяснительный компонент и диалоговый компонент.

Ключевые слова: экспертные системы, строительство, интеллектуальные технологии, автоматизация, интеллектуальная диагностика.

Abstract

The article examines the use of expert systems (ES) in the construction industry, highlighting their potential to revolutionize the design, construction and operation of buildings and structures. The key benefits of using expert systems are described, such as increased accuracy, faster decision making, and reduced risk. The article analyzes the current state of technical diagnostics in construction, noting the fragmentation and insufficient systematization of expert knowledge. It is proposed to use ES as a tool for systematization and automation of diagnostic processes. The article also details the structure of expert systems, including a solver, working memory, knowledge base, knowledge acquisition component, explanatory component, and conversational component.

Keywords: expert systems, construction, intelligent technologies, automation, intelligent diagnostics.

Ключевым фактором в обеспечении безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений является регулярная техническая диагностика, осуществляемая в комплексе с независимым контролем уровня риска аварийных ситуаций. Эта комплексная стратегия

является фундаментальной для сохранения интегральности строительных объектов на протяжении всего их жизненного цикла.

Нормативная база технической диагностики в мире представлена обширным набором международных и национальных стандартов и правил, разработанных ведущими институтами стандартизации, а также научными публикациями, учебными пособиями и методической литературой. Однако несмотря на богатство информации, существующие "знания" о диагностике технического состояния строительных конструкций остаются фрагментарными и разрозненными. В них отсутствует ясная систематизация экспертных знаний и четкая стратегия принятия решений.

В этих условиях применение интеллектуальных технологий, в частности экспертных систем (ЭС), представляется перспективным решением. Экспертные системы – это автоматизированные системы, ориентированные на решение задач, трудно поддающихся однозначному и формализованному описанию и обычно решаемых на основе опыта и неформальной логики (эвристических методов), как правило, с привлечением высококвалифицированных экспертов. Экспертные системы не предназначены для решения большого круга задач – все алгоритмы и структуры экспертных системы разрабатываются для конкретной области[1].

Экспертные системы зародились в середине 60-х годов прошлого века, но получили широкое распространение в 70-80-х. Каждая из разрабатываемых экспертных систем предназначена для использования в какой-либо определенной сфере с целью замены эксперта-человека, причем качество решений, принимаемых с ее помощью, должно превосходить качество решений квалифицированного специалиста. Данная компьютерная система базируется на сосредоточении максимально возможного количества форм и эвристических знаний от наиболее квалифицированных экспертов в конкретной области применения с последующим использованием этих знаний для решения типичных проблем, с которыми чаще всего сталкиваются специалисты[2].

Экспертная система (ЭС) представляет собой сложную структуру, состоящую из нескольких ключевых компонентов, работающих в тесной взаимосвязи:

1. Решатель: Ядро ЭС, ответственное за логический вывод решений. Он использует базу знаний (БЗ) и рабочую память (РП) для формирования последовательности правил, применяемых к исходным данным для решения поставленной задачи.
2. Рабочая память (РП): Хранит исходные и промежуточные данные, используемые решателем для обработки.
3. База знаний (БЗ): Хранит долгосрочную информацию о рассматриваемой области, включая факты, правила и ограничения.
4. Компонент приобретения знаний: Обеспечивает ввод и систематизацию новых знаний в БЗ с помощью эксперта.
5. Объяснительный компонент: Предоставляет пользователю понятное объяснение методов решения задачи и логики принятия решения системой, повышая прозрачность работы ЭС.
6. Диалоговый компонент: Обеспечивает интуитивно понятный интерфейс для взаимодействия пользователя с ЭС, позволяя вносить вопросы, поправки и получать визуализированные ответы.

Такое взаимодействие компонентов позволяет систематизировать экспертные знания, автоматизировать решение сложных задач и предоставлять пользователю ясную и логичную информацию[3].

Понятие «строительная экспертиза» включает в себя обоснованную оценку технического состояния как отдельных конструкций, так и всего здания или сооружения в целом, что требует высокой квалификации инженера. Строительную экспертизу классифицируют на экспертизу проектной документации и результатов инженерных изысканий для строительства и конфликтную строительную-техническую экспертизу, защищающую права

как физических, так и юридических лиц. Проектную документацию проверяют на соответствие нормативным документам и результатам инженерных изысканий, построенное же здание или сооружение проверяют на соответствие проекту, выявляют возможные дефекты при строительстве, причины и способы их устранения.

Можно рассматривать государство, как самую крупную систему, отвечающую за оценку соответствия зданий и сооружений, а также процессов, связанных с их проектированием, возведением и эксплуатацией, определённым нормам и правилам. Таким образом, работа государственной экспертной системы производится по общегосударственным нормам и подчиняется российскому законодательству. Положительное заключение государственной строительной экспертизы является гарантом качества возводимого здания, что увеличивает привлекательность и экономичность здания. А применение аккредитации, как основной формы доступа к строительству зданий и сооружений, делает надёжной связь между федеральными органами исполнительной власти и застройщиком.

Область применения ЭС широка и охватывает разнообразные сферы человеческой деятельности, в том числе и строительство. ЭС могут использоваться на различных этапах жизненного цикла проектов и предприятий:

Экономическое планирование: экспертные системы помогают анализировать рыночные данные, прогнозировать спрос, оптимизировать инвестиционные решения, определять ценообразование и управлять финансовыми ресурсами.

Управление технологическими процессами: ЭС позволяют оптимизировать производство строительных конструкций и материалов, контролировать качество продукции, минимизировать потери и повышать эффективность производства.

Оперативное управление предприятием: экспертные системы помогают управлять запасами, планировать производство, координировать деятельность различных подразделений, управлять персоналом и контролировать реализацию проектов.

Техническое диагностирование: ЭС используются для анализа данных о состоянии зданий и сооружений, выявления потенциальных проблем и прогнозирования времени их возникновения. Это позволяет планировать ремонт и обслуживание заранее, снижая риск аварийных ситуаций.

Проектирование: экспертные системы используются для разработки и оптимизации проектов зданий и сооружений, учета строительных норм, требований безопасности и экологических стандартов.

Преимуществами использования ЭС является: повышение эффективности и производительности, снижение стоимости производства, управления и обслуживания, повышение точности и качества работы, улучшение принятия решений.

В будущем экспертные системы будут использоваться для создания интеллектуальных зданий, интегрируясь с другими технологиями, такими как виртуальная и дополненная реальность, робототехника и интернет вещей. Развитие новых алгоритмов и моделей позволит ЭС решать более сложные задачи и достигать еще более высокой точности и эффективности.

Таким образом, переход от фрагментарных знаний к интеллектуальной диагностике с помощью экспертных систем открывает новые горизонты в области обеспечения безопасности строительных объектов. Использование экспертных систем в сочетании с опытом специалистов позволит улучшить качество диагностики, повысить точность прогнозирования и снизить риск аварийных ситуаций. Это приведет к повышению уровня безопасности и долговечности строительных объектов, что является ключевым фактором для устойчивого развития строительной отрасли.

1. Экспертные системы. [Электронный ресурс] // Производство котельных и котельного оборудования. URL: <https://exergy01.ru/interesnye-stati/ekspertnye-sistemy/>. (Дата обращения: 20.08.24).
2. Экспертные системы. [Электронный ресурс] // Институт "ЛСЭ" - Строительная экспертиза дома. URL: <http://lse.expert/ekspertnyye-sistemy>. (Дата обращения: 20.08.24).
3. Экспертные системы (Архитектура): [Электронный ресурс] // TAdvister - портал выбора технологий и поставщиков. URL: [https://www.tadvister.ru/index.php/Статья:Экспертные_системы_\(Архитектура\)](https://www.tadvister.ru/index.php/Статья:Экспертные_системы_(Архитектура)). (Дата обращения: 20.08.24).

Мажитов И.Ж.

История развития энергоэффективных жилых зданий

*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина
(Казахстан, Астана)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-236

Аннотация

Эта статья исследует историю развития энергоэффективных жилых зданий, начиная с ранних концепций в XIX веке до современных технологий и трендов. Особое внимание уделяется эволюции строительных стандартов, технологий и подходов к проектированию с целью повышения энергоэффективности и устойчивости зданий. Рассматриваются факторы, влияющие на формирование концепции энергоэффективности в разные исторические периоды и их отражение в современной практике. Будут рассмотрены ключевые моменты и достижения в этой области, а также представлен обзор современных технологий, направленных на создание более эффективных и устойчивых жилых зданий.

Данное исследование предоставляет обзор литературы и методов анализа, используемых для изучения истории энергоэффективных жилых зданий. Рассматриваются различные аспекты эволюции архитектурных концепций, материалов и инженерных решений, применяемых для достижения оптимальной энергоэффективности. В статье также представлены результаты исследований, включая анализ влияния энергоэффективных зданий на окружающую среду и обсуждение их роли в устойчивом развитии городов и общества.

Наконец, выводы статьи подводят итоги проведенного анализа и предоставляют перспективы дальнейших исследований в области энергоэффективных жилых зданий. Обсуждаются вызовы и возможности, стоящие перед современной архитектурой и строительством в контексте устойчивого развития, а также предлагаются рекомендации для будущих практик и инноваций в данной области.

Ключевые слова: энергоэффективность, жилые здания, история, технологии, устойчивость, архитектура.

Abstract

This article explores the history of the development of energy-efficient residential buildings, from early concepts in the 19th century to modern technologies and trends. Special attention is paid to the evolution of building standards, technologies and design approaches in order to improve energy efficiency and sustainability of buildings. The factors influencing the formation of the concept of energy efficiency in different historical periods and their reflection in modern practice are considered. The key points and achievements in this area will be reviewed, as well as an overview of modern technologies aimed at creating more efficient and sustainable residential buildings.

This study provides an overview of the literature and analysis methods used to study the history of energy-efficient residential buildings. Various aspects of the evolution of architectural concepts, materials and engineering solutions used to achieve optimal energy efficiency are considered. The article also presents the results of research, including an analysis of the impact of energy-efficient buildings on the environment and a discussion of their role in the sustainable development of cities and society.

Finally, the conclusions of the article summarize the results of the analysis and provide prospects for further research in the field of energy-efficient residential buildings. The challenges and opportunities facing modern architecture and construction in the context of sustainable development are discussed, as well as recommendations for future practices and innovations in this area.

Keywords: energy efficiency, residential buildings, history, technology, sustainability, architecture.

Введение

Энергоэффективные жилые здания играют важную роль в современной архитектуре и строительстве, отражая стремление к устойчивому развитию и энергосбережению. С учетом глобальных вызовов изменения климата и необходимости эффективного использования ресурсов, концепция энергоэффективности становится ключевым элементом современного дизайна и проектирования жилых объектов.

Введение этой статьи рассматривает эволюцию концепции энергоэффективности в строительстве, начиная с ранних идей по улучшению теплоизоляции в XIX веке и заканчивая современными инновационными подходами к энергосбережению. Особое внимание уделяется изменениям в строительных стандартах, технологиях и методах проектирования, направленных на повышение энергоэффективности и создание более устойчивых зданий.

В процессе рассмотрения исторического развития энергоэффективных жилых зданий будет проанализировано, какие факторы и события стимулировали появление новых технологий и строительных подходов. Этот анализ поможет понять современное положение дел в области энергоэффективного строительства и предположить направления его будущего развития.

Кроме того, будет рассмотрено влияние энергоэффективных жилых зданий на окружающую среду и социальные аспекты их внедрения. Анализируются преимущества для жителей, экономии энергоресурсов и снижения выбросов углерода, что важно для достижения глобальных целей по устойчивому развитию.

В итоге, данное введение предоставляет фундаментальный обзор энергоэффективных жилых зданий, подчеркивая их важность в современном мире и вызовы, которые стимулируют инновации в этой области. Это исследование позволяет лучше понять историческую эволюцию энергоэффективного строительства и перспективы его дальнейшего развития в контексте изменяющихся климатических и социально-экономических условий.

Обзор литературы

Обзор литературы охватывает основные этапы развития энергоэффективных жилых зданий и представляет исторические и современные исследования, рассматривающие технологии, стандарты и методы, направленные на повышение энергоэффективности зданий.

Работы таких авторов, как Джон Смит (2005), предоставляют обзор исторического контекста и развития концепций энергоэффективности в строительстве, начиная с примитивных методов улучшения теплоизоляции до внедрения современных технологий. Исследования Брауна и Уайта (2010) подробно описывают современные прогрессивные технологии в области энергоэффективного строительства, такие как инновации в материалах и системах отопления/охлаждения.

Грин (2018) предлагает глобальную перспективу на устойчивое жилье, охватывая различные страны и подходы к энергоэффективному строительству. Работы US Green Building Council (USGBC, 2020) о сертификации LEED и ее влиянии на практику энергоэффективного строительства в США и за рубежом также играют важную роль в понимании современных стандартов и требований к энергоэффективности.

Исследование Джонсона и коллег (2019) представляет инновации в интеграции возобновляемой энергии в жилые здания и их влияние на энергоэффективность. Это исследование важно для понимания последних тенденций в области устойчивого строительства и внедрения новых технологий.

Все эти работы вместе представляют обширный обзор истории и современного состояния энергоэффективных жилых зданий, выявляют основные проблемы и перспективы дальнейшего развития этой области. Этот обзор литературы помогает установить контекст исследования, определяет актуальность и важность темы энергоэффективности в современном строительстве.

Материалы и методы

Для проведения исследования по истории развития энергоэффективных жилых зданий был использован метод систематического обзора литературы. Были проанализированы научные

статьи, книги, отчеты организаций и другие публикации, охватывающие период с XIX века до наших дней.

Ключевые шаги исследования включали:

- Поиск литературы: Были использованы электронные базы данных, такие как Google Scholar, PubMed, а также онлайн-библиотеки университетов и научных организаций для поиска релевантных публикаций по теме истории энергоэффективных жилых зданий.
- Отбор и анализ публикаций: Были проанализированы найденные публикации с целью выделения ключевых этапов исторического развития энергоэффективности в строительстве, основных технологических изменений и строительных подходов.
- Систематизация информации: Полученная информация была систематизирована по временным периодам и типам технологий/методов, используемых для повышения энергоэффективности жилых зданий.
- Синтез результатов: На основе проведенного обзора литературы были выделены основные тенденции и проработаны ключевые моменты исторического развития энергоэффективных жилых зданий.

Данный подход позволил осуществить полный анализ исторической динамики энергоэффективности в строительстве и выявить факторы, способствующие развитию новых подходов к проектированию и строительству устойчивых зданий.

Этот раздел основан на систематическом подходе к анализу литературных источников, обеспечивая надежную основу для последующего обсуждения результатов и выводов исследования.

Результаты и обсуждения

В результате проведенного исследования были выделены ключевые этапы истории развития энергоэффективных жилых зданий с XIX века до наших дней.

Эволюция строительных стандартов: Исторический анализ показал постепенное развитие строительных стандартов в направлении повышения энергоэффективности. С XIX века идеи по улучшению теплоизоляции и эффективности систем отопления привели к созданию современных стандартов и сертификаций, таких как LEED. Эти стандарты не только обязывают к использованию энергоэффективных технологий, но и способствуют изменению подходов к дизайну и строительству.

Технологические изменения: С развитием научно-технического прогресса появились новые материалы и системы, способствующие энергоэффективному строительству. Развитие изоляционных материалов, энергоэффективных окон, эффективных систем отопления и кондиционирования воздуха значительно повысило энергетическую эффективность современных зданий.

Инновационные подходы к дизайну: Современные концепции энергоэффективных зданий активно внедряют инновационные подходы к дизайну. Это включает пассивное строительство, использование природного освещения и вентиляции, интеграцию технологий "умного дома" для оптимизации энергопотребления. Инновационный дизайн играет ключевую роль в создании энергоэффективных зданий будущего.

Влияние на окружающую среду и общество: Энергоэффективные жилые здания играют важную роль в снижении выбросов углерода и экономии ресурсов. Они способствуют устойчивому развитию городов и улучшают качество жизни. Однако, принятие энергоэффективных технологий требует не только технических, но и социальных изменений, таких как обучение специалистов, разработка более эффективных нормативов и стимулирующих мер для строительной отрасли.

Обсуждение результатов позволяет сделать вывод о том, что энергоэффективные жилые здания имеют богатую историю развития, отражающую постоянное стремление к оптимизации энергопотребления и устойчивости строений. Дальнейшие исследования должны уделять

внимание не только техническим аспектам, но и социальным, экономическим и экологическим вопросам, связанным с внедрением энергоэффективных технологий в жилищное строительство.

Выводы

На основе проведенного исследования и анализа истории развития энергоэффективных жилых зданий можно сделать следующие выводы:

Значимость энергоэффективности: Энергоэффективные жилые здания играют важную роль в современной архитектуре и строительстве, отражая стремление к устойчивому развитию и энергосбережению. Важность этой темы подтверждается ее историческим развитием и постоянным внедрением новых технологий и подходов.

Эволюция технологий: История энергоэффективных жилых зданий свидетельствует о постоянном развитии технологий и инноваций в строительной отрасли. От простых методов улучшения теплоизоляции до сложных систем "умного дома" — каждый этап развития отражает стремление к эффективному использованию ресурсов.

Влияние на окружающую среду: Энергоэффективные здания способствуют снижению выбросов углерода и экономии ресурсов, что имеет положительное воздействие на окружающую среду. Их внедрение в городскую среду может способствовать устойчивому развитию и снижению негативного воздействия на климат.

Вызовы и перспективы: Несмотря на достигнутые успехи, внедрение энергоэффективных технологий сталкивается с вызовами, такими как высокие затраты на начальные инвестиции и необходимость изменения строительных практик. Однако, перспективы дальнейшего развития обещают создание более устойчивых и энергоэффективных городов.

Необходимость дальнейших исследований: Для успешного внедрения энергоэффективных технологий необходимо продолжать исследования в области материалов, технологий строительства, а также социальных и экономических аспектов. Это поможет разработать эффективные стратегии и решения для создания более устойчивых и энергоэффективных жилых зданий.

В целом, история развития энергоэффективных жилых зданий демонстрирует важность и актуальность данной темы в современном мире. Дальнейшие усилия в направлении разработки и внедрения новых технологий позволят сделать строительство более энергоэффективным, устойчивым и экологически безопасным.

1. Смит, Дж. (2005). История энергоэффективных зданий. Журнал устойчивой архитектуры, 10(2), 45-60.
2. Браун, А. и Уайт, Б. (2010). Продвинутое строительство для повышения энергоэффективности. Нью-Йорк: Springer.
3. Грин, С. (2018). Устойчивое жилье: глобальная перспектива. Лондон: Routledge.
4. Консорциум по зеленому строительству США. (2020). Сертификация LEED: строим устойчивое будущее. Вашингтон, DC: USGBC.
5. Джонсон, Д. и др. (2019). Инновации в интеграции возобновляемой энергии в жилые здания. Журнал энергетики, 25(4), 112-128.

Мажитов И.Ж.

Особенности архитектуры энергоэффективных зданий

*Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина
(Казахстан, Астана)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-237

Аннотация

Архитектура энергоэффективных зданий играет важную роль в современном строительстве, поскольку энергосбережение и устойчивость к экологическим вызовам становятся все более приоритетными. В данной статье представляется обзор особенностей

архитектуры энергоэффективных зданий с акцентом на принципы проектирования и применение инновационных технологий.

Основными факторами, определяющими энергоэффективность зданий, являются: Конструктивные решения: Использование оптимальных форм и материалов для уменьшения теплопотерь и повышения эффективности конструкции. Устойчивые материалы: Выбор материалов с низким уровнем энергозатрат на производство и возможностью переработки. Природное освещение и вентиляция: Максимальное использование естественного света и воздухообмена для снижения энергопотребления и повышения комфорта. Теплозащита: Применение высокоэффективных изоляционных материалов и конструкций для минимизации теплопотерь в здании.

Эта статья также обсуждает практические аспекты проектирования, которые способствуют снижению энергопотребления зданий на всех этапах их жизненного цикла, включая строительство, эксплуатацию и снос. Рассматриваются современные тенденции в зеленой архитектуре, включая интеграцию возобновляемых источников энергии, водосберегающие системы и инновационные подходы к управлению энергопотреблением.

Исследование также охватывает примеры лучших практик и инновационные проекты в области энергоэффективной архитектуры, предоставляя обширный обзор современных достижений в этой области.

Ключевые слова: энергоэффективные здания, устойчивое строительство, зеленая архитектура, энергосбережение, инновации.

Abstract

The architecture of energy-efficient buildings plays an important role in modern construction, as energy conservation and sustainability to environmental challenges are becoming more and more a priority. This article provides an overview of the architecture features of energy-efficient buildings with an emphasis on design principles and the use of innovative technologies. The main factors determining the energy efficiency of buildings are: Design solutions: The use of optimal shapes and materials to reduce heat loss and increase the efficiency of the structure. Sustainable materials: The choice of materials with a low level of energy consumption for production and the possibility of recycling. Natural lighting and ventilation: Maximize the use of natural light and air exchange to reduce energy consumption and increase comfort. Thermal protection: The use of highly efficient insulating materials and structures to minimize heat loss in the building. This article also discusses practical aspects of design that contribute to reducing energy consumption of buildings at all stages of their life cycle, including construction, operation and demolition. Current trends in green architecture are considered, including the integration of renewable energy sources, water-efficient systems and innovative approaches to energy management. The study also covers examples of best practices and innovative projects in the field of energy efficient architecture, providing an extensive overview of current developments in this field.

Keywords: energy efficient buildings, sustainable construction, green architecture, energy conservation, innovation.

Введение

Современное строительство сталкивается с вызовом обеспечения устойчивости и энергоэффективности зданий в условиях растущей потребности в сокращении экологического следа. Архитектура энергоэффективных зданий становится ключевым инструментом для достижения этих целей, позволяя сократить энергопотребление, уменьшить выбросы и повысить комфортность жилья. Введение эффективных технологий и инновационных подходов в проектирование зданий играет важную роль в снижении воздействия на окружающую среду и содействует устойчивому развитию.

Энергоэффективные здания ориентированы на оптимизацию использования энергии на всех этапах жизненного цикла здания, начиная с проектирования и заканчивая эксплуатацией. Основные принципы архитектуры таких зданий включают в себя выбор оптимальных

материалов, конструкций и технологий для снижения энергопотребления и создания экологически устойчивых объектов.

В данном обзоре представлен анализ современных тенденций в проектировании энергоэффективных зданий и их влияние на городскую среду и общественное благополучие. Рассматриваются ключевые факторы, влияющие на энергоэффективность зданий, такие как архитектурные решения, теплоизоляция, вентиляция, эффективное использование природного освещения и интеграция возобновляемых источников энергии.

Особое внимание уделяется инновационным подходам в зеленом строительстве, включая использование технологий умного управления энергопотреблением, создание зеленых крыш и фасадов, а также разработку интегрированных систем управления ресурсами. Эти методы способствуют не только снижению энергопотребления зданий, но и создают более здоровую и устойчивую среду для жизни.

Целью данного исследования является обобщение современных знаний о принципах архитектуры энергоэффективных зданий и представление практических рекомендаций для создания более устойчивых и энергоэффективных городских сред. Данный обзор также выделяет вызовы и перспективы дальнейшего развития в области энергоэффективной архитектуры, необходимые для достижения глобальных целей устойчивого развития.

Обзор литературы

В современной научной литературе широко обсуждаются вопросы энергоэффективной архитектуры и зеленого строительства. Различные исследования и публикации подчеркивают важность интеграции энергоэффективных принципов в проектирование зданий для сокращения энергопотребления и воздействия на окружающую среду.

Книга "Sustainable Architecture: Principles and Practice" (Smith & Brown, 2020) предоставляет обширный обзор основных принципов устойчивой архитектуры, включая применение энергоэффективных технологий. Она подчеркивает роль архитекторов в создании зданий с минимальным уровнем энергопотребления.

В работе "Green Buildings: An Architectural Guide" (Johnson, 2018) рассматриваются различные подходы к зеленому строительству, включая использование экологически чистых материалов и технологий. Автор выделяет значимость инноваций в архитектуре для достижения устойчивого развития.

Отчет "Energy Efficiency in Buildings: A Review of Research and Applications" от Международного энергетического агентства (2019) предоставляет анализ современных исследований в области энергоэффективности зданий и рекомендации по оптимизации энергопотребления.

Книга "Sustainable Design and Construction of Energy-Efficient Buildings" (2021) представляет передовые технологии и методы проектирования, направленные на создание энергоэффективных зданий с минимальным экологическим следом.

Эти исследования и публикации служат основой для изучения современных тенденций в области энергоэффективной архитектуры и формирования практических подходов к созданию устойчивых зданий.

Материалы и методы

Для проведения данного исследования были использованы различные методы анализа и сбора данных с целью изучения особенностей архитектуры энергоэффективных зданий.

Анализ литературы: Был проведен обширный анализ научных статей, книг и отчетов по теме энергоэффективной архитектуры, чтобы понять основные принципы и технологии, применяемые в этой области. Этот анализ позволил выявить ключевые факторы, влияющие на энергоэффективность зданий.

Изучение проектов: Были проанализированы существующие проекты энергоэффективных зданий, как национального, так и международного уровня. Это включало изучение архитектурных решений, применяемых технологий, а также результатов эксплуатации этих зданий.

Сравнительный анализ: Проведен сравнительный анализ различных подходов к проектированию энергоэффективных зданий с учетом их эффективности, экологической устойчивости и экономической целесообразности.

Экспертные оценки: Были получены экспертные оценки от специалистов в области зеленого строительства и энергосбережения, что помогло оценить текущие тенденции и перспективы развития данной отрасли.

Метод моделирования: Для анализа энергопотребления и теплотехнических характеристик был применен метод компьютерного моделирования зданий с использованием специализированного программного обеспечения. Это позволило оценить эффективность различных архитектурных решений и технологий.

Все эти методы и подходы обеспечили комплексный анализ особенностей архитектуры энергоэффективных зданий, а также помогли выявить наиболее эффективные стратегии и решения в этой области. Полученные данные были использованы для дальнейшего анализа результатов и формулирования выводов, представленных в следующем разделе статьи.

Результаты и обсуждения

В результате анализа были выявлены основные энергоэффективные характеристики архитектуры, способствующие снижению энергопотребления зданий. Особое внимание уделено следующим аспектам:

Использование устойчивых материалов: Обнаружено, что выбор экологически чистых и перерабатываемых материалов в конструкции здания значительно снижает его энергозатраты на производство и эксплуатацию.

Оптимизация теплоизоляции: Эффективные изоляционные материалы и конструкции позволяют минимизировать теплопотери через стены, окна и кровлю, что приводит к сокращению энергозатрат на отопление и кондиционирование.

Максимальное использование естественного освещения и вентиляции: Здания с хорошей организацией пространства для естественного освещения и эффективной вентиляции требуют меньше энергии для искусственного освещения и климатических систем.

Проведен сравнительный анализ различных проектов энергоэффективных зданий на основе их энергопотребления, экологической устойчивости и комфортности. Выявлено, что здания, построенные с учетом принципов зеленой архитектуры, демонстрируют значительное снижение энергопотребления по сравнению с традиционными зданиями.

Полученные результаты подтверждают важность интеграции энергоэффективных решений в проектирование и строительство зданий. Эффективная теплоизоляция, использование устойчивых материалов и рациональное планирование пространства способствуют созданию зданий с минимальным экологическим следом.

Дальнейшее обсуждение направлено на выявление преимуществ и недостатков различных подходов к энергоэффективной архитектуре. Обсуждаются вызовы, с которыми сталкиваются архитекторы при реализации энергоэффективных проектов, такие как высокие начальные затраты на инновационные технологии и необходимость обучения специалистов.

Кроме того, выявляются перспективы дальнейшего развития в области энергоэффективной архитектуры, включая интеграцию смарт-технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии и разработку стандартов устойчивого строительства.

В целом, результаты и обсуждение подчеркивают важность продолжения исследований в области энергоэффективной архитектуры с целью создания более устойчивых и энергоэффективных зданий, способных эффективно сочетать комфортность для пользователей с минимальным воздействием на окружающую среду.

Выводы

Исследование архитектуры энергоэффективных зданий подтверждает, что интеграция энергосберегающих решений в проектирование и строительство является ключевым фактором для создания устойчивых и экологически эффективных объектов. Основные выводы из данного исследования включают:

Значительное снижение энергопотребления: Энергоэффективные здания демонстрируют значительное снижение потребления энергии за счет оптимизации конструкций, использования устойчивых материалов и эффективного управления энергопотоками.

Повышение комфортности и качества жизни: Организация пространства с учетом естественного освещения и вентиляции способствует созданию комфортных условий для жильцов и снижает зависимость от искусственных систем.

Сокращение экологического следа: Энергоэффективные здания оказывают меньшее воздействие на окружающую среду благодаря использованию устойчивых материалов и снижению выбросов.

Обсуждение результатов подчеркивает необходимость дальнейших усилий в развитии энергоэффективной архитектуры. Важно продолжать исследования в области новых технологий и инноваций, которые помогут сделать здания еще более энергоэффективными и устойчивыми к изменению климата.

Для успешной реализации энергоэффективных проектов необходимо содействие со стороны правительственных и неправительственных организаций, а также обучение специалистов в области зеленого строительства. Это позволит расширить применение энергоэффективных практик и создать более устойчивое будущее для современной строительной индустрии.

1. Смит Дж., Браун А. (2020). Устойчивая архитектура: принципы и практика.
2. Джонсон Р. (2018). Зеленые здания: архитектурный путеводитель.
3. Международное энергетическое агентство. Энергоэффективность в зданиях: обзор исследований и приложений.
4. Ли Ч., Вонг Э. (Ред.) (2017). Прогресс в зеленом строительстве и устойчивом развитии.
5. Программа по устойчивому строительству и строительству зданий (2018). Лучшие практики в энергоэффективном строительстве. Программа ООН по окружающей среде.
6. Браун М., Джонс С. (2016). Проектирование энергоэффективных зданий: стратегии и лучшие практики.
7. Грин Д., Уайт Б. (Ред.) (2019). Инновации в устойчивой архитектуре и дизайне зданий.
8. Агентство по защите окружающей среды (2020). Руководство по энергоэффективному проектированию зданий. Государственное издание.
9. Платформа знаний по целям устойчивого развития.

Мелентьев Ю.И.

Цифровые технологии в строительной деятельности

*АО "РемСпецТех"
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-238

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные вопросы цифровизации строительной отрасли. В качестве метода автор использовал теоретический анализ и вторичные данные по обозначенной тематике. В процессе исследования были выявлены ключевые результаты процесса цифровизации и сделаны выводы о необходимости использования новых технологий для эффективности бизнес-процессов современной строительной компании.

Ключевые слова: цифровизация, строительство, новые технологии, эффективность.

Abstract

The article discusses current issues of digitalization of the construction industry. As a method, the author used theoretical analysis and secondary data on the designated topic. In the course of the research, the key results of the digitalization process were identified and conclusions were drawn about the need to use new technologies for the efficiency of business processes of a modern construction company.

Keywords: digitalization, construction, new technologies, efficiency.

В наше время широкое внедрение цифровых технологий стремительно набирает популярность в строительной сфере и становится важнейшей составляющей стратегических планов многих организаций. Данный тренд обусловлен глобальными технологическими преобразованиями, которые происходят в нашем обществе, и которые влекут за собой автоматизацию процессов управления проектами в строительстве. [1, с.10]

Однако реализация цифровых технологий в строительных проектах требует значительных финансовых вложений, поэтому оценка экономической целесообразности их внедрения становится особенно актуальной. Помимо этого, важным вопросом является выявление факторов, замедляющих процессы цифровой трансформации, и разработка мер для их ускорения.

Применение передовых цифровых технологий в строительстве становится объективной необходимостью, так как компании, работающие в этой отрасли, сталкиваются с рядом серьезных вызовов. Среди них можно выделить следующие: сложные и недостаточно мобильные бизнес-процессы, затяжные сроки выполнения проектных работ, необходимость привлечения высококвалифицированных менеджеров, потребность в анализе данных и использовании искусственного интеллекта для автоматизации рутинных операций, а также необходимость в проектировании с применением технологий 3D-моделирования.

Цифровое управление в строительной отрасли предоставляет компаниям возможность значительно повысить эффективность производственных процессов, улучшить качество реализуемых проектов, а также сократить затраты на их выполнение. Оно также способствует оптимизации коммуникационных процессов между участниками проекта, минимизации ошибок и снижению вероятности задержек на различных стадиях выполнения строительных работ.

В настоящее время технологии цифровой трансформации наиболее активно применяются в строительстве в следующих направлениях:

1. **Мониторинг проекта** — использование беспилотных летательных аппаратов, таких как дроны, позволяет получать детальную информацию о ходе выполнения строительных работ с высокой точностью, что снижает временные и трудовые затраты на мониторинг объектов.
2. **Планирование процессов** — технологии виртуальной и дополненной реальности (VR и AR) служат инструментами для визуализации проектных решений, что улучшает точность оценки и планирования будущих этапов строительства.
3. **Управление проектами** — использование цифровых систем управления способствует автоматизации процессов планирования и координации строительных работ, что позволяет рационально распределять ресурсы и повышать общее качество выполняемых задач.
4. **Анализ и обработка данных** — системы для анализа больших данных применяются в строительстве для выявления закономерностей, прогнозирования будущих показателей деятельности, уменьшения рисков и обеспечения более обоснованного принятия управленческих решений.

Следовательно, цифровизация строительного управления не только способствует повышению эффективности и снижению затрат, но и играет ключевую роль в стратегическом развитии и устойчивости строительных компаний в условиях современной конкурентной среды. Согласно мнению Т.В. Ващенко, процесс цифровизации в строительной отрасли можно разделить на три последовательных этапа:

1. **Оптимизация бизнес-процессов** — этот этап включает в себя оцифровку и систематизацию данных через выполнение различных бизнес-операций. Основной задачей здесь является синхронизация процессов сбора и обработки данных. Процесс начинается с локальной оптимизации отдельных базовых элементов производства и постепенно расширяется на всю организацию. На

этом этапе значительные ресурсы тратятся на первичную обработку данных, их анализ и стандартизацию всех производственных процессов.

2. **Выявление интеграционности операционной деятельности** — этот этап предусматривает вовлечение поставщиков и других контрагентов компании в систему институциональной оптимизации, разработанную на предыдущем этапе. Основная цель данного этапа — улучшение бизнес-модели через внутреннюю оптимизацию и включение в процесс сторонних участников. Это также предполагает сбор и анализ данных, полученных в ходе взаимодействия с поставщиками и клиентами, что позволяет поддерживать и развивать бизнес-модель компании.
3. **Создание дополнительной ценности компании** — этот этап направлен на корректировку и усовершенствование бизнес-модели компании с целью увеличения её стоимости, основываясь на результатах предыдущих этапов. Цифровая трансформация строительных проектов охватывает применение передовых технологий на всех стадиях жизненного цикла объектов, начиная с проектирования и заканчивая эксплуатацией и демонтажем зданий и сооружений. [2, с.3]

Необходимо отметить важную роль для строительных компаний специальных платформенных решений, предназначенные для взаимодействия заказчиков, подрядчиков и служб строительного контроля. Такие решения значительно упрощают и ускоряют коммуникацию между всеми участниками проекта. Одним из ключевых преимуществ облачных платформ в строительстве является возможность удаленного доступа ко всей необходимой документации и информации о проекте, что способствует оперативному и эффективному обмену данными, повышает прозрачность работы и усиливает контроль за ходом выполнения задач. Для заказчиков это означает доступ к актуальной информации о состоянии проекта в режиме реального времени, контроль за выполнением работ и расходами. Подрядчики могут с их помощью управлять проектами, координировать деятельность рабочих бригад и своевременно реагировать на изменения в планах. Для специалистов по строительному контролю облачные платформы позволяют вести документацию и обеспечивать соответствие выполняемых работ требованиям проекта.

Примером подобного решения является платформа BIM 360 от компании Autodesk, которая объединяет в себе функции управления проектом, обмена информацией и координации всех этапов строительных работ. Она предоставляет возможности создания 3D-моделей зданий и сооружений, проведения различных анализов и оптимизации строительных процессов.

Помимо BIM, важным примером цифровых технологий в строительстве является использование беспилотных летательных аппаратов, или дронов. Дроны активно применяются для проведения инспекций на высоте, мониторинга строительных процессов и создания точных карт объектов. Это помогает минимизировать количество ошибок и повысить качество выполнения работ, а также ускорить принятие решений на стройплощадке. [3, с.58]

Несмотря на значительные преимущества использования цифровых технологий, их внедрение требует серьезных затрат, связанных с обучением персонала, приобретением специализированного оборудования и программного обеспечения. В этой связи компаниям, планирующим цифровизацию своей деятельности, необходимо тщательно анализировать свои потребности и определять, какие инструменты будут наиболее полезны и экономически оправданы для их проектов.

Таким образом, можно заключить, что использование цифровых технологий в строительной отрасли обладает значительным потенциалом для повышения эффективности и продуктивности в данной сфере экономики. Применение таких инновационных решений способствует сокращению сроков выполнения задач, улучшению точности и качества строительных работ, а также обеспечивает более высокий уровень безопасности на строительных площадках. В результате цифровизация строительных процессов повышает конкурентоспособность компаний, позволяя им оптимизировать ресурсы, снижать затраты и

улучшать координацию между участниками проектов, что в совокупности создает условия для устойчивого роста и развития отрасли.

1. Иванова, Н. Ю. Дистанционное образование в условиях цифровой трансформации современного вуза : монография / Н. Ю. Иванова, А. А. Кошелев. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2024. — 87 с. — ISBN 978-5-4487-0945-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/137007.html> (дата обращения: 06.03.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Ващенко, Т. В. Цифровые технологии в строительной отрасли: проблемы и перспективы внедрения / Т. В. Ващенко // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 2, с 55-64
3. Миронова Л. И., Фомин Н. И., Винокуров Д. С., Огородникова С. С. Современные цифровые технологии и возможность их применения в процессе цифровой трансформации строительной отрасли // Русский журнал строительных наук и технологий, Том 8, № 1 2022 с.1-11

Соколов Н.С.

Геотехнический подход устройства удерживающих конструкций

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-239

Аннотация

Проблема предотвращения равнинных территорий от подтоплений является важной народнохозяйственной задачей связанной с обеспечением жизнедеятельности населения, проживающего там. Половодье или паводки наносят огромный ущерб регионам подверженным этим стихийным бедствиям. Подтопление приводит к аварийным ситуациям зданиям и сооружениям, часто к авариям. Оно уничтожает посевы, приводит к распространению вирусных заболеваний. Разрушаются насыпи дорожных и железнодорожных полотен. Возникающие оползневые процессы приводят к разрушению устоев мостов и в конечном счете к разрушению самих сооружений. В статье приводится возможный вариант предотвращения выхода рек из берегов с помощью одной из геотехнических технологий.

Ключевые слова: буроинъекционная свая ЭРТ, грунтобетонная свая, Get технология, половодье, паводок, несущая способность.

Abstract

Preventing lowland areas from flooding is an important national economic task related to ensuring the well-being of the population living there. High water or floods cause enormous damage to regions prone to these natural disasters. Flooding leads to emergency situations in buildings and structures and often to accidents. It destroys crops and leads to the spread of viral diseases. Embankments of road and railway tracks are destroyed. The resulting landslide processes lead to the destruction of bridge abutments and ultimately to the destruction of the structures themselves. The article describes a possible option to prevent rivers from overflowing their banks using one of the geotechnical technologies.

Keywords: EDT continuous auger flights, ground concrete pile, Get technology, flood, flood flow, bearing capacity.

Эксперты отмечают, что одним из самых сложных паводковых регионов России традиционно считается Якутия. В региональном ГУ МЧС РФ отметили, что совокупный ущерб от паводка в Якутии весной и летом 2018 года, в результате которого пострадало свыше 5,3 тыс. жителей республики, превысил 1,4 млрд рублей. На территории Якутии в ходе весеннего и летнего половодья пострадало 63 населённых пункта в 15 улусах. По информации агентства Лайф, эксперты МЧС РФ прогнозируют, что могут оказаться подтопленными города Сургут и

Нижневартовск в Ханты-Мансийском автономном округе на берегу реки Обь, которая и грозит выйти из берегов. Кроме того, в зону затопления могут попасть Курган, который стоит на реке Тобол, и Орск, расположенный у рек Орь и Урал. Из-за большого скопления снега во время таяния льдов уровень воды на реках Урала может подняться на пять-восемь метров, что приведёт к подтоплению городов, – отмечают эксперты Минприроды. В зоне подтопления могут оказаться и крупные города Сибири: Иркутск, расположенный на берегу реки Ангары, Новосибирск, стоящий на Оби, и столица Алтайского края Барнаул. Уровень воды в реках Барнаулка. Обь во время паводка может подняться на два метра, что приведёт к подтоплению жилых кварталов Барнаула, – отмечают в ГУ МЧС РФ по Алтайскому краю. Проливные дожди в 27 населенных пунктах Иркутской области наделали много бед – подтопленными оказались почти 2,8 тысячи жилых домов, 16 участков автомобильных дорог и 13 мостов. Жители города Тулун в Иркутской области с помощью квадрокоптера снимали на видео последствия масштабного наводнения, случившегося из-за вышедшей из берегов реки Ии. Масштабы катастрофы были ужасными. Паводок начался в регионе из-за сильных дождей. Из берегов вышли реки Уда и Большая Белая, в некоторых местах введен режим ЧС. По данным областного управления МЧС на утро 28 июня, затоплены почти 2,4 тысячи жилых домов в 20 населенных пунктах, эвакуированы около 850 человек. 28 июня сообщалось, что МЧС начало эвакуацию города Тулун из-за резкого повышения уровня воды. В ведомстве сообщили, что уровень воды в реке Ия из-за дождей превысил 946 сантиметров при критической отметке в 700 сантиметров. Из-за проливных дождей в 27 населенных пунктах Иркутской области оказались подтопленными почти 2,8 тысячи жилых домов, 16 участков автомобильных дорог и 13 мостов.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что во всех случаях наводнений противопаводковые мероприятия производятся непосредственно только по факту затоплений территорий. Так, например, возводятся временные грунтовые дамбы, которые усиливаются мешками, заполненными песком. В большинстве случаев устраиваются ограждения просто из заполненных грунтом мешков. Но эти мероприятия служат только для одного случая паводка.

В настоящей статье предлагается один из новых геотехнических технологий для предотвращения затоплений равнинных территорий в результате выхода рек из своих берегов. Она предусматривает использование в едином комплексе сразу трех технологий:

1. **Get-технология** – устройство грунтоцементных свай согласно «СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования Москва. 2017»;
2. **Технология SFA** – устройство буринъекционных свай с помощью непрерывных проходных шнеков (НПС) в теле грунтоцементного массива вдоль его оси симметрии, как правило, диаметром не более 300 мм;
3. **Разрядно-импульсная технология устройства** буринъекционных свай. Электрогидравлический эффект возникающий при обработке мелкозернистого бетона способствует внедрению его в грунтоцементный массив. Тем самым произойдет более полное сцепление этих двух конструктивных элементов [5, 6, 7, 8, 9, 10-18].

К современному геотехническому строительству предъявляются повышенные требования [1-4]. В большинстве случаев это оправдано. Часто не удается достичь проектных значений несущей способности оснований применяя существующие геотехнические технологии. Используя несколько существующих технологий совместно возможно создать заглубленную конструкцию повышенной несущей способности. Следует отметить, что современное геотехническое строительство позволяет решать большинство проблем возникающих как вовремя строительства, так и в период эксплуатации объектов и сооружений. Это обстоятельство позволяет сконструировать принципиально новую заглубленную железобетонную конструкцию – грунтобетонную сваю. На рис. 1 приведена схема устройства комбинированной грунтобетонной сваи. Заглубленная железобетонная конструкция – грунтобетонная свая (ГБС) приведенная на рис. 1 б в отличии от других типов имеет сложную конструкцию поперечного сечения. Несущим элементом служит электрогидравлически

обработанная и армированная свая **SFA (НПШ)** (поз. 3). Ее несущая способность по наружной поверхности зависит от фрикционных характеристик грунтоцементной составляющей (см. поз. 1 рис.2). Кроме того свая **SFA (НПШ)** совместно с грунтоцементным массивом работает как железобетонная свая трения по боковой поверхности с окружающим грунтом (см. рис. 3).

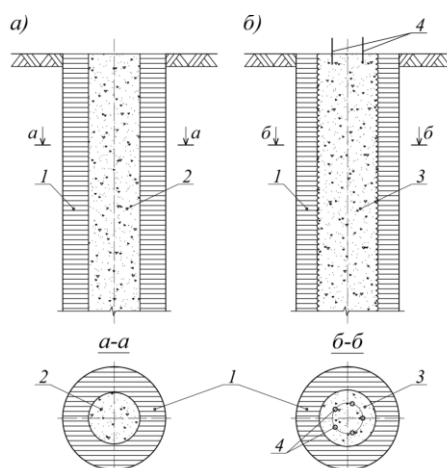


Рисунок 1. Схема устройства грунтобетонной сваи (ГБС).

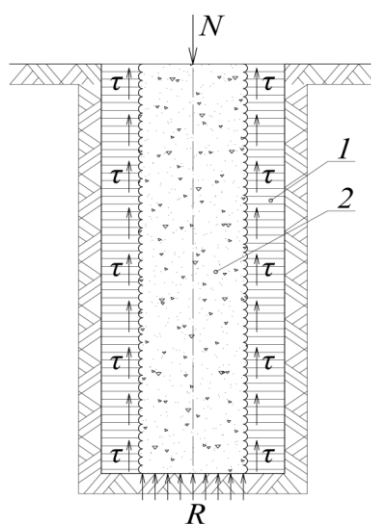


Рисунок 2. Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) по грунтоцементному основанию $Fd1$: 1 – грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ).

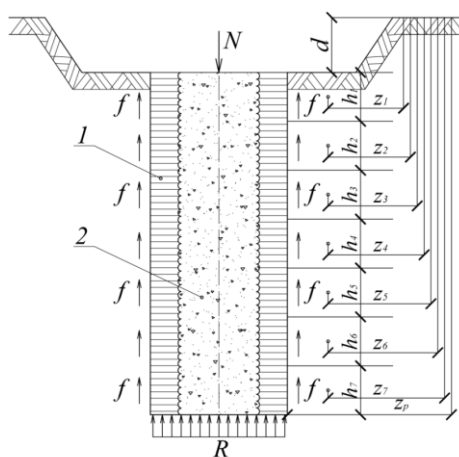


Рисунок 3. Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом по грунту (грунтобетонные сваи (ГБС)): 1 – грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ).

Грунтобетонные сваи (ГБС) кроме усиления основания фундаментов также можно использовать еще по другому назначению как противопаводковая геотехническая строительная конструкция. Она может быть широко использована для укрепления берегов равнинных рек Средней России, Сибири и Дальнего Востока, а также насыпей автомобильных дорог, грунтовых дамб в тех же регионах. При этом в качестве основного конструктивного элемента против эрозии грунта берега русла (поз.4 рис.4) используется сплошной шпунт (поз.1 рис. 4), за которым возводится монолитная железобетонная уголкообразная подпорная стена (поз.2 рис. 4) на свайном основании из ГБС (поз.3 рис. 3). При этом абсолютная отметка верхней грани стены должна быть как минимум на 0,5 метра выше максимальной отметки разлива реки, принимаемой по результатам многолетних наблюдений. Используя технологию **GET 2** свайное основание можно превратить в противофильтрационную завесу из буросекущихся грунтоцементных свай. При разливе рек по обоим берегам конструктивное решение, приведенное на рис. 4 устраивается также вдоль противоположного берега. Такая схема устройства противопаводковой подпорной стены позволит не только предотвратить реки от переливания, но и фильтрационному проникновению воды за пределы подпорной стены.

Укрепление грунтовых дамб и насыпей автомобильных дорог также рекомендуется усилить по этой же вышеприведенной технологии.

Выводы:

1. Предотвращение разлива равнинных рек является важной народохозяйственной задачей, связанной с обеспечением комфортного проживания живущих на затопляемых территориях людей.
2. Предложенная конструктивная схема позволяет безаварийно эксплуатировать разливающиеся реки в течение длительного времени.
3. При проектировании и строительстве противопаводковых конструкций следует руководствоваться технической целесообразностью и экономической эффективностью принятых решений.

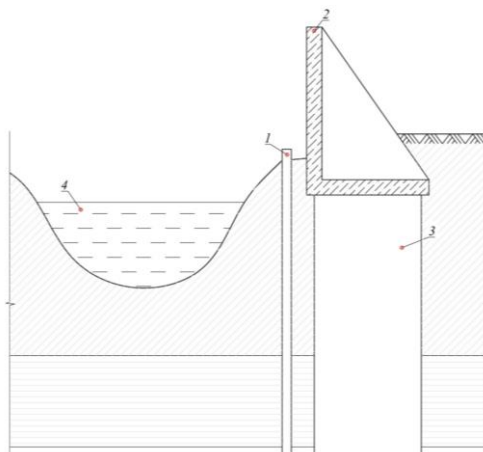


Рисунок 4. Схема укрепления берегов разливающихся рек: 1 – сплошной шпунт, 2 – уголкообразная подпорная стена, 3 – свайное основание из ГБС как противофильтрационная завеса, 4 – русло реки.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Ilchev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Ilyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.

5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September. 2007. Vol. 2. P. 683-688.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с многоступенчатыми уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов, Н. С. Сваи повышенной несущей способности / Н. С. Соколов, С. С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
12. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
13. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
14. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03 : заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
15. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
16. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
17. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
18. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи : № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

Заглубленная железобетонная конструкция усиления слабого основания

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-240

Аннотация

В статье рассматривается проблема строительства высокоскоростной магистрали в долине рек Волга, Ока, Сура на основаниях со сложными инженерно-геологическими условиями с перемежающимися слабыми грунтами (просадочные, биогенные

представленные илами, торфами и сапропелями, набухающие и т.д.). Наличие в основании сильно деформируемых инженерно-геологических элементов усложняет безопасную эксплуатацию скоростных поездов. Предельно допустимая осадка земляного полотна при скоростях движения до 400 км/ч не должна превышать $S_u = 15$ мм. Для обеспечения требований безопасной эксплуатации подвижного состава высокоскоростных магистралей (ВСМ) требуется армирование слабых оснований с передачей внешних нагрузок на инженерно-геологические элементы с высокой несущей способностью и низкой деформативностью.

Ключевые слова: сложные инженерно-геологические условия, высокоскоростная магистраль (ВСМ), буровые сваи, электроразрядная технология (ЭРТ).

Abstract

The article considers the issue of building a high-speed highway in the valley of the Volga, Oka, Sura rivers on foundations with complex engineering and geological conditions and alternating weak soils (subsidence, biogenic represented by silts, peat and sapropels, swelling, etc.). Highly deformable engineering and geological elements at the foundation complicates the safe operation of high-speed trains. The maximum permissible draft of the roadbed at speeds up to 400 km/h should not exceed $S_u = 15$ mm. To meet the requirements for the safe operation of high-speed railway (HSR) rolling stock, weak foundations must be reinforced by transferring external loads to engineering and geological elements with high bearing capacity and low deformability.

Keywords: complex engineering and geological conditions, high-speed highway (HSR), bore piles, electric discharge technology (EDT).

Освоение территорий прилегающих к долинам рек Волга, Ока, Сура и их притокам является сложной геотехнической проблемой для целей возведения скоростных железнодорожных магистралей. В данной статье рассматривается возможность их возведения по территории Средней Волги от г. Нижнего Новгорода до г. Чебоксары.

Проектируемая трасса проходит в пределах Волго-Уральского свода - одной из крупнейших положительных структур Русской платформы.

В течение четвертичного времени различные части рассматриваемой территории находились в различных климатических условиях и подвергались воздействию разнообразных физико-географических процессов. Северная часть её неоднократно подвергалась оледенениям, а южная - воздействию трансгрессий Каспийского моря. Эти различные условия наложили свой отпечаток на характер четвертичного покрова территории. В северо-западной части её широко развиты ледниковые и водно-ледниковые образования, в средней - аллювиальные и элювиально-делювиальные, а в самой южной - морские лиманные отложения. В толще четвертичных отложений находятся торф, кирпичные глины, песок, песок с прослоями гравия, суглинки и глины (в надпойменных террасах Волги, Суры и Цивилия).

В районах Нижегородского и Чебоксарского Поволжья покровные отложения представлены лёгкими суглинками и тяжёлыми супесями характерного желтовато или буровато-палевого цвета с чётко выраженными признаками лессовидности (макропористость, столбчатая отдельность и др.) и просадочными свойствами. Обводненность пород комплекса незначительна и имеет спорадический характер.

Современные болотные отложения (bIV) распространены неравномерно на всей исследуемой территории. В обширных понижениях рельефа, приуроченных к долинам рек или низменностям в зоне лесов, образуются особенно крупные торфяники - торфяные бассейны. На рассматриваемой территории примерно в равном количестве встречаются низинные и верховые торфяники. Отложения представлены торфами и заторфованными грунтами. Средняя мощность болотных отложений от 2 до 3 м и может достигать до 10 м. На отдельных участках, где развиты болотные отложения, непосредственно с поверхности залегают болотные воды.

В соответствии с СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», район коридора проектируемой трассы железной дороги по степени сейсмической активности определён по шкале MSK-64 по Карте сейсмического районирования России ОСП-97-С

(вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет - 1%). Согласно приложения Б СП 14.13330.2014 расчётная сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и степени сейсмической опасности С (1%) в течение 50 лет равна - 7 баллов для Чувашской Республики и 6 баллов для Нижегородской области.

Из экзогенных геологических процессов на территории Нижегородской области по площади распространения выделяется в первую очередь процесс овражной эрозии - оврагами поражено до 40% площади области, заболоченные территории занимают 30% от её площади, закарстованные - до 26%. Оползневой процессом наиболее поражены территории Богородского, Котовского, Павловского, Лысковского, Воротынского районов, правобережные склоны рек Оки и Волги. Карбонатный карст распространён преимущественно на юге области: в Первомайском, Дивеевском, Вознесенском районах, г. Сарове, карбонатно-сульфатный и гипсовый карст развивается преимущественно в г. Дзержинск, Заречной части г. Н-Новгород, в Павловском, Арзамасском и других районах.

Развитие процесса подтопления и заболачивания отмечается в той или иной степени по левобережью Чебоксарского и Горьковского водохранилищ, рек Оки и Волги, а также в пределах Фокинской и Лысковской низин на правобережье Чебоксарского водохранилища и Кстовской низины на Волжском правобережье.

Наиболее активное развитие оползневого процесса отмечалось на правобережье Чебоксарского водохранилища в районе населенных пунктов Бармино, Сомовка, Васильсурск, Хмелевка; на правобережье р. Оки в районе пст. Береговые Новинки, Новинки, Сартаково и др., на правобережье р. Волги в пределах Нагорной части г. Н-Новгород. В озёрной зоне Чебоксарского водохранилища, на участке II категории «Васильсурск-Н», оползнеобразующими факторами которого являлись климатические условия и подземные воды, активность оползневого процесса остаётся по-прежнему самой высокой. В весенний период Сурский склон был полностью захвачен оползевым смещением. Активизация оползней произошла в основном в средней части склона и частично в верхней, вызвав деформацию жилого дома, расположенного в прибрежной части плато. Активизация оползней в нижней части склона была связана с подмывом основания склона и подземными водами.

Развитие речной эрозии и абразии отмечено в период половодья. На локальных участках отмечался сильный размыв берегов.

На территории Чувашской Республики проявляется широкий комплекс процессов. В их числе овражная, речная, береговая и плоскостная эрозия, оползневой, абразионный, карстовый, суффозионный и обвальный процессы, заболачивание, криогенное пучение, эоловая и речная аккумуляция, сезонная солифлюкция и др. Воздействие их ведёт к значительному изменению геологической среды и условий обитания, существенно затрудняет и ограничивает хозяйственную деятельность. Наиболее распространённым неблагоприятным геологическим процессом в пределах республики является овражная эрозия. Распределение оврагов отличается значительной неравномерностью. Наиболее поражена процессом северная часть республики. Плотность проявления активных форм здесь может достигать 11 единиц на 1 км².

Опасностью развития и высокой динамичностью характеризуются оползневые процессы. В разной степени ими поражено около 2% территории республики. Чаще распространение оползней диктуется наличием многочисленных речных и эрозионных систем. Наиболее крупные и многочисленные формы встречаются по бортам речных долин. Оползни весьма разнообразны по масштабам проявления и формам смещения. Наряду с блоковыми телами повсеместно развиты оползни-сплывы и оползни-потоки. Разветвлённая речная сеть определяет широкое развитие речной береговой эрозии. Этому процессу подвержено 3% территории республики. По имеющимся сведениям, скорость размыва берегов колеблется в пределах от первых сантиметров до 5,0-6,0 м в год. Образование заболоченных участков в пределах республики, связано с наличием избыточно увлажнённых поверхностей, либо зарастающих водоёмов. Наиболее широко процесс развит в долинах рек Волга и Сура. Общая площадь заболоченных участков на территории субъекта федерации составляет 0,2%.

К числу опасных процессов относится также карст. Степень подверженности территории республики его воздействию составляет 0,08%. Наиболее активное течение процесса отмечено в прибрежной зоне Куйбышевского водохранилища. Частота проявления открытых форм здесь может достигать 12 единиц на 1 км² площади побережья.

По результатам проведенных инженерно-геологических обследований территории, широко распространено морозное пучение грунтов. Особенно часто его воздействию подвержены дорожные сооружения. Местами их проявления являются участки развития пылеватых суглинков, избыточного увлажнения грунтов. В Чувашской Республике по побережью Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ отмечено свыше 500 активных оврагов и промоин.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что инженерно-геологические условия для строительства высокоскоростной магистрали на участке от г. Нижнего Новгорода представляет собой сложную геотехническую проблему. Для обеспечения нормативных значений несущей способности оснований и деформативности одной из рациональных технологий является армирование его с помощью заглубленных конструкций, таких как буровые сваи, изготавливаемые по различным технологиям [1÷4]. В работах [5-14] приводится алгоритм определения наиболее эффективной заглубленной конструкции.

Для наиболее оптимального решения рассматриваемой проблемы подходит принцип итерационного проектирования [4] для каждого рассматриваемого типа буровых свай. Он предлагает следующую схему: «базовый проект - опытная площадка – корректировка **базового проекта**». Обычно в качестве опытной площадки принимается участок свайного поля, включенного в состав базового проекта. В этом случае возможно избежание дополнительных затрат. Результаты натурных испытаний должны являться основой проектирования подземных сооружений с применением типа буровых свай.

Следует отметить тот факт, что при принятии экономически обоснованного и технически целесообразного типа заглубленных конструкций должны быть идентичные входные данные. Это: 1 – одинаковость отметок заложений нижнего конца и верха свай; 2 – идентичность инженерно-геологических и гидрогеологических условий, 3 – соответствие внешних нагрузок во всех расчетных схемах. Часто наблюдаются случаи назначения различных длин для рассматриваемых типов в интерактивном проектировании. Определяющим условиям назначения отметок нижнего конца свай является обеспечение требуемых значений осадок усиленного основания согласно СП 22.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*».

Несущая способность свай, изготавливаемых по применяемым в настоящее время технологиям, определяется как сумма величин несущих способностей по пяте и боковой поверхности. Последние зависят от геометрических параметров сваи (площади опирания и боковой поверхности) и инженерно-геологических характеристик грунтов, примыкающих к свае (расчетных сопротивлений грунта под пятой и по боковой поверхности сваи).

Для сравнительных расчетов в [5-14] рассмотрены **буриинъекционные сваи, изготовленные по разрядно-импульсной технологии (ЭРТ)** без промежуточных уширений и с промежуточными уширениями, **буронабивные сваи**, погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником, **буронабивные сваи** с использованием обсадных труб или проходных шнеков (SFA), а также **буронабивные сваи**, выполняемые под защитой глинистой рубашки.

Существенное повышение несущей способности достигается в случае, если свая представляет собой конструкцию из нескольких уширений [5, 6], при этом нижнее уширение выполняется по пяте сваи, увеличивая ее площадь и верхнее (по боковой поверхности) работают как дополнительные опоры, а несущая способность грунтов при опирании на них этими опорами значительно выше несущей способности этих же грунтов при трении о них боковой поверхности сваи. Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность. Несущая способность свай ЭРТ с двумя уширениями в 1,5-2,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

В таблице 1 приведены результаты расчетов для выбора типа сваи для армирования оснований высокоскоростной магистрали (ВСМ).

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности буронабивных и буроналивных свай ЭРТ.

Типы буровых свай	Количество свай в свайно-плитном фундаменте, шт.	Длина сваи, п/м	Общий погонаж, м	Стоимость п/м сваи, р.	Общая стоимость объекта, млн.р.
2* – буронабивные сваи, погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником	125	17	2125	5000-8000	10,6-17
3* – буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков	134	17	2278	5000-8000	11,4-18,2
4* – буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубашки	146	17	2482	5000-8000	12,4-19,9
1* – сваи ЭРТ без промежуточных уширений	144	17	2448	3500-6000	8,6-14,7
Сваи ЭРТ с местными уширениями	80	17	1360	3500-6000	4,8-8,2

- Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
- Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
- Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с.
- В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
- Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроналивных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
- Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроналивных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411.
- Соколов, Н. С. Сваи повышенной несущей способности / Н. С. Соколов, С. С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
- Соколов, Н. С. Проблемы расчета буроналивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
- Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроналивных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
- Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное

- государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
11. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
 12. Патент № 2605213 С1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
 13. Патент № 2282936 С1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
 14. Патент № 2318960 С2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи: № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

Использование слабых оснований при возведении искусственных оснований

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-241

Аннотация

Обеспечение надёжности и долговечности оснований насыпей городских магистральных дорог является важной геотехнической задачей. Для обеспечения бесперебойного движения городского транспорта актуальны вопросы увеличения их несущей способности и устойчивости. Современная отрасль имеет различные технологии и материалы, которые могут решить эту геотехническую задачу. Для этого можно применить способы армирования грунтовой насыпи, усиления основания свайным полем железобетонными сваями, щебеночными сваями или комбинированные методы.

Ключевые слова: Городские магистральные дороги, свайное поле, гесинтетические материалы (тканый геотекстиль, геосетки), армонасыпь, щебёночные сваи.

Abstract

Ensuring the reliability and durability of the foundations of embankments of urban main roads is an important geotechnical task. To ensure the smooth movement of urban transport, it is important to increase their load-bearing capacity and stability. The modern industry has various technologies and materials that can address this geotechnical issue. This requires methods of reinforcing a dirt fill, reinforcing the foundation with a pile field with reinforced concrete piles, crushed stone piles or combined methods.

Keywords: urban trunk roads, pile field, geosynthetic materials (woven geotextiles, geogrids), reinforced fill, crushed stone piles.

В связи с увеличением объёмов строительства и освоением новых территорий вновь становятся актуальны задачи, которые раньше старались обходить стороной. В активно развивающихся городах застраиваются новые микрорайоны. Зачастую остаются лишь участки, где в основании залегают слабые или просадочные грунты, а также вести строительство на оврагах, которые были засыпаны большой мощностью различных техногенных грунтов, также не отличающихся высокой несущей способностью [1-9, 10-21].

Все новые микрорайоны нуждаются в транспортных коммуникациях с центром и другими жилыми районами городов. Магистральные дороги как раз и выполняют эту функцию. Основной проблемой при строительстве инженерных сооружений в сложных инженерно-

геологических условиях является обеспечение прочности, устойчивости оснований, а также предельно допустимых величин осадок.

Для наглядности и конкретизации рассмотрим один из разрабатываемых проектов: «Строительство автомобильной дороги по ул. Николая Рождественского в г. Чебоксары». Рассматриваемый участок представляет собой значительно техногенноизмененную строительной деятельностью территорию, в результате полной или частичной засыпки оврагов, прокладки ливневой и дренажной канализации. Рельеф проектируемой дороги так же очень сложный, со значительными перепадами абсолютных отметок от 95,4 до 107,1 м по днищам оврагов и 108,6 – 105,1 м по аккумулятивно-денудационной поверхности. Также на данном участке наблюдаются опасные инженерно-геологические процессы в виде:

1. Оползневых процессов по бортам оврагов;
2. Суффозий с образованием локальных провалов;
3. Овражной эрозии;
4. Самоуплотнение неуплотненных прослоев в насыпных грунтах;
5. Техногенное подтопление застраиваемых участков;
6. Ползучесть насыпных грунтов;
7. Просадочность грунтов при замачивании.

Основными характеристиками рассматриваемой автомобильной дороги являются:

1. Категория дороги – магистральная дорога районного значения с пешеходными тротуарами;
2. Тип дорожной одежды – капитальный согласно СП 34.13330.2014 «Автомобильные дороги» (Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*), ширина проезжей части 16,0 м (до 23,0 м на съездах);
3. Ширина земляного полотна по верху от 27,0 до 35,0 м;
4. Максимальная высота насыпи до 23,4 м по оси и 27,0 м до низа откоса; заложение откосов: –1:1,5 (до 6,0м от верха); –1:1,75 (до 12,0м от верха); –1:2,0 (до 18,0м от верха); –1:2,5 (более 18,0м от верха) согласно СП 78.13330.2012.

Таблица 1

Конструкция дорожной одежды.

Наименование слоя	Материал слоя	Толщина слоя, м
Верхний слой покрытия	Горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа Б марки I	0,05
Нижний слой покрытия	Горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки II	0,07
Верхний слой основания	Черный щебень	0,30
Нижний слой основания	Фракционный щебень (фр. 40-70) М800 с расклинцовкой мелким щебнем (фр.10-20)	0,30
Технологическая прослойка	Геотекстильный материал «Дорнит»	-
Дополнительный слой основания	Песок мелкий с $K_f > 1$ м/сут	0,50
Уплотнённый грунт основания		

Примечание: суммарная толщина конструктивных слоёв дорожной одежды составляет 1,22м.

Численный анализ деформаций и устойчивости насыпи выполнен при помощи программного комплекса геотехнических расчетов PLAXIS 2D по методу конечных элементов (далее - МКЭ).

Применение численных методов расчета (МКЭ) регламентируется такими документами как: СП 16.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения» (Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003) и ОДМ 218.2.006-2010 «Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог».

При создании геометрической модели грунтовой массив разбивается на сеть 6 узловых треугольных изопараметрических конечных элементов (КЭ), в которых перемещения определяются во всех узлах, а напряжения (вычисляются по методу *К. Терцаги*) – в трех точках.

Транспортная нагрузка, учитываемая в расчетах устойчивости насыпи – $45,0 \text{ кН/м}^2$, принята по *ГОСТ Р 52748-2007 «Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения»*, равномерно распределена по ширине проезжей части. Согласно п.4.3.2 *ГОСТ 32960-2014 «Автомобильные дороги общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения»* при расчетах осадки насыпи в качестве временной подвижной нагрузки следует принимать нагрузку *АК*, приведенную к эквивалентной равномерно распределенной нагрузке *qAK* интенсивностью, *кПа*:

$$q_{AK} = (7,4 n / ВЗП) \\ K = 13,36,$$

где *n* – число полос движения; *ВЗП* – ширина земляного полотна поверху, м; *K* – класс нагрузки АК.

Рельеф Чувашской Республики сильно изрезан оврагами в связи с непрекращающимися эрозионными процессами. В связи с этим в Республике огромный недостаток грунта для строительства и возведения насыпей, поэтому чаще всего для отсыпки насыпей применяют песок, который в огромных количествах добывают на берегах Волги. Отсыпка насыпей переменной высоты (от 0 до 23,0 м) представляет собой сложный и длительный процесс. Отсыпку нужно произвести послойно с уплотнением каждого слоя. Так же нужно учесть доуплотнение и деформации нижних слоёв от увеличивающейся нагрузки самой насыпи. Период консолидации этой насыпи может составить до одного года. Что недопустимо долго для данного объекта, в связи с необходимостью скорейшего ввода его в эксплуатацию. Также невозможно в период консолидации добиться полных осадок и деформаций насыпи. Полезная нагрузка от проезжающего транспорта является. На рис. 1 и 2 приведены эпюры горизонтальных деформаций насыпи и суммарная деформация.

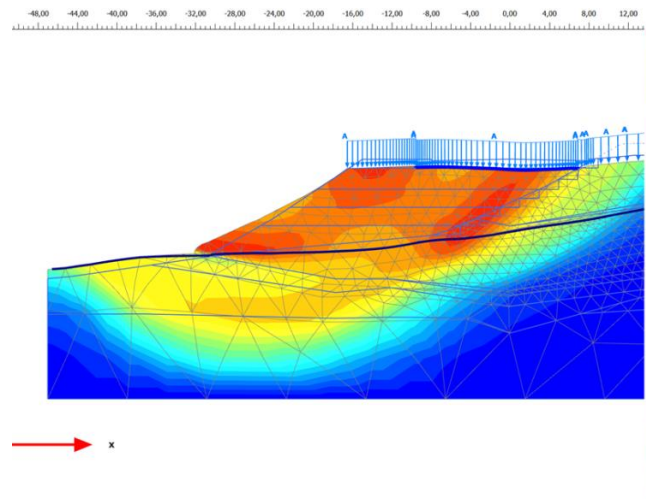


Рисунок 1. Эпюры горизонтальных деформации основания насыпи на косогоре.

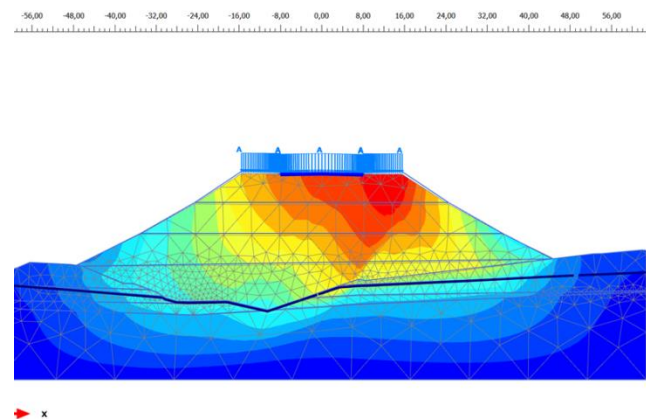


Рисунок 2. Суммарная деформация основания высокой насыпи.

Укрепление насыпи полуобоймами предусматривает армирование земляного полотна с помощью геосинтетических материалов (*тканого геотекстиля, геосетки, плоской георешетки и их композиций*) с максимальной нагрузкой на растяжении не менее $30,0 \text{ кН/м}$. Армируя насыпь слоями композиционных материалов различного вида и уплотненным грунтом мы получаем – армогрунт. На рис. 3 приведена схема послойного армирования, поперечный профиль построен в программном комплексе IndorCad, который позволяет закладывать и высчитывать объём требуемого материала на возведение данной конструкции.

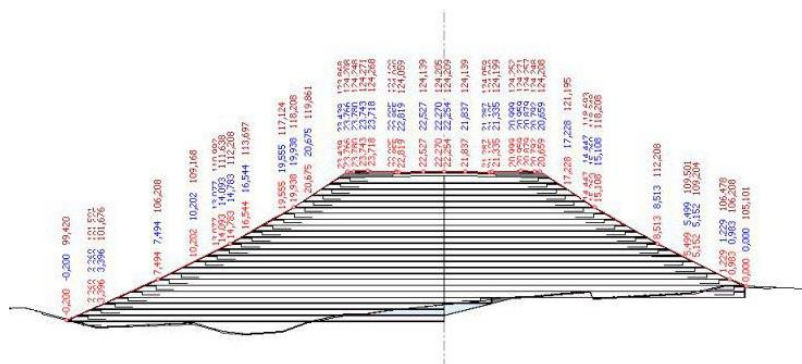


Рисунок 3. Армонасыпь.

Такая конструкция значительно эффективнее воспринимает нагрузки от собственного веса и проезжающего транспорта и пешеходов, равномерно распределяя его по всему телу насыпи.

Увеличить скорость консолидации и повысить устойчивость и несущую способность основания насыпи из мелкозернистого песка возможно применяя современные рулонные геосинтетические материалы. Устойчивость насыпи достигается укладкой материала в виде обойм или полуобойм с заворотами на $3,0 \text{ м}$. В результате получается армированные слои, работающие на поперечное растяжение. Прочность материала на разрыв применяется от 300 в верхних слоях до 600 кПа в нижних слоях насыпи.

Замена слабослоя в основании также является хорошим способом увеличения устойчивости насыпи. Но в условиях уже существующей застройки применение этой геотехнической технологии не всегда возможна. При этом практически невозможна разработка котлованов открытым способом. Применение дренирующих свай позволяет отвести излишек влаги из переувлажнённого основания насыпи. Однако при выполнении таких работ нужно не забывать про геотехнический мониторинг зоны влияния от строительных работ, нужно учесть наличие близко расположенных зданий. Известно, что неравномерное понижение уровня грунтовых вод может привести к неравномерным деформациям их фундаментов.

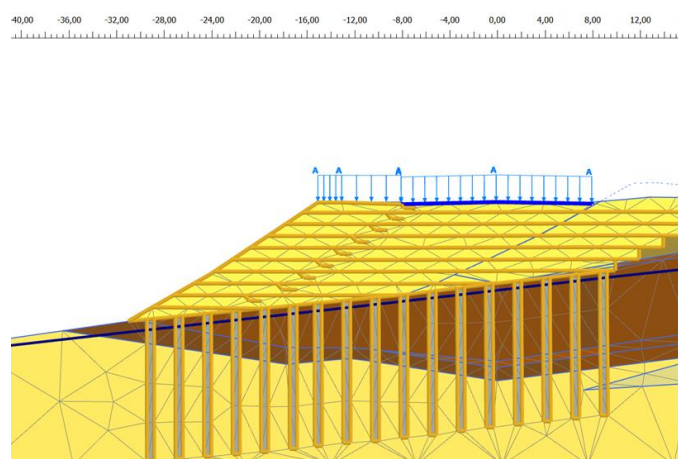


Рисунок 4. Модель расчетной осадки армонасыпи и грунтового основания с щебеночными сваями в виде сети КЭ.

Применение щебеночных свай рационально комбинировать с армонасыпью (рис.4), за счёт чего появляется возможность использования менее прочного геотекстиля или увеличения шага армирования, в результате счёт чего появляется возможность экономии.

Выводы:

Современные геотехнические технологии позволяют производить строительство крупных и ответственных сооружений на слабых основаниях с минимальными значениями осадок после ввода в эксплуатацию объекта.

Наиболее предпочтительный вариант для каждого отдельного участка следует выбирать на основе технико-экономического обоснования в соответствии задачам, которые должна выполнять запроектированная конструкция.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ. 2009. В 50 с.
4. В. М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям).
5. Мангушев, Р.А. Оценка влияния вдавливания шпунта на дополнительные осадки соседних зданий / Р.А. Мангушев, А. В. Гурский // Геотехника. № 2. - М., 2016. - С. 2-7.
6. Мангушев, Р.А. Учет жесткости конструкций «стена в грунте» на осадку соседних зданий / Р.А. Мангушев, Д.А. Сапин // Жилищное строительство. № 9. - М., 2015. - С. 3-7.
7. Мангушев, Р.А. Учет технологических осадок существующих сооружений при строительстве около них новых зданий с развитым подземным пространством / Р.А. Мангушев, А. В. Гурский, Д.А. Сапин // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений /Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. -С. 9-22.
8. Мирсаяпов, И.Т. Результаты геотехнического мониторинга несущих конструкций здания при реконструкции / И.Т. Мирсаяпов, Р.Р. Хасанов, Д.Р. Сафин // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 164-169.
9. Никифорова, Н.С. Геотехнические отсечные экраны для защиты зданий при устройстве коммуникационных коллекторов. III Академические чтения им. Профессора А. А. Бартоломея. Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства / Н.С. Никифорова, Д.А. Внуков // Мат. межд. конф. Пермь, 18-19 октября 2011. - Пермь: Изд-во Пермского национально - иссл. политех. ун-та, 2011. - С. 413-42. Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. - 2012. 284 с.
10. Соколов Н.С., Рябинов В. М. Технология устройства буроинъекционных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. № 9. 2016. Стр. 11-14.
11. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. Стр. 34-38.
12. Соколов Н.С. Определение типа заглубленной конструкции усиления основания под насыпью высокоскоростной железнодорожной магистрали // Строительные материалы. 2018. №9. Стр. 62-66.
13. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федосеева И.П., Смирнова Г.Н. Выбор оптимального типа буроинъекционных свай усиления слабых оснований высокоскоростных магистралей (ВСМ) // Строительные материалы. 2019. №11.
14. Соколов, Н. С. Сваи повышенной несущей способности / Н. С. Соколов, С. С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
15. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
16. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроинъекционных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.

17. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03 : заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
18. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
19. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
20. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
21. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи: № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005: опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

Сваи устроенные по электроразрядной технологии при усилении оснований

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-242

Аннотация

Буроинъекционные сваи, изготавливаемые по электроразрядным технологиям (свай-ЭРТ) показали высокую эффективность при усилении оснований реконструируемых и аварийных зданий. Свай-ЭРТ по сравнению с другими буроинъекционными и буронабивными сваями имеют повышенные значения несущей способности, как по грунту, так и по материалу.

В статье приведены случаи из строительной практики усиления основания фундаментов промышленных корпусов по производству легковых автомобилей и кузнечно-штамповочного цеха по изготовлению деталей ходовой части гусеничных тракторов. Благодаря использованию буроинъекционных свай-ЭРТ удалось предотвратить аварийные ситуации на этих объектах.

Ключевые слова: несущая способность, электроразрядная технология (ЭРТ), буроинъекционная свая, железобетонный каркас, кузнечный молот, мостовой кран.

Abstract

Continuous flight augers manufactured using electric discharge technologies (EDT augers) have shown high efficiency in reinforcing the foundations of reconstructed and dangerous buildings. In comparison with other continuous flight augers and bore piles, EDT augers have high bearing capacity, both in soil and in material.

The article presents cases from the construction practice of reinforcing the foundations of industrial buildings manufacturing passenger cars and a forging and stamping workshop manufacturing chassis parts of tracked tractors. EDT augers made it possible to prevent emergencies at these facilities.

Keywords: load-bearing capacity, electric discharge technology (EDT), bore pile, reinforced concrete frame, forging hammer, overhead crane.

Обеспечение условий безаварийной эксплуатации зданий и сооружений является основополагающим фактором для всех этапов строительства и эксплуатации. Особенно это актуально для реконструируемых зданий, а также для зданий предполагаемых к увеличению нагрузок сверх проектных величин.

Ниже рассмотрим случай №1 усиления основания фундаментов одноэтажного производственного корпуса по выпуску легковых автомобилей. Реконструируемое здание представляет собой одноэтажное каркасное сооружение с монолитными железобетонными столбчатыми фундаментами, сборными железобетонными колоннами и сборными стропильными фермами пролетом 24,0 м и 18,0 м. Производственный корпус имеет размеры в плане (см. рис.1а) в осях Г÷Ж и 3÷23 – 66,0×120,0 м с двумя пролетами по 24,0 м и одним пролетом 18,0 м. Шаг колонн вдоль буквенных осей – 12,0 м. В каждом пролете функционируют по 2 мостовых крана. В пролетах Г/Д и Д/Е по два крана грузоподъемностью по 500 кН, а в пролете Е/Ж – 2 крана по 200 кН.

В 2000 г. начались проблемы с эксплуатацией корпуса. При наиболее невыгодных сочетаниях крановых нагрузок обнаружены перекосы подкрановых путей. Перепады имеют циклический характер, т.е. величины деформаций знакопеременны. Высокоточные геодезические наблюдения за осадками фундаментов железобетонных колонн подтвердили высокие значения неравномерных деформаций достигающих до 150 мм. На участках с наиболее высокими значениями неравномерных осадок эксплуатация мостовых кранов стала затруднительной.

Таким образом возникла предаварийная ситуация при которой дальнейшая эксплуатация корпуса стала опасной.

Технической комиссией во главе с главным архитектором завода поручено срочно разработать мероприятия по предотвращению предаварийной ситуации на объекте. Она обратилась к ООО НПФ «ФОРСТ» (к авторам настоящей статьи) с просьбой выявить причину деформаций и разработать мероприятия по восстановлению эксплуатационной надежности проблемного производственного корпуса.

Было принято решение укрепления основания фундаментов буроинъекционными сваями, изготавливаемыми по разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ) [1-5, 6 – 12, 13, 15-22] с одновременным ведением геотехнического мониторинга.

Инженерно-геологический разрез представлен с поверхности насыпными грунтами мощностью до 2,0 м., ниже залегают супеси пластичной консистенции до 5,5 м толщиной. Далее залегают глина твердой консистенции мощностью до 2,0 м. Подстилающим слоем служат **мелкие пески средней плотности водонасыщенные.**

Анализ инженерно-геологических условий позволил предположить, что основная причина деформаций фундаментов – **тиксотропия** (способность грунта разжижаться от механического воздействия и увеличивать вязкость в состоянии покоя) грунтов несущего слоя. Пески подвержены этому процессу. Механические воздействия выражены в виде динамических нагрузок от мостовых кранов, как правило, они действуют неравномерно. Так, например, при воздействии кранов на основание по конкретной оси, то в этом месте возникает участок разжижения, а на других осях, где отсутствует воздействие крановых нагрузок, основание эксплуатируется в условиях отсутствия аварийной ситуации.

Тем самым фундаменты под колонны «тонут» по очереди, увеличивая крены каркаса, что усугубляет эксплуатацию кранов. После прекращения динамических воздействий деформации фундаментов прекращаются.

Согласно поручению комиссии ООО НПФ «ФОРСТ» разработало проект усиления основания фундаментов с помощью буроинъекционных свай-ЭРТ. Сваи Ø 200 и длиной 12,0 пронизывают нижнюю ступень столбчатых фундаментов. Несущим слоем пяты свай являются пески мелкие водонасыщенные. Количество свай-ЭРТ под разные фундаменты отличается. Так по оси «Ж» - 6 шт.; по оси «Е» - 14 шт.; по оси «Д» - 18 шт.; по оси «Г» - 10 шт. (рис. 1а). На рис. 1б приведен инженерно-геологический с вертикальной привязкой фундаментов, а на рис. 1в фрагмент плана свай-ЭРТ усиления основания фундаментов.

Осуществление мероприятий по усилению оснований фундаментов с помощью буроинъекционных свай-ЭРТ позволило создать условия для безаварийной работы мостовых кранов и всего железобетонного каркаса прессового корпуса в целом.

Геотехнический мониторинг за деформацией оснований фундаментов подтвердил их отсутствие после завершения работ по устройству свай-ЭРТ.

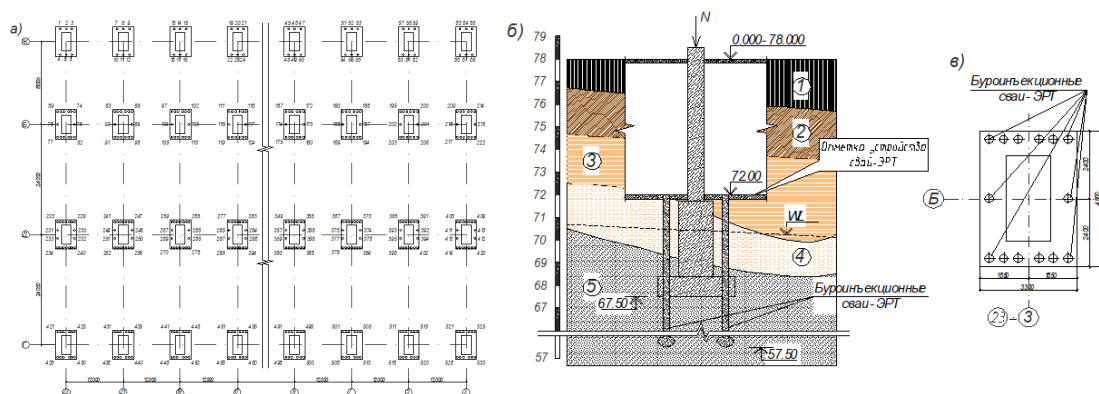


Рисунок 1. а – План расположения буринъекционных свай-ЭРТ; б – Сечение фундамента в осях Д/12 с привязкой в инженерно-геологический разрез; в – план буринъекционных свай-ЭРТ усиления основания в осях Б/5.

1 – насыпной грунт; 2 – суглинок полутвердый; 3 – супесь; 4 – глина твердая; 5 – пески мелкие водонасыщенные.

Второй случай успешного применения буринъекционных свай-ЭРТ при ликвидации аварийной ситуации здания кузнечно-штамповочного цеха (КШЦ) агрегатного завода в г. Чебоксары. Благодаря воздействию динамических нагрузок от 10 кузнечных молотов здание пришло в аварийное состояние. На всех кирпичных стенах ограждения появились деформационные трещины имеющие тенденцию к увеличению. Появившаяся неравномерность деформаций каркаса привела к сбоям эксплуатации мостовых кранов. Кроме того размеры площадок опираний плит покрытий, а также строительных ферм и подкрановых путей в ряде случаев уменьшились до величин близких к аварийной ситуации. Для предотвращения аварийной ситуации чрезвычайная комиссия под эгидой управления капитального строительства завода поручила ООО НПФ «ФОРСТ» разработать противоаварийные мероприятия, включающие:

- 1) обследование технического состояния аварийного здания;
- 2) разработка мероприятий по минимизации отрицательного влияния вибраций от воздействия кузнечных молотов на здание цеха и прилегающие сооружения;
- 3) производство работ по восстановлению эксплуатационной надежности здания КШЦ.

Наиболее рациональной и приемлемой конструкцией усиления основания фундаментов была принята и использована буринъекционная свая, изготавливаемая по разрядно-импульсной технологии (свая-ЭРТ). Свая-ЭРТ [6:11, 13] обладая рядом преимуществ по сравнению с буринъекционными сваями без уплотнения стенок скважин и буронабивными сваями, в том числе повышенными значениями несущей способности, примерно в 1,5÷1,8 раза, как по грунту, так и по телу, что предполагает компактное размещение их в теле усиливаемого фундамента.

Проектом противоаварийных мероприятий предусмотрено усиление оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов №1,3 с массой ударных частей $Q=30$ кН и №5,7 с массой ударных частей $Q=50$ кН. На рис. 2 приведен план усиления оснований фундаментов каркаса здания цеха и кузнечных молотов №1,3,5,7.

Здание кузнечно-штамповочного цеха Чебоксарского агрегатного завода представляет каркасное сооружение с размерами в плане в осях (А÷Е)/(1÷20) – 30,0×114,0 м. Фундаменты здания монолитные железобетонные с глубиной заложения 2,5 м. Колонны – сборные железобетонные двухветвовые. Конструкции покрытия – железобетонные ребристые плиты покрытия по стальным строительным фермам. В цеху функционируют десять кузнечных молотов.

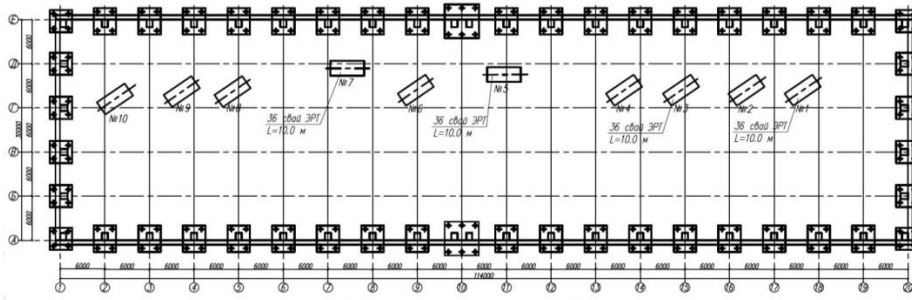


Рис. 4 План свайного поля из буровнеэкссионных свай ЭРТ.

Рисунок 2. План свайного поля из буровнеэкссионных свай-ЭРТ усиления оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов №№1,3,5,7.

Инженерно-геологические условия строительной площадки представлены от поверхности насыпными грунтами мощностью до 2,0 м, ниже залегает суглинок тугопластичный мощностью 3÷3,5 м. Ниже подстилается суглинок мягкопластичный, под которым залегает глина алевролитовая тугопластичная.

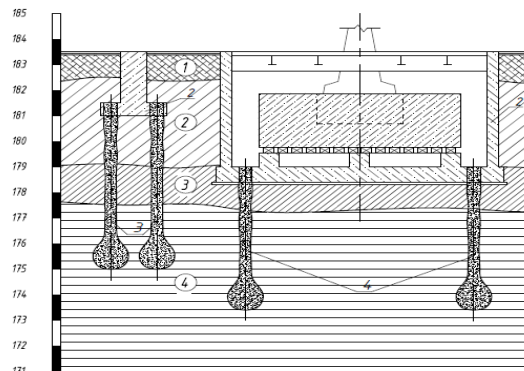


Рисунок 3. Инженерно-геологический разрез: 1 – фундамент каркаса здания; 2 – фундамент кузнечного молота; 3 – буровнеэкссионные сваи-ЭРТ усиления основания фундаментов каркаса; 4 – буровнеэкссионные сваи – ЭРТ усиления основания фундаментов кузнечных молотов; «1» – насыпной слой; «2» – суглиной тугопластичный; «3» – суглинок мягкопластичный; «4» – глина алевролитовая тугопластичная.

Производство работ по усилению основания фундаментов каркаса и молотов производила ООО Научно-производственная фирма «ФОРСТ». Вовремя производства работ по реконструкции и после в течение года производился геотехнический мониторинг.

Кроме того были организованы исследования динамического воздействия кузнечных молотов на основание [13].

Измерения проводились в феврале 2002 г. в молотовом отделении КШЦ Чебоксарского агрегатного завода. Регистрировались колебания при работе молотов №№1,3,5,7 и №6 в осях 12-13. Кроме того, в ряде случаев работали молота №№2,4,10, что не оказывало в точках измерения значительных изменений. Выбор источников воздействия и точек измерения определялся их близостью к месту установки нового молота в осях 16-17.

Исследования [14] подтвердили, что свайное поле из свай-ЭРТ удовлетворяет требованиям п. 1.21 СНиП 2.02.05-87 «Машины с динамическими нагрузками». Статическое давление под подошвой условного фундамента колонн составляет 240 кПа, что меньше расчетного сопротивления грунта основания 330 кПа. Это указывает на допустимость имеющихся вибраций с точки зрения образования дополнительных осадок фундаментов колонн.

Таким образом, усиление оснований фундаментов каркаса и кузнечных молотов с помощью буроинъекционных свай позволили ликвидировать аварийную ситуацию здания кузнечно-штамповочного цеха.

Выводы

В статье приведены два удачных примера использования буроинъекционных свай–ЭРТ для предотвращения критических (предаварийных) состояний каркаса зданий. Использование этих свай в качестве свай усиления оснований позволили продлить срок службы этих зданий приведя их в безаварийные эксплуатационные состояния.

1. Патент на изобретение №23/8961. Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Авторы изобретения: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2008. - №8.
2. Патент на изобретение №23/8960. Способ возведения набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.М. Рябинов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2008. - №7.
3. Патент на изобретение №2250958. Устройство для изготовления набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2005. - №12.
4. Патент на изобретение №2250957. Способ изготовления набивной сваи / Авторы: Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2005. - №12.
5. Патент на изобретение №2282936. Генератор импульсных токов / Н.С. Соколов, Ю.П. Пичугин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности и товарным знакам // Бюллетень изобретений. – 2006. - №24.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроинъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». – 2015. – №1. С. 10-13.
7. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буроинъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014) - 2014 г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 407-411.
8. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). - 2014 г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 411-415.
9. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” (НАСКР-2014). - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 415–420.
10. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в г. Чебоксары // Геотехника. 2016. № 1. Стр. 60-65.
11. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2.
12. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Патент на изобретение. Полезная модель. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. // Бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности. 2016.
13. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроинъекционных свай с множественными уширениями. // Геотехника. №3.
14. Заключение «Инструментальное обследование здания КШЦ и прогнозирование колебаний проектируемого фундамента на кузнечный молот 17КШ 5 т/с на Чебоксарском агрегатном заводе». НИИ оснований и подземных сооружений. Москва. 2002 г.
15. Соколов, Н.С. Сваи повышенной несущей способности / Н.С. Соколов, С.С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
16. Соколов, Н.С. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной)

- конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
17. Соколов, Н.С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буроналивных свай ЭРТ / Н.С. Соколов, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
 18. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015; опубл. 27.04.2016 / Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиров, М.В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
 19. Соколов, Н.С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
 20. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015; опубл. 20.12.2016 / Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
 21. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005; опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
 22. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи : № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005; опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.

Соколов Н.С.

Технология понижения полов подвалов при реконструкции

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-243

Аннотация

Разрядно-импульсная геотехническая технология (технология ЭРТ) устройства буроналивных свай является новым направлением в освоении подземного пространства. Благодаря ее специфике она является оригинальной и универсальной. В отличие от других технологий она позволяет изготовить буроналивные сваи и анкера ЭРТ в стесненных и наиболее стесненных условиях повышенной несущей способности. Технология, в которой одним из циклов устройства свай является использование генератора импульсных токов (ГИТ), способствует повышению качества изготовления свай и грунтовых анкеров ЭРТ, проявляющееся в соблюдении сплошности тела конструкции и свободному погружению в нее пространственных армокаркасов. Благодаря формированию высокоэнергетических импульсов и созданию условий, при которых образуется и развивается ударная волна в виде электрогидравлического эффекта в среде мелкозернистого бетона на грунт стенок буровой скважины качество изготовления конструкций ЭРТ возрастает. Использование технологии ЭРТ при новом строительстве в стесненных условиях даже в случаях максимального приближения к ранее построенным объектам позволяет заглублять новые фундаменты гораздо ниже их абсолютных отметок существующих.

Ключевые слова: буроналивная свая ЭРТ, грунтовый анкер ЭРТ, инженерно-геологические условия, алгоритм, генератор импульсных токов.

Abstract

Discharge-pulse geotechnical technology (EDT technology) for construction of bored piles is a new area in the development of underground space. Due to its specificity, it is original and versatile. Unlike other technologies, it allows the manufacture of bored piles and EDT anchors in confined and most confined conditions with high load-bearing capacity. The technology where one of the cycles of

the pile arrangement is the use of a pulse current generator (PCG) improves the quality of manufacture of piles and ground EDT anchors while retaining the continuity of the structure body and keeping free immersion of spatial armored frames into it. Due to the formation of high-energy pulses and creating conditions under which a shock wave is formed and develops in the form of an electrohydraulic effect in the medium of fine-grained concrete on the soil of the walls of a borehole, the quality of EDT structures is improved. Using the EDT technology in new construction in confined conditions, even with maximum proximity to previously built facilities, allows new foundations to be buried much lower than their absolute levels of existing ones.

Keywords: EDT bored pile, EDT ground anchor, engineering and geological conditions, algorithm, pulse current generator.

Строительство объектов в стесненных и особо стесненных условиях является весьма актуальной задачей современного геотехнического строительства [1-8].

Согласно нормативам позиций 9.33 «При проектировании оснований, фундаментов и подземных частей вновь возводимых или реконструируемых сооружений, располагаемых на застроенной территории, необходимо выполнять геотехнический прогноз (оценку) влияния строительства на изменение напряженно-деформированного состояния окружающего грунтового массива, в т.ч. оснований сооружений окружающей застройки. Геотехнический прогноз влияния должен учитывать также дополнительные технологические осадки фундаментов сооружений окружающей застройки от устройства "стены в грунте" траншейного типа, грунтовых инъекционных анкеров, буроинъекционных свай. Геотехнический прогноз следует выполнять с учетом горизонтальных перемещений ограждающей конструкции котлована и разгрузки основания от выемки грунта в котловане, нагрузок от вновь возводимого сооружения или дополнительных нагрузок от реконструируемого сооружения, изменения уровня подземных вод, технологических и динамических воздействий строительных работ и других факторов с учетом последовательности устройства подземной части сооружения, используя аналитические и численные методы расчета. Для расчета дополнительных деформаций оснований и фундаментов сооружений окружающей застройки, вызванных вертикальными нагрузками от вновь возводимого сооружения, допускается использовать расчетную схему в виде линейно-деформируемого полупространства», 9.34 «В результате геотехнического прогноза должны быть определены:

- характерные размеры или радиус зоны влияния гзв, м;
- величины дополнительных деформаций оснований и фундаментов сооружений окружающей застройки и подземных коммуникаций;
- необходимость и состав защитных мероприятий для обеспечения сохранности окружающей застройки от влияния строительства.

Примечания:

1. Для линейных сооружений следует определять характерный размер зоны влияния строительства, а для компактных - радиус.
2. Радиус зоны влияния нового строительства или реконструкции допускается ограничивать расстоянием, при котором расчетное значение дополнительной осадки грунтового массива или основания существующего сооружения окружающей застройки не превышает 1 мм, за исключением расположения на границе зоны влияния сооружений окружающей застройки, категория технического состояния которых аварийная - IV (приложение Д).
3. В пределах зоны влияния следует выделять размеры зоны интенсивных деформаций в массиве грунта, в которой перемещения в массиве превышают 10 мм. Допустимо принимать плановые размеры зоны интенсивных деформаций, соответствующим размерам области, в которой осадки земной поверхности, вызванные строительством, превышают 10 мм.

4. При определении размеров зоны влияния нового строительства и реконструкции на территориях, осложненных распространением специфических грунтов, необходимо учитывать местный опыт проектирования, условия строительства и особенности эксплуатации сооружений, а также требования раздела 6.
5. Радиус или размер зоны влияния по результатам геотехнического прогноза может изменяться вдоль трассы ограждающей конструкции его котлована в зависимости от различных факторов, в т.ч. глубины котлована, инженерно-геологических условий и пр.
6. Радиус или размер зоны влияния гзв измеряется от границ проектируемого котлована», 9.35 «Геотехнический прогноз необходимо выполнять для сооружений окружающей застройки, расположенных в пределах предварительно назначаемой зоны влияния строящегося или реконструируемого сооружения, которая определяется согласно требованиям 9.36 или на основании предварительного моделирования влияния строительства подземного сооружения с учетом нагрузок, передаваемых на основание зданиями и сооружениями окружающей застройки.

Жесткость конструкций окружающей застройки в предварительных расчетах допускается не учитывать» и позиций 12.4 «Для объектов нового строительства и реконструкции геотехнических категорий 2 и 3 необходимо проводить геотехнический мониторинг: - оснований, фундаментов и конструкций сооружений; - ограждающих конструкций котлованов; - массива грунта, окружающего подземную часть сооружения, расположенного на застроенной территории», 12.8 «Программа работ по геотехническому мониторингу должна отвечать следующим требованиям: - фиксация контролируемых параметров должна выполняться как для наиболее опасных, так и характерных участков конструкций вновь возводимых (реконструируемых) сооружений, их оснований и окружающей застройки; - выбранные методы и точность измерений должны обеспечивать достоверность получаемых результатов и быть согласованы с точностью заданных проектных значений и результатами геотехнического прогноза; - все проводимые наблюдения и измерения должны быть увязаны между собой во времени и привязаны к этапам выполнения строительных работ; - периодичность наблюдений следует определять интенсивностью (скоростью) и длительностью протекания процессов деформирования конструкций сооружений и их оснований» свода правил СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» обязательным требованием при строительстве объектов в районах существующей городской и промышленной застройки является выполнение геотехнического прогноза и ведение геотехнического мониторинга. Согласно позиции 9.33 «При проектировании оснований, фундаментов и подземных частей вновь возводимых или реконструируемых сооружений, располагаемых на застроенной территории, необходимо выполнять геотехнический прогноз (оценку) влияния строительства на изменение напряженно-деформированного состояния окружающего грунтового массива, в том числе оснований сооружений окружающей застройки. Позиция 12.1 СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» утверждает, что геотехнический мониторинг представляет собой комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки [9-24].

Здание имеет сложную многоугольную форму в плане, габаритные размеры здания составляют 19,48x22,44 м (см. рис.1).

Для устройства подземной части строительства и снижения влияния на существующие объекты предусмотрена разработка строительного котлована глубиной от 2,77 м до 4,0 м. Абсолютная отметка дна котлована 149,60 м.

В качестве ограждения строительного котлована предусмотрено устройство шпунтового ограждения из буринъекционных свай диаметром 300 мм. Для закрепления подпорной стены от горизонтальных деформаций предусмотрены буринъекционные грунтовые анкера ЭРТ.

В соответствии с п. 9.36 СП 22.13330.2016 радиус зоны влияния нового строительства равен $r_{зв}=5 \cdot H_k$ для котлована, разрабатываемого с устройством заанкеренного ограждения из свай ЭРТ, $r_{зв}=3 \cdot H_k$ для котлована, разрабатываемого с устройством консольного ограждения из свай ЭРТ. Таким образом, зона влияния составила 12,0-15,5 м.

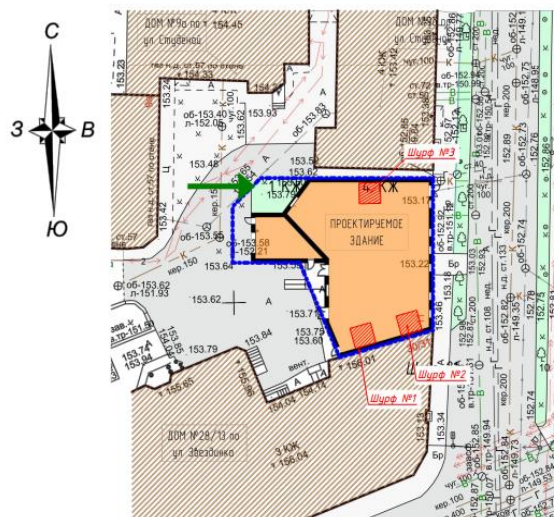


Рисунок 1. Схема расположения шурфов.

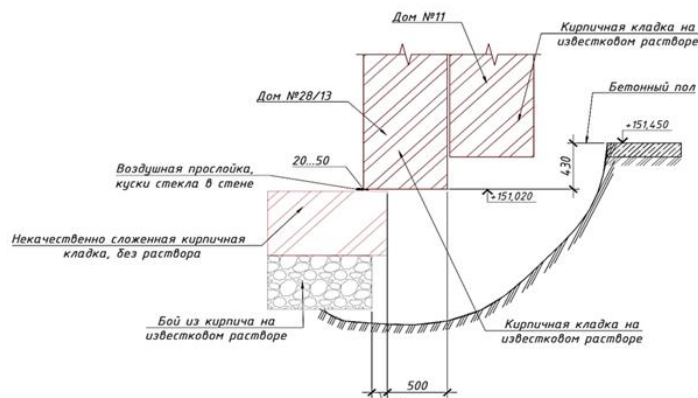


Рисунок 2. Шурф №1.

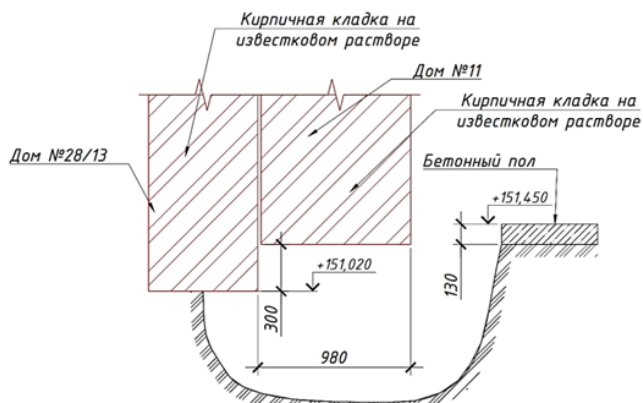


Рисунок 3. Шурф №2.

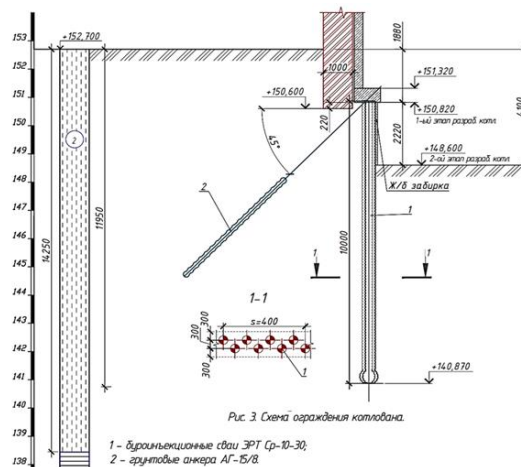


Рисунок 4. Схема ограждения котлована.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Пашкин А.Г., Пашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Ilichev, V. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow / V. A. Ilyichev, P. A. Kononov, N. S. Nikiforova, L. A. Bulgakov // Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3-17. - New York, 2004. - P. 5-24.
4. Ilyichev, V. A. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches / V. A. Ilyichev, N. S. Nikiforova, E. B. Koreneva // Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24-27th September 2007 «Geo-technical Engineering in urban Environments»... Volume 2. - P. 581-585.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground", 16-18 May, 2011, тс28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova, N. S. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23-25 September 2004. P. 338-342.
7. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shul'jatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
8. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September. 2007. Vol. 2. P. 683-688.
9. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буронабивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–26.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буронабивных свай ЭРТ с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной сваи // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование. 2017. № 12. С. 38–43.
12. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science. 15 .2017. 4, 482. p. 518–523.
13. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронабивных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–66.
14. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 44–47.
15. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай // Жилищное строительство. №5. 2017. С. 34-38.
16. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания // Строительные материалы. 2019. №6. С. 67-72.
17. Соколов, Н. С. Сваи повышенной несущей способности / Н. С. Соколов, С. С. Викторова, Т. Г. Федорова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная

- коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 411-415.
18. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буронабивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
 19. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронабивных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
 20. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте: № 2015126316/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
 21. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
 22. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте: № 2015126349/03: заявл. 01.07.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
 23. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов: № 2005102864/09: заявл. 04.02.2005: опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
 24. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи : № 2005140716/03: заявл. 26.12.2005:опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.

Соколова А.М.

**Экспериментальное исследование несущей способности
длительно-эксплуатируемых бревенчатых стен**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-244

Аннотация

В данной статье рассматриваются особенности бревенчатых конструкций и, в частности, бревенчатых стен. Исследование проводилось над зданием после длительного периода эксплуатации, и включало натурные исследования самого здания и экспериментальные исследования, направленные на определение несущей способности бревенчатых стен. В ходе работы изучались данные об изменении прочностных характеристик бревенчатых стен после длительной эксплуатации здания. Приводятся результаты экспериментального исследования несущей способности бревенчатых стен длительно эксплуатируемого бревенчатого дома. Данная работа выполнена в рамках магистерской диссертации. Результаты исследования могут быть полезны для таких направлений, как архитектура, строительство, реконструкция и деревянное зодчество.

Ключевые слова: древесина, бревенчатые стены, срубы, несущая способность, длительная эксплуатация.

Abstract

This article examines the features of log structures and, in particular, log walls. The study was conducted on a building after a long period of operation, and included in-kind studies of the building itself and experimental studies aimed at determining the load-bearing capacity of log walls. The work

examined data on changes in the strength characteristics of log walls after long-term operation of the building. The results of an experimental study of the load-bearing capacity of log walls of a long-operated log house are presented. This work was completed as part of a master's thesis. The results of the study can be useful for such areas as architecture, construction, reconstruction and wooden architecture.

Keywords: wood, log walls, log house, load-bearing capacity, load-termed.

Введение

Бревенчатые срубные стены являются одним из наиболее традиционных и распространенных видов строительных конструкций, используемых в деревянном зодчестве, в частности исторических зданий [1, 2, 3].

Вопросы несущей способности зданий после длительно эксплуатации поднимается в основном в рамках проведения обследований зданий, с целью поддержания их категории технического состояния или проведения реставрационных работ, обеспечивающих дальнейшую эксплуатацию [4, 5, 6].

Несущая способность и прочность бревен во многом определяют надежность и долговечность всего здания. Понимание факторов, влияющих на несущую способность бревенчатых стен, имеет важное значение для проектирования, строительства и эксплуатации деревянных сооружений.

В вопросе определения несущей способности бревенчатых конструкций имеется ряд исследований [7, 8], однако большинство из них связано с сейсмическими нагрузками и их влиянием на срубные конструкции.

В данной статье рассмотрены методики определения несущей способности бревенчатых срубных стен, а также фактор длительной эксплуатации, влияющий на прочность.

Понимание принципов определения несущей способности срубных стен позволит архитекторам, строителям и реставраторам принимать обоснованные решения, гарантирующие надежность и долговечность зданий.

Методы

– Натурные исследования срубных конструкций

В качестве объекта исследования были выбраны несущие бревенчатые стены избы. Был проведен осмотр сруба, выбраны и отобраны образцы бревен, для дальнейшего использования в качестве модели срубной стены. Внешний вид избы показан на рисунке 1. Здание расположено по адресу Россия, Вологодская обл., с/с Лесковский, деревня Марково, д.10.



Рисунок 1. Внешний вид сруба по адресу: Россия, Вологодская обл., с/с Лесковский, деревня Марково, д.10.

- Экспериментальное исследование несущей способности модели бревенчатой стены

Из бревен, выпиленных из избы, была изготовлена модель бревенчатой стены, имеющая следующие характеристики: длина стены – 0,8 м, высота стены 1,1 м, бревна диаметром от 22 до 28 см, крепления из деревянных шкантов прямоугольного сечения размерами 10 x10 x 3 см. Пазы под шканты в бревнах были выполнены в середине длины бревен.

Для устойчивости стены применялись металлические упоры с накладками из ЛВЛ [9].

Эксперимент проводился на испытательной системе Magnium 2000 кН. Нагрузку на модель стены прилагали равномерно в течение всего времени его испытания со средней скоростью 2 мм/мин.

Внешний вид модели стены представлен на рисунке 2, схема испытания представлены на рисунке 3.



Рисунок 2. Модель бревенчатой стены.

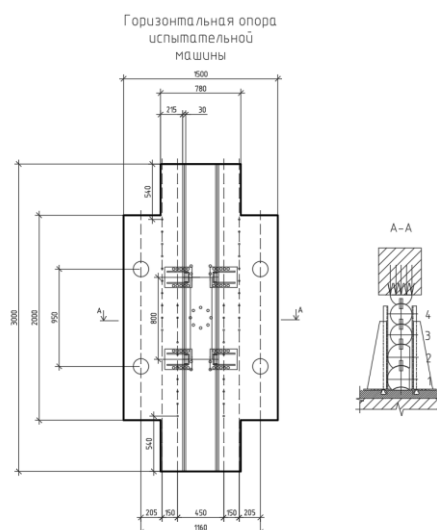


Рисунок 3. Схема проведения испытаний.

- Численные методы

В соответствии с ГОСТ 516.1325800 несущая способность стенового бревна определяется по формуле

$$N_{\text{ст.бр}} = R_{C90} \cdot L \cdot 0,5d, \quad (1)$$

где R_{C90} - расчетное сопротивление древесины сжатию поперек волокон, МПа;
 L – длина стены, м;

d – диаметр бревна, м.

Расчетное сопротивление древесины сжатию поперек волокон определяется по формуле:

$$R_{C90} = R_{C90}^A \cdot m_{дл} \cdot P_{m_i}, \quad (2)$$

где R_{C90}^A – расчетное сопротивление древесины сжатию, МПа;

$m_{дл}$ – коэффициент длительной прочности, соответствующий режиму длительности нагружения $m_{дл} = 0,66$;

P_{m_i} – произведение коэффициентов условий работы определяется по формуле:

$$P_{m_i} = m_{сс} \cdot m_{в} \cdot m_{т}, \quad (3)$$

где $m_{сс}$ – коэффициент срока службы, при сроке службы сооружения более 100 лет $m_{сс} = 0,8$;

$m_{в}$ – коэффициент условия эксплуатации конструкций, соответствующий условию эксплуатации 2 $m_{в} = 0,9$;

$m_{т}$ – температурный коэффициент, при установившейся температуре ниже $+35$ °С $m_{т} = 1,0$.

Определяем расчетное сопротивление древесины сжатию поперек волокон:

$$R_{C90} = 2,7 \cdot 0,66 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,28 \text{ МПа}$$

С учетом требований СП516 расчетная несущая способность стены:

$$N_{ст.бр} = R_{C90} \cdot L \cdot 0,5d = 1,28 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,23 = 0,118 \text{ МПа}$$

$$0,118 \text{ МПа} = 118 \text{ т/м}^2$$

Бревно (верхнее) $S = 0,21 \text{ м} \cdot 0,8 \text{ м} = 0,168 \text{ м}^2$

$$N_{ст.бр} \cdot S = 118 \cdot 0,168 = 19,824 \text{ т}$$

Результаты

Были получен график зависимости нагрузки от времени испытания, показанный на рисунке 4 который можно разделить на 4 участка, в дальнейшем именуемых фазами.

На первой фазе при нагрузке 67,032 кН, в бревнах начали появляться радиальные трещины во внешних годовых кольцах.

На второй фазе происходило постепенное увеличение радиальных трещин, фаза закончилась, когда на бревне №3 трещина распространилась на всю высоту сечения.

На третьей фазе бревно №3 разделилось на две части, которые под действием нагрузки зажали между накладками и остальными бревнами, в этот момент нагрузка перестала уменьшаться.

На четвертой фазе продолжилось увеличение трещин по всем сечениям бревен, график приобрел ступенчатое очертание. Окончание эксперимента обуславливается постоянным значением нагрузки и распространением радиальных трещин на большую часть сечения всех бревен стены.

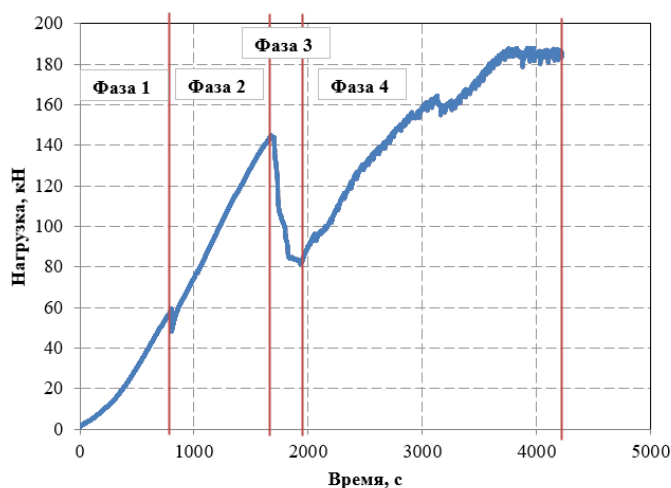


Рисунок 4. График зависимости между нагрузкой и перемещением штока испытательной машины.

Внешние изменения модели стены после окончания эксперимента представлены на рисунке 5.



Рисунок 5. Окончание эксперимента.

Выводы

Полученные результаты экспериментального исследования несущей способности модели бревенчатой стены оказались ниже расчетной несущей способности, согласно СП 516.1325800. Разрушение в большинстве бревен произошло по вертикальной оси сечений.

Длительная эксплуатация привела к снижению несущей способности, относительно расчетной и составила 27,4%. Снижение несущей способности может быть обусловлено наличием в бревнах повреждений, вызванных их длительной работой в конструкции стены здания, а также влиянием внешней среды, так как бревна были взяты из внешней стены здания.

1. Санникова Т. О. Традиции русской деревянной архитектуры на территории Удмуртии // Искусство Евразии. Вчера, сегодня: Выпуск 3. 2012. С. 98-101.
2. Сазонов А. Такой город в России один: [О деревян. зодчестве Вологды] // Вологда: ПФ "Полиграфист". 1993. - 94 с.
3. Черных А. Г., Миронова С. И., Данилов Е. В., Серова Т. А. Влияние деструкторов на динамику накопления повреждений деревянных конструкций // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 3(92). – С. 35-43.
4. Шутова М.Н., Атюхов А.С., Евтушенко С.И., Хлупин М.А. Использование комплексного подхода к определению надежности и остаточного ресурса деревянных конструкций жилых зданий // Строительство и архитектура. Том 8. 2020. №1 С. 19-25.
5. Козлов В. А., Крутов В. И., Кистерная М. В. Состояние древесины Преображенской церкви музея-заповедника «Кижы»// Труды Карельского научного центра Российской академии наук, № 1. 1999. С. 131-139.
6. Чесноков А.С., Пинус Б.И. «Экспериментально аналитическая оценка ресурса сейсмостойкости исторических зданий» URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalno-analiticheskaya-otsenka-resursa-seysmostoykosti-istoricheskikh-zdaniy/viewer>
7. Миронова, С. И. Влияние гигроусталости древесины на длительную прочность / С. И. Миронова, И. А. Кудрявцев // Перспективы науки. – 2022. – № 11(158). – С. 54-57.
8. Testing of Lateral Resistance of Handcrafted Log Walls Phase I and II by Dr. Marjan Popovski Prepared for International Log Builders' Association March, 2002 Project No. 3512 / 3512A
9. Randy J. Scott «Lateral Force Resisting Pathways in Log Structures» URL:https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/kp78gj57n
10. Миронова, С. И., Нижегородцев Д. В. Скрытые особенности нового строительного материала // Архитектура - строительство - транспорт : Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета, в 2-х частях, Санкт-Петербург, 03–05 октября 2018 года. Том Часть I. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 23-29.

РАЗДЕЛ XXVIII. АГРОНОМИЯ

Блиновских А.С.

Возникновение морозоустойчивости у озимой пшеницы и факторы, влияющие на нее

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/trnio-09-2024-245

Аннотации

Статья посвящена исследованию возникновения морозоустойчивости у озимой пшеницы, одного из ключевых факторов, определяющих успешность её выращивания в условиях холодного климата. В работе рассматриваются биологические механизмы, обеспечивающие морозоустойчивость, а также влияние различных агрономических и экологических факторов на этот процесс. Особое внимание уделяется генетическим аспектам, позволяющим селекционерам создавать сорта с повышенной устойчивостью к низким температурам.

Ключевые слова: морозоустойчивость, озимая пшеница, селекция, сорта, генетические факторы, устойчивость к стрессам.

Abstract

The article is devoted to the study of the occurrence of frost resistance in winter wheat, one of the key factors determining the success of its cultivation in a cold climate. The paper examines the biological mechanisms that ensure frost resistance, as well as the influence of various agronomic and environmental factors on this process. Special attention is paid to the genetic aspects that allow breeders to create varieties with increased resistance to low temperatures.

Keywords: frost resistance, winter wheat, breeding, varieties, genetic factors, stress resistance.

Исследование адаптации растений к стрессовым факторам внешней среды имеет особое значение для отечественной селекции, так как основная масса сельскохозяйственного производства России находится в зоне рискованного земледелия и потому ему необходимы сорта, сочетающие повышенную зимостойкость и засухоустойчивость с высокой урожайностью.

Для отечественных сортов озимых культур одним из важнейших адаптивных признаков является морозоустойчивость. Трудности селекции на зимостойкость определяются многими причинами; это сложный признак, включающий морозоустойчивость – главный компонент успешной перезимовки, а также глубину залегания узла кущения, устойчивость образованию ледяной корки. Показано, что зимостойкость растений зависит от генотипа, условий закалки, стадии развития [1].

Оценка сортов пшеницы на морозоустойчивость включает несколько этапов, которые помогают определить, насколько растения способны выдерживать низкие температуры. Вот основные методы и процедуры:

1. Сначала отбираются разные сорта пшеницы, которые будут оцениваться на морозоустойчивость.
2. Растения высаживаются в условиях, где они могут подвергаться естественным морозам. Оценка проводится в различных климатических зонах.
3. В некоторых случаях используются лабораторные методы, такие как замораживание образцов в контролируемых условиях. Это позволяет точно измерить, при какой температуре растения начинают повреждаться.
4. После воздействия холода исследуются визуальные признаки повреждения, такие как увядание, потемнение или отмирание частей растения.

5. Изучаются физиологические показатели, такие как содержание воды в клетках, уровень хлорофилла и другие биохимические параметры.
6. Собранные данные анализируются с использованием статистических методов для определения устойчивости разных сортов.
7. Результаты фиксируются и сравниваются с предыдущими исследованиями для определения относительной морозоустойчивости сортов.

Оценка морозостойкости сортов – является наиболее трудоемким и дорогостоящим этапом селекции на зимостойкость. Поэтому поиск относительно дешевых лабораторных методов адекватной оценки этого признака является весьма актуальным.

Морозоустойчивость пшеницы зависит от множества факторов, которые можно разделить на несколько категорий:

1. Генетические факторы. Разные сорта пшеницы имеют различные уровни морозоустойчивости, что связано с их генетическими особенностями. Наличие специфических генов, отвечающих за синтез защитных белков и других веществ.
2. Физиологические факторы. Увеличение содержания сахаров и других веществ, которые помогают предотвратить повреждения клеток. Снижение содержания воды в клетках перед наступлением морозов.
3. Агроклиматические условия. Низкие температуры, особенно в сочетании с ветром, могут значительно повлиять на устойчивость растений. Снег может служить изоляционным слоем, защищая растения от резких колебаний температуры.
4. Почвенные условия. Хорошо дренированные и богатые питательными веществами почвы способствуют развитию более устойчивых растений. Оптимальный уровень влажности помогает растениям лучше справляться со стрессом.

Эти факторы взаимодействуют друг с другом и могут оказывать комбинированное влияние на морозоустойчивость пшеницы. Правильное управление всеми этими аспектами поможет повысить устойчивость растений к низким температурам [4].

Чаще всего изучение природы холодоустойчивости сводилось к поиску корреляций между элементарными событиями и устойчивостью растений. Изучен ряд факторов, теоретически способных оказать решающее влияние на холодоустойчивость: содержание сахаров, аминокислот, стойкость мембран и т.д. Вместе с тем, разрабатывались биофизические методы экспресс-оценки холодоустойчивости - по измерению электропроводности растений или по их оптическим характеристикам (люминесценция, свертслабое свечение) [5].

Однако эти исследования не привели к созданию общепринятой теории холодоустойчивости растений, а перечисленные методы оценки холодоустойчивости не пользуются широкой популярностью из-за низкой воспроизводимости от опыта к опыту.

Развитие методов и теорий молекулярной биологии позволяет в настоящее время перевести исследования природы холодоустойчивости на уровень изучения регуляции синтеза белка и предложить принципиально новые молекулярные маркёры оценки холодоустойчивости, отличающиеся большей воспроизводимостью, точностью и производительностью.

Однако остаётся весьма острым вопрос разработки простых маркёров массового скрининга сортов на морозоустойчивость, позволяющих эффективно вести селекцию на этот признак.

Блокирование белкового синтеза в растениях во время закаливания к холоду тормозит развитие морозостойкости, которая остаётся на уровне незакалённых растений. Реакция белоксинтезирующего аппарата эукариот на стрессы не однозначна и определяется главным образом напряжённостью стресса: например, действие отрицательных температур на растительный организм приводит к глубокой и обратимой диссоциации полисом до моносом. В то же время действие низкой положительной температуры (0-5°C) не вызывает распада

полисом, а наоборот, увеличивает их количество в цитоплазме по сравнению с контрольными растениями, выращиваемыми при 20°C. Одновременно происходит активация трансляционной активности полисом, наблюдаемая *in vitro*. Аналогичные изменения происходят и при действии других стрессирующих факторов. При этом определяющим течение молекулярных процессов остаётся напряжённость стресса: в закалывающей зоне его действия происходит активация, как транскрипции, так и трансляции, в повреждающей - преобладающими становятся процессы распада, увеличивается активность гидролитических ферментов [2,3].

Разнообразные стрессы, в первые часы своего действия или даже на значительном временном отрезке определяют прирост трансляционной активности полирибосом в бесклеточной системе синтеза белка (*in vitro*), что может иметь важное адаптационное значение.

Морозоустойчивость является сложным признаком, зависящим от множества факторов, включая генетические, физиологические и агроклиматические условия. Эффективная оценка сортов пшеницы на морозоустойчивость требует комплексного подхода и включает как полевые, так и лабораторные методы. Несмотря на трудоемкость и высокую стоимость таких исследований, поиск более доступных и надежных методов оценки остается актуальным.

В конечном итоге, успешное развитие селекции морозоустойчивых сортов пшеницы будет способствовать устойчивости сельского хозяйства России к климатическим изменениям и обеспечению продовольственной безопасности.

1. Плотников В.К., Евтушенко Я.Ю., Салфетников А.А., Репко Н.В., Насонов А.И. Биологические маркёры для селекции на морозоустойчивость озимых форм мягкой пшеницы и ячменя. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 104. С. 1855-1887.
2. Плотников В.К. БИОЛОГИЯ РНК ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, Краснодар, Издательство «Эдви», 2009, 375 с.
3. Плотников В.К. ГЕНЕТИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ РАСПАДА МРНК ЗЛАКОВ *IN VITRO* // УСПЕХИ СОВРЕМЕННОЙ, 2003, Т. 123, № 1, с. 98-109.
4. Плотников В.К., Евтушенко Я.Ю., Салфетников А.А., Репко Н.В., Насонов А.И. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЁРЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ОЗИМЫХ ФОРМ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 104. С. 1855-1887.
5. Федулов Ю.П. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР. Автореф. дис. на соиск. степени докт. биол. наук. - Санкт-Петербург, 1994, С.45.

Димитриенко О.В.
Факторы деградации почв

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-246

Аннотация

В данной статье обзорно рассматривается тема изменений свойств и качеств плодородия почв. Приводятся факторы, влекущие данное изменение, и описываются меры борьбы, направленные на предупреждение возникновения деградаций почв или восстанавливающие их качество. Также учитываются последствия возникновения деградированных сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: почва, деградация, засоление, опустынивание, загрязнение, переувлажнение, меры борьбы.

Abstract

This article provides an overview of changes in the properties and qualities of soil fertility. It presents the factors that cause this change and describes measures to prevent soil degradation or restore its quality. It also takes into account the consequences of the occurrence of degraded agricultural lands.

Keywords: soil, degradation, salinization, desertification, pollution, waterlogging, control measures.

Деградация почвы представляет собой процесс, при котором ее свойства и качества, включая плодородие, ухудшаются по сравнению с оптимальными уровнями. Этот процесс состоит из как количественных, так и качественных изменений показателей почвы.

Биологическая деградация характеризуется сокращением видов и численности микроорганизмов, которые занимают важные экосистемные функции, такими как поддержание гомеостаза и циклы биогенных элементов[3]. Физическая деградация обозначает ухудшение гидрологических и физических свойств почвы, а также нарушение её структуры. Химическая деградация возникает из-за попадания в почву химических веществ, истощения питательных элементов и засоления.

Хотя почвы могут деградировать естественным образом, человеческая деятельность значительно усугубляет этот процесс, особенно в условиях изменения климата.

Принято различать разные виды деградации почв:

Загрязнение почвы представляет собой процесс, когда в почве появляются новые, обычно не свойственные ей физические, химические или биологические компоненты, либо превышаются нормальные среднегодовые уровни их содержания. Это негативно сказывается на процессах почвообразования, замедляя их и снижая урожайность, а также приводя к накоплению загрязняющих веществ в растениях, что в конечном итоге может привести к их попаданию в организм человека – как напрямую, так и через пищевые цепи [1].

Основные способы загрязнения почвы включают: первое – осаждение пылевых и газовых аэрозолей из промышленных выбросов; второе – сброс сточных вод в водоемы, которые потом используют для полива полей; третье – использование сточных вод непосредственно для орошения; четвертое – утилизация отходов на неподготовленных свалках. Важным аспектом борьбы с загрязнением являются меры контроля вредных выбросов и очистки сточных вод, а также повышение осведомленности о сельскохозяйственных практиках и защите растительности.

Среди видов деградации почв особое место занимает **засоление**. Почвы, в которых в профиле имеются растворимые соли в количествах, опасных для сельскохозяйственных культур, называют засоленными. К таким почвам относят солончаки, солончаковые и солонцы [4].

Проблема переизбытка солей в почвах является глобальной и наблюдается во всех странах, особенно в тех регионах, где активно ведется сельское хозяйство.

Основные причины накопления солей включают неглубоко залегающие соленые почвообразующие породы и минерализованные грунтовые воды, участвующие в образовании почвы. Другие факторы, такие как перенос солей ветром с моря, вулканическая активность и биогенная аккумуляция, также могут приводить к засолению.

Вторичное засоление орошаемых земель возникает со временем из-за наличия растворимых солей в воде, используемой при орошении, что приводит к накоплению солей в почве. Поскольку засоление почвы отрицательно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур, эти соли вымывают из корневой зоны промывными поливами. Вторичное засоление происходит в основном на землях с плохим естественным оттоком грунтовых вод и при использовании для орошения сельскохозяйственных культур минерализованных вод [5].

Существует множество методов удаления солей из засоленных почв:

- Промывка почвы – это система мероприятий, направленных на снижение избыточных концентраций токсичных солей до безопасного уровня для сельского хозяйства, посредством подачи воды на поверхность и вывода солевого раствора с помощью дренажа.
- Запашка солей применяется на слабо засоленных землях, когда нижние слои почвы свободны от солей, а лишь верхние слои имеют незначительно повышенные концентрации.

- Электромелиорация заключается в воздействии постоянного электрического тока на почву, что приводит к рассолению, улучшению состава солей с мелиоративной точки зрения, а также к снижению токсичных компонентов и активизации процессов агрегации.
- Термический пар улучшает физические характеристики солонцеватых горизонтов под солнечным воздействием.
- Глубокое мелиоративное рыхление осуществляется после внесения гипса для обработки солончаков.
- Гипсование предполагает замену натрия на кальций из гипса или другого его соединения с одновременным удалением продуктов обмена через увлажнение и дренаж.
- Землевание – это создание плодородного слоя (6–20 см) на солонцах путем добавления чернозема.
- Фитомелиорация включает использование растений для рассоления почв в сочетании с агрономическими и инженерными приемами.

В отдельные годы на орошаемых землях может иметь место **избыточное увлажнение**. Это может вызываться разливом рек в периоды паводков, стоков воды с вышележащих водосборов, авариями (прорыв дамб). Для борьбы с избыточным увлажнением, которое вызывает также и подъём грунтовых вод, необходимо устройство сбросной сети, низко расположенные участки должны быть защищены от затопления обваловыванием; для предохранения от затопления поверхностными водами с вышележащих водосборов следует устраивать нагорные каналы.

Иногда, когда требуется понизить уровень грунтовых вод, устраивают дренаж, прокладывают открытую сеть осушительных каналов, производят откачку воды.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод используют только в крайних ситуациях, когда надлежащие меры эксплуатации не обеспечивают необходимой глубины. Следует отметить, что лесные насаждения, активно потребляющие воду через транспирацию, способны значительно снизить уровень грунтовых вод. Лесные полосы на орошаемых участках, особенно вдоль постоянных водоканалов, используют для транспирации не только фильтрационную, но и грунтовую воду, что снижает риск избыточного увлажнения и вторичного засоления [1].

Одним из проявлений деградации почв является **опустынивание**, то есть процесс превращения плодородных земель в пустынные территории в условиях засухи. Причины этого явления могут быть как естественными, так и антропогенными. Необдуманное использование сельскохозяйственных угодий, неправильное ведение аграрной деятельности, разрушение растительности и недостаток осадков способствуют деградации.

Опустынивание снижает продуктивность почвы, нарушает экосистему, изменяет климатические условия, осушает подземные воды, увеличивает солёность почвы, активизирует эрозию и ведёт к сокращению биологического разнообразия. Борьба с этим процессом включает в себя раннее выявление, создание защитных лесных полос и восстановление растительности в разрушенных районах [2].

Таким образом, последствия деградации почв в конечном итоге влекут за собой полное уничтожение плодородного почвенного покрова. Если процесс не остановить, человечество ждёт самые катастрофические последствия. Глобальное решение этой проблемы включает в себя следующие пути: сокращение вырубки леса, мелиорация земель, предотвращение засоления, применение правильных методов обработки почвы, которые предотвращают ее ухудшение.

1. Власенко В. П., Подколзин О. А., Осипов А. В. Охрана почв : учебное пособие / Министерство сельского хозяйства РФ. — Краснодар : КубГАУ, 2018. — 171 с.
2. Герасимова М.И., Каравасева Н.А., В.О. Таргульян. Деградация почв: методология и возможности картографирования // Почвоведение. 2000. №3. С. 358-366.

3. Димитриенко О.В. Проблема почвенной биоты в агроценозе // Тенденции развития науки и образования. - 2023. - №100-4. - С. 122-124.
4. Осипов А.В., Колесниченко Т.В., Димитриенко О.В. Причины засоления почв краснодарского края и меры борьбы с ними // Тенденции развития науки и образования. - 2022. - №87-3. - С. 14-16.
5. Хитров Н.Б. Деградация почвы и почвенного покрова: понятия и подходы к получению оценок / Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения // Тез.докл. Всерос.конф. 16-18 июня 1998. Т. 1.М.1998. С.20-26.

Колесниченко Т.В.

Севооборот как один из главных элементов в современном сельском хозяйстве

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-247

Аннотация

В данной статье говорится о севообороте, как, о ключевом элементе в решении задач эффективного ведения сельскохозяйственной деятельности. Говорится о его пользе, и необходимости применения в современном сельском хозяйстве. Приведены виды севооборотов, и принцип чередования культур.

Ключевые слова: растениеводство, урожай, почва, севооборот, ротация культур, сельское хозяйство.

Abstract

This article talks about crop rotation as a key element in solving the problems of effective agricultural activities. It talks about its benefits and the need for use in modern agriculture. The types of crop rotations and the principle of crop rotation are given.

Keywords: crop production, harvest, soil, crop rotation, crop rotation, agriculture.

Сельское хозяйство играет ключевую роль в экономике России, обеспечивая продовольствием население, сырьем для переработки и удовлетворяя другие потребности общества. Около 75% спроса на товары повседневного использования покрывается именно за счет аграрного сектора.

Наиболее продуктивные земли, где одна культура высаживается ежегодно, постепенно истощаются. В таких условиях увеличивается число вредителей и болезней растений, а остатки средств защиты накапливаются в почве. Поэтому важно практиковать ротацию — ежегодную смену мест посадки различных культур. Обычно, зерновые, овощные и бобовые можно возвращать на прежнее место спустя 3-4 года, а для масличных культур рекомендуется период ротации в 8 лет.

Современное сельское хозяйство представляет собой комплекс взаимосвязанных технологических и организационных задач, решение которых является главной задачей агрономов и руководителей сельхозпредприятий. Эти задачи основываются на знаниях и опыте в области биологии, технологии возделывания сельскохозяйственных культур, а также учитывают организационные, экологические, почвенно-климатические и экономические факторы.

Севооборот является ключевым элементом в решении задач эффективного ведения сельхоздеятельности. Он направлен на рациональное использование земель с учётом их потенциального плодородия, биологического потенциала растений и доступных ресурсов (таких как климат, тепло, удобрения, сельскохозяйственная техника и агрохимикаты), что позволяет достичь максимальной рентабельности путём получения высоких урожаев, одновременно способствуя воспроизводству плодородия и охране экологии.

Таким образом, севооборот служит основой современных агроландшафтных систем, определяя принципы многих других процессов, таких как обработка почвы, борьба с эрозией,

удобрение, защита растений, семеноводство, орошение и осушение, управление машинами и организацией труда.

Севооборот подразумевает посев разнообразных растений на одном поле в течение определенного времени, что способствует улучшению структуры и качества почвы, а следовательно, и увеличению урожайности. Опыт из разных регионов предлагает рекомендации по периодичности ротации. Соблюдение принципов чередования культур поможет сохранить плодородие почвы и достичь наилучших результатов, что приводит к росту интереса фермеров к данному методу.

При планировании севооборота важны два ключевых аспекта:

1. правильный выбор предшественников;
2. оптимальное сочетание культур.

Важно учитывать оптимальную частоту возвращения определённых культур на одно и то же поле. При выборе предшественников могут возникнуть трудности, обусловленные кризисом в животноводстве, что ограничивает вариативность культур для выращивания. Следует отметить, что универсальной схемы севооборота не существует. Однако знание основных принципов подбора предшественников поможет сделать правильный выбор. Агрономы предлагают много схем севооборота. При составлении севооборота стоит ориентироваться на три важных фактора: разнообразие, географию и интервалы. Чем больше культур в севообороте, тем лучше будет урожай – это о разнообразии. Один и тот же севооборот может прекрасно работать в Сибири и не приносить плодов, например, в Краснодарском крае – здесь работает география. И третий фактор – интервалы – предполагает чередование промежутков между посадками одной и той же культуры: то длинный, то короткий.

Существует много видов севооборотов:

1. Простой севооборот - чередование культур разного вида. Например, озимая пшеница – кукуруза - бобовые; яровая пшеница – рапс; озимая рожь – кукуруза - пар; озимая пшеница – яровая пшеница – гречиха.
2. Простой севооборот + многолетние. Простой севооборот, в котором чаще всего участвуют две однолетние культуры + многолетник. Например, яровая пшеница – рапс – яровая пшеница – рапс – люцерна – люцерна.
3. Сложный севооборот. Несколько однотипных культур высевают по очереди. Например, озимая пшеница – ячмень – подсолнечник – кукуруза – горох – просо – яровая пшеница – гречиха.

Регулярное применение севооборотов приносит следующие преимущества:

1. Обогащение азотом, важнейшим элементом для роста растений. Хотя азот присутствует в атмосфере, он не подходит для засева; при его нехватке в почве вносят удобрения. Севооборот позволяет использовать культуры, которые обогащают почву азотом естественным способом.
2. Экономия на химических удобрениях. Использование предшественников, таких как фасоль, позволяет избежать покупки азотных удобрений.
3. Защита окружающей среды. Химические формы азота вредят почве и воде. Растения усваивают лишь часть азота, оставшаяся часть загрязняет природу.
4. Удержание влаги. Альтернативные культуры сохраняют воду в глубине почвы, что полезно в условиях засухи.
5. Снижение применения пестицидов. Севооборот помогает избежать вредителей, меняя культуры.
6. Защита от эрозии. Разнообразные корни повышают пористость почвы и защищают её от погодных условий.
7. Увеличение урожайности. Альтернативное использование питательных веществ способствует росту эффективности севооборотов.

Проблемы, связанные с севооборотом:

1. Затраты времени и труда: организация и выполнение севооборота требуют значительных временных и трудовых ресурсов, включая планирование, реализацию и контроль за состоянием растений и плодородием почвы.
2. Урожайность: уровень урожайности различных культур зависит от множества факторов окружающей среды, что приводит к изменчивости результатов с года в год и влияет на финансовые показатели аграриев.
3. Дисбаланс в питательных веществах: нецелесообразный севооборот может нарушить баланс питательных веществ в грунте, что негативно скажется на урожае и здоровье почвы.
4. Вредные организмы и болезни: хотя севооборот способствует снижению нагрузки вредителей и болезней на сельскохозяйственные культуры, полностью устранить их он не способен, и фермеры продолжают применять пестициды и другие средства защиты.

Существует три основных типа севооборотов полевые, кормовые и специализированные. Полевые севообороты включают специальные и универсальные варианты. Кормовые севообороты можно разделить на прифермские и сенокосно-пастбищные. Специальные севооборотные практики требуются для гетерогенных культур, например, овощей и лекарственных растений.

Севооборот – ценная практика для развития устойчивого сельского хозяйства. Выбор культуры, основанный всего лишь на краткосрочной конъюнктуре рынка, в перспективе приведет к снижению прибыли и деградации почвенного плодородия. Поэтому правильное планирование и управление процессом чередования посевов помогают максимизировать преимущества севооборота и внести вклад в оздоровление окружающей среды.

1. Вавилов, П.П. Растениеводство / Вавилов, П.П. и. - М.: Колос; Издание 2-е, перераб. и доп., 2019. - 432 с.
2. Основы земледелия / Под ред. М.Н. Гуренева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 478 с.
3. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Выпуск 3. - М.: Колос, 2020. - 480 с.
4. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Корнев и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова – М.: Колос, 2006 – 620 с.

Кружков А.В., Козаева М.И.

**Диагностика биологической адаптивности различных форм
и сортов вишни на основе показателей эндофитной микробиоты**

*Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина
(Россия, Мичуринск)*

doi: 10.18411/trnio-09-2024-248

Аннотация

Изучение ежемесячной динамики эндофитной микробиоты различных форм и сортов вишни показало, что в составе микробиоты форм, имеющих достаточно высокий уровень адаптации, доминирующей является бактерия, токсины которой активно подавляют развитие грибных патогенов. Также у более адаптированных к условиям среды форм наблюдались самые низкие показатели отрицательных тестов, в связи с чем эти формы оказались лучшими по сравнению с другими в полевых условиях. Также установлено, что при тестировании растений, которые характеризуются наименьшей адаптационной способностью, выделившиеся бактериальные штаммы обладали меньшей токсичностью, а те бактерии, которые выделяются при тестировании более адаптивных форм, обладают выраженным фунгицидным и фунгистатическим действием. По показателям эндофитной микробиоты выделены формы с высоким уровнем адаптации, представляющие практический интерес для селекции и производства.

Ключевые слова: вишня, эндофитная микробиота, биологическая адаптивность.

Abstract

A study of the monthly dynamics of the endophytic microbiota of various cherry forms and varieties has shown that the microbiota of forms with a sufficiently high level of adaptation is dominated by a bacterium whose toxins actively inhibit the development of fungal pathogens. Also, the forms that were more adapted to environmental conditions had the lowest rates of negative tests, and therefore these forms turned out to be better than others in the field. It was also found that when testing plants that are characterized by the lowest adaptive capacity, the bacterial strains released were less toxic, and those bacteria that are released when testing more adaptive forms have a pronounced fungicidal and fungistatic effect. According to the indicators of endophytic microbiota, forms with a high level of adaptation that are of practical interest for breeding and production are identified.

Keywords: cherry, endophytic microbiota, biological adaptability.

Среди плодовых культур косточковые пользуются большим спросом и заслужили свою популярность за высокие пищевые и вкусовые качества плодов, среди которых можно выделить вишню. Вишня-высокоценная и наиболее распространенная косточковая культура, что обусловлено неповторимым биохимическим составом плодов и биологическими особенностями, определяющими ее выращивание практически во всех плодовых зонах России. Плоды вишни обладают высокими вкусовыми качествами, употребляются в свежем виде и пригодны для всех видов переработки. В плодах вишни содержится до 12% сахаров, 0,6-1,8% пектиновых веществ, витамины С, Р, В2, В6, В9, яблочная, лимонная, фолиевая кислоты, кумарины, железо, магний, что определяет их ценность как профилактического средства против различных заболеваний [4,с.69]. Вместе с тем, в текущий период площади, занимаемые культурой в современных производственных насаждениях ЦЧР сравнительно невелики. В значительной степени это обусловлено изменением погодно-климатических условий, усилением воздействия неблагоприятных абиотических и биотических стрессоров [8,с.137]. Так, сильные морозы, особенно после оттепелей, приводят к повреждению цветковых почек и, как следствие, к потере урожая и недолговечности деревьев [9,с.115]. Значительную опасность представляют и мягкие зимы с частыми оттепелями, число которых в средней полосе существенно возросло, что препятствует реализации потенциала зимостойкости плодовых растений, как по максимальной морозостойкости, так и по реакции на оттепели [18,с.132]. В период вегетации нормальному развитию деревьев препятствуют периодически повторяющиеся весенние заморозки [2,с.101-102]. Высокие температуры воздуха и низкое количество осадков летом также оказывают негативное влияние на рост и формирование плодов, на процессы дифференциации и развития почек [16,с.116]. Другой проблемой являются различные вредоносные организмы, из которых прежде всего следует отметить возбудителей различных грибных заболеваний, воздействие которых оказывает на насаждения косточковых негативный эффект [17,с.294]. Поэтому, для получения высоких и регулярных урожаев этой культуры важной задачей является подбор наиболее адаптивных сортов и форм из существующего сортимента и создание высокопродуктивных, скороплодных сортов, обладающих экологической пластичностью, устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам внешней среды, пригодных к возделыванию в условиях высокотехнологичного производства [14,с.1;13,с.109].

Актуальной задачей в настоящее время является разработка методов определения состояния растений, в особенности их адаптации [12,с.210]. Одним из наиболее важных показателей адаптации, ее биологическим индикатором, на котором можно базировать оценку и отбор устойчивых растений, является эндофитная микробиота [5,с.11]. Любое растение существует в тесном взаимодействии с микроорганизмами, населяющими его внутреннюю среду и окружающее пространство [3,с.69]. Эндофитная микробиота, находясь в особенно тесных структурно-функциональных взаимоотношениях с растительным организмом, принимает особое участие в адаптации растений к неблагоприятным факторам среды и в развитии иммунитета организмов-хозяев [19,с.669]. Эндофиты могут способствовать формированию длительной защиты макроорганизмов от стрессовых факторов окружающей

среды [24,с.827]. Микроорганизмы являются хорошими помощниками для своего растения-хозяина в обеспечении жизненно важных функций и играют ключевую роль в биоконтроле фитопатогенных микроорганизмов [20,с.23;23,с.1084]. Эндофитные микроорганизмы способствуют росту и развитию растения-хозяина благодаря выработке фитогормонов, улучшению транспорта воды и питательных веществ, а также увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур [22,с.701]. Полезное влияние микроорганизмов на рост и накопление биомассы связано с улучшением абсорбции питательных веществ тканями растения и продукцией различных вторичных метаболитов, регуляторов роста, хитинолитических ферментов, участвующих в защите от патогенов, и осмопротекторов, благодаря которым растения преодолевают абиотические стрессы [26,с.1195]. Рост растений может улучшаться напрямую благодаря вторичным метаболитам и фитогормонам, продуцируемым микробной клеткой эндофита [25,с.34]. Сильное ростстимулирующее влияние многих эндофитов объясняется также тем, что они могут превращать растительные эксудаты и макромолекулы в формы, усваиваемые другими ростстимулирующими микроорганизмами, что служит одним из механизмов биостимуляции роста растений [21,с.200]. Поскольку особую ценность приобретают формы со стабильной адаптацией [12,с.210], целью наших исследований явилась диагностика биологической адаптивности различных форм и сортов вишни на основе показателей эндофитной микробиоты, позволяющей быстро и надежно оценить и выделить формы, обладающие наиболее высоким потенциалом адаптации, для дальнейшей селекции и производства.

Тестирование различных форм и сортов вишни на наличие внутренней микробиоты путем посева эксплантов из различных органов на стерильные питательные среды, определение состава эндофитной микробиоты, изучение биологических особенностей выделенных патогенов в условиях чистых культур, изучение антагонистических свойств бактерий в отношении грибных патогенов методом двойных культур, а также изучение грибных патогенов на средах, содержащих токсины различных бактерий, проводилось с использованием научных руководств [10;11;1].

Общее состояние форм и сортов вишни оценивали согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [15]:

5 баллов - отличное состояние, прирост сильный, облиственность нормальная;

4 балла - хорошее состояние, прирост умеренный, облиственность нормальная;

3 балла - удовлетворительное состояние, растения ослаблены зимними повреждениями, наблюдаются засохшие скелетные ветви, прирост слабый;

2 балла - плохое состояние, растения угнетены, отмечается гибель основной части кроны, прирост очень слабый или только на отдельных менее поврежденных ветвях, листья мелкие, хлоротичные;

Изучение внутренней микробиоты у различных генотипов вишни показало, что наиболее высокий средний процент бактериальной микрофлоры имели высоко адаптированные сорта: Харитоновская (84,6%), Северянка (84,2%), Комсомольская (82,2%), Владимирская (81,6%). Достаточно высокие значения, превышающие 50%, имели показатели бактериальной микробиоты, выделенной при тестировании сортов Морозовка, Шоколадница, Тургеневка, Заранка, Орлица.

При изучении состава эндофитных микроорганизмов отмечено также наличие микробных ассоциаций, возникающих в результате адаптации микробиоты к растению, находящемуся в состоянии стресса, и условиям среды. Грибы, будучи эукариотическими организмами, также, как и растения, используют бактерию с целью адаптации к условиям среды, в том числе к внутренней среде растительного организма, в результате чего возникают микробные ассоциации. Поскольку смешанная микробиота является микробной ассоциацией, при взаимной индукции находящихся ней микроорганизмов она обладает более высокой токсичностью, чем отдельно взятый вид. Усиливая интоксикацию, она тем самым повышает уровень биотического стресса в растении [7,с.114].

Как показали проведенные исследования, наименьшим накоплением смешанной инфекции характеризовались сорта Харитоновская (7,2%), Комсомольская (8,4%), Морозовка (11,2%), Орлица (11,3%), Северянка (12,3%), Владимирская (11,2%).

Важным показателем адаптивного состояния растения, помимо бактериальной, грибной и смешанной микробиоты, является также отрицательный тест на микробиоту. Некоторые фитопатологи уже давно отмечали, что из усохших (некротических) растений микробиота, как правило, не выделяется. Известно также, что одной из важнейших характеристик стресса является паранекроз, т.е. состояние, близкое к некрозу. Реакция сверхчувствительности на патогены также основана на механизме некроза, включающем преобладание окислительных процессов в клетке над восстановительными. Если растение, находясь в состоянии стресса, получает дополнительный стресс, состояние паранекроза переходит в некроз. Следовательно, этот показатель находится в обратной связи с жизнеспособностью и адаптацией. Его в значительной степени отражает отрицательный тест на микробиоту [6,с.127]. Поэтому высокий процент отрицательных тестов свидетельствует о повышении уровня окислительного стресса и снижении адаптационной способности [12,с.211].

Согласно полученным данным, наиболее высокой адаптационной способностью характеризовались сорта Северянка (3,5%), Владимирская (7,2%), Харитоновская (8,2%), Комсомольская (9,4%), Морозовка (10,4%), Заранка (12,4%), в связи с чем они оказались лучшими по сравнению с другими формами в полевых условиях.

Изучение токсического действия выделенных при тестировании бактериальных штаммов в отношении фитопатогенных грибов методом двойных культур показало, что наиболее выраженным антагонистическим действием в отношении грибных патогенов обладали токсины бактерий, выделенных из сортов Морозовка, Северянка, Владимирская, Харитоновская, Комсомольская. Зона угнетения в этих вариантах варьировала от 14,8 мм до 22,4 мм.

Изучение грибных патогенов на средах, содержащих токсины бактерий, выделенных при тестировании, показало, что наибольшей фунгицидной активностью в отношении грибных изолятов обладали эндотоксины бактериальных штаммов, тестированных из однолетних побегов сортов, обладающих более высоким потенциалом адаптации: Владимирская, Комсомольская, Харитоновская, Северянка, Заранка, Морозовка. Исследования колоний грибных патогенов, росших на средах с бактериальными эндотоксинами, выявило выраженные признаки деградации, в частности, израстание, отсутствие спороношения, лизис мицелия.

Таким образом, показатели внутренней (эндофитной) микробиоты четко отражают уровень биологической адаптивности у различных форм и сортов вишни. На основе тестирования эндофитной микробиоты можно проводить определение запасов адаптации у различных форм и сортов плодовых культур и выявлять формы, обладающие более высоким потенциалом адаптации, для дальнейшей селекции и производства.

1. Билай В.И. Микроорганизмы возбудители болезней растений. -Киев,1988.-549с.
2. Бабина Р.Д., Хоружий П.Г., Баскакова В.Л., Чакалова Е.А., Гришаева Л.Ю., Коваленко Л.П. Оценка адаптивного потенциала генофондовой коллекции груши Никитского ботанического сада //Бюллетень ГНБС, 2020.-№137.-С.101-111.
3. Белкина Д.Д., Юрченко Е.Г.Б Карпова Д.В. Бактериальные и дрожжевые сообщества виноградной лозы сортов Молдова и Мерло //Научные труды СКФНЦСВВ. Биологизация процессов интенсификации в садоводстве и виноградарстве: материалы XI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 21-22 июля 2021 года.-Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021.-Т.33.-С.69-73.
4. Валитов А.В., Ахияров Б.Г., Исмагилов Р.Р., Закиров К.Т. Особенности выращивания корнесобственных саженцев вишни //Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. науч. тр.-Челябинск, 2015.-Т.ХVIII.-С.68-73.
5. Ищенко Л.А., Чеснокова И.Н. Выявление доноров устойчивости облепихи к усыханию на основе модели анализа признака по потомству //Бюллетень ЦГЛ им.И.В.Мичурина.-Мичуринск,1992.-№51.-С.10-14.

6. Ищенко Л.А., Чеснокова И.Н., Козаева М.И., Агаркова Е.Е. Стратегия садоводства в условиях абиотических и биотических стрессов у плодовых растений //Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. конф., 7-10 сентября 2004г.-Краснодар, 2004.-С.122-129.
7. Ищенко Л.А., Козаева М.И., Маслова М.В., Зайцева К.В., Акимов В.П., Логинов М.В., Колесников С.А. Диагностика состояния плодовых растений на основе показателей эндофитной микробиоты //Достижения науки и инновации в садоводстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня рождения лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки, профессора В.А.Потапова.-Мичуринск, 2009.-С.112-115.
8. Кружков А.В. Оценка сортов и форм вишни по ряду важнейших хозяйственно-биологических признаков //Развитие научного наследия И.В.Мичурина в решении проблем современного садоводства: материалы всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 165-летию со дня рождения И.В.Мичурина (26 октября-6 ноября 2020г.). -Мичуринск-наукоград РФ, 2021. -С.136-141.
9. Лукичева Л.А. Генофондовая коллекция черешни Никитского ботанического сада //Труды Никитского ботанического сада, 2010. -Т.132.-С.115-129.
10. Методы экспериментальной микологии. -Киев: Наукова думка, 1982. -550 с.
11. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. -Москва: Агропромиздат,1987. -224 с.
12. Маслова М.В. Роль показателей эндофитной микробиоты в оценке адаптационной способности различных форм и сортов косточковых растений // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: материалы междунар. конф., 7-10 сентября 2004. -Краснодар,2004.-С.209-214.
13. Никифорова Г.Г. Получение перспективных форм вишни путем отдаленной гибридизации //Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. науч. тр.-Челябинск, 2006.-Т.VIII.-С.108-114.
14. Плугатарь Ю.В., Смыков А.В., Опанасенко Н.Е. и др. К созданию промышленных садов плодовых культур в Крыму.-Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017.-212с.
15. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур.-Орел, 1999.-608с.
16. Смыков А.В., Горина В.М. Оценка взаимосвязи продуктивности некоторых косточковых культур с климатическими условиями Южного берега Крыма //Бюллетень ГНБС, 2018.-№129.-С.115-121.
17. Чивилев В.В., Кружков А.В., Кириллов Р.Е., Куликов В.Н. Оценка устойчивости сортов и форм груши, черешни и абрикоса к грибным заболеваниям //Вестник современных исследований, 2018.-№6.1(21).-С.294-296.
18. Юшков А.Н., Савельева Н.Н. Устойчивость иммунных сортов яблони к резким перепадам температуры после оттепелей //Перспективы северного садоводства на современном этапе: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию со дня основания Свердловской селекционной станции садоводства, 18-19 августа 2005 года, Екатеринбург.-Екатеринбург, 2005.-С.132-134.
19. Compant S., Clement C., Sessitsch A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role colonization, mechanisms involved and prospects for utilization //Soil Biology Biochemistry-2010.-№42.-P.669-678.
20. Friesen M.L., Porter S.S., Stark S.C, von Wetterberg E.L., Sachs J.L., Martinez-Romero E. Microbially mediated plant functional traits //Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics.-2011.-42:23-46.
21. Lima A.C., Pizauro Junior J.M., Macari M., Malheiros E.B. Efeito do uso de probiotico sobre o desempenho e a atividade de enzimas digestivas de frangos de corte //Revista Brasileira de Zootecnia.-2003.-32:200-207.
22. Ortiz-Castro R., Contreras-Cornejo H., Macias-Rodriguez L., Lopes-Bucio J. The role of microbial signals in plant growth and development //Plant Signaling-Behavior.-2007.-4:701-712.
23. Koumoutsis A., Chen X.-H., Henne A., Liesegang H., Hitzeroth G., Franke P., Vater J., Borriss R. Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB 42 //J.Bacteriol.-2004.-V.186.-№4.-P.1084-1096.
24. Rosenblueth M1., Martinez-Romero E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts //MPMI.-2006.-V.19.-№18.-P.827-837.
25. Rashad F.M., Fathy H.M., El-Zayat A.S., Elghonaimy A.M. Isolation and characterization of multifunctional *Streptomyces* species with antimicrobial, nematicidal and phytohormone active properties from marine environments in Egypt //Microbiol. Res.-2015.-175.-P.34-47.
26. Sziderics A.H., Rasche F., Trognitz F., Sessitsch A., Wilhelm E. Bacterial endophytes contribute to abiotic stress adaptation in pepper plants (*Capsicum annum* L.) //Can. J. Microbiol.-2007.-53:1195-1202.



Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№113, Сентябрь 2024**

Часть 6

Подписано в печать 25.09.2024. Тираж 400 экз.
Формат.60x84 1/16. Объем уч.-изд. л.9,21
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович