



Παράδειγμα

Парадигма

Paradigma

Ελεκτρονικό
επιστημονικό
εγχειρίδιο

№5 2025

Μέρος 2. Τεχνολογίες

Парадигма

Електронно
научно списание

БРОЙ 5/2025

Часть 2

Издател:

"ЦЕНТЪР ЗА НАУЧНИ
ИЗСЛЕДВАНИЯ И
ИНФОРМАЦИЯ
"ПАРАДИГМА"" ЕООД
БЪЛГАРИЯ, гр. Варна

9002,

р-н Одесос, ул.

Опълченска No 27

E-mail:

niiparadigma@gmail.com

www.paradigma.science

ISSN 2367-8658

Договори на размещение:

eLIBRARY.RU
CYBERLENINKA



Публикационна политика:



Редакционен съвет

Абакаров Д. К., к.с.н. (г. Брянск, Россия); **Анжиганова Л. В.**, д.ф.н., профессор (г. Абакан, Россия); **Антамошкин А. Н.**, д.т.н., профессор (г. Красноярск, Россия); **Арпентьева М. Р.**, д. психол. наук, доцент, член-корреспондент РАЕ академик МАЕ (г. Калуга, Россия); **Багоцкий С. В.**, к.б.н., доцент МИОО, ученый секретарь Московского общества испытателей природы (г. Москва, Россия); **Белобрыкина О. А.**, к.психол.н., доцент, академик Академии полярной медицины и экстремальной экологии человека (г. Новосибирск, Россия); **Блюмин С. Л.**, д.ф.-м.н., профессор (г. Липецк, Россия); **Бобкова Е. Ю.**, к.пед.н., доцент (г. Самара, Россия); **Валитова И. Е.**, к.пс.н., (г. Брест, Республика Беларусь); **Галкина А. И.**, с.н.с., начальник отдела ФГБНУ "ИУО РАО", руководитель Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование», почетный работник науки и техники РФ (г. Москва, Россия); **Галчева К. Б.**, доцент, доктор по педагогика Пловдивски университет „П.Хилендарски“ (г. Пловдив, Республика България); **Заславский А. А.**, к. пед. наук, доцент, (г. Москва, Россия); **Заславская О. Ю.**, д.пед.н., профессор; **Землянухина Н. С.**, д.э.н., профессор (г. Саратов, Россия); **Землянухина С. Г.**, д.э.н., профессор (г. Саратов, Россия); **Ищанова Г. Т.**, к.э.н., (г. Алматы, Казахстан); **Капрусова М. Н.**, к.ф.н., доцент (г. Борисоглебск, Россия); **Костригин А. А.** (г. Нижний Новгород, Россия); **Кошенова М. И.**, к.пс.н., доцент, зав.каф. социальной психологии и виктимологии (г. Новосибирск, Россия); **Кравец О. Я.**, д.т.н., профессор (г. Воронеж, Россия); **Магсумов Т. А.**, к.и.н., доцент (г. Набережные Челны, Россия); **Няголова М. Д.**, канд. психол. наук, доцент истории психологии Великотърновского университета имени Святых Кирилла и Мефодия (г. Велико Търново, Республика България); **Останков А. В.**, д.т.н., профессор (г. Воронеж, Россия); **Перова М. Б.**, д.э.н., профессор (г. Вологда, Россия); **Поляков Ю. А.**, к.т.н., доцент, (г. Москва, Россия); **Садчиков А. П.**, д.б.н., профессор Международного биотехнологического центра МГУ имени М.В.Ломоносова, вице-президент Московского общества испытателей природы (г. Москва, Россия); **Саенко Л. В.**, к.ю.н., доцент (г. Саратов, Россия); **Седов В. А.**, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники (г. Владивосток, Россия); **Седова Н. А.**, к.т.н., доцент (г. Владивосток, Россия); **Семенютина А. В.**, д.с.-х.н., зав. отделом биологии древесных растений ВНИАЛМИ (г. Волгоград, Россия); **Сидоровнин Г. П.**, директор Европейского Столыпинского инфоцентра (г. Майнц, Германия); **Соловьева А. Г.**, к.б.н., профессор РАЕ, с.н.с. (г. Нижний Новгород, Россия); **Суркова И. Ю.**, д. социол. н., доцент (г. Саратов, Россия); **Терехова А. А.** к.пед.н. (г. Самара, Россия), **Трендафилова А. Т.**, ассистент Факультета общественного здоровья Медицинский университет-София (г. София, республика България); **Фурсов А. Л.**, к.э.н., директор научно-исследовательского института «Парадигма» (г. Саратов, Россия); **Хусяинов Т. М.** (г. Нижний Новгород, Россия)

Главен редактор
Андрей Фурсов

УДК 521.1:629.78

*Быканова У.Ф., Фернандез Ф.В.Л., Гутьеррес Б.Э.Х., Сметанин И.А.,
Сметанин Е.А.*

РУДН им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Математическая модель прогнозирования невозмущенного орбитального движения космического аппарата

Аннотация: В статье рассмотрены основные характеристики невозмущенного движения космических аппаратов, представлен метод решения задачи двух тел для прогнозирования орбитального движения космического аппарата при Кеплеровом движении по эллиптической орбите. При выводе дифференциальных уравнений движения ИСЗ считаем Землю и спутник в виде материальных точек с соответствующими массами, которые движутся друг относительно друга лишь под действием сил взаимного притяжения.

Ключевые слова: орбита, невозмущенное движение, космический аппарат, законы Кеплера, итерационный метод Ньютона.

Bykanova U.F., Fernandez F.V.L., Gutierrez B.E.J., Smetanin I.A., Smetanin E.A.

A mathematical model for predicting the undisturbed orbital motion of a spacecraft

Abstract: The article considers the main characteristics of the undisturbed motion of spacecraft, presents a method for solving the two-body problem for predicting the orbital motion of a spacecraft during Keplerian motion in an elliptical orbit. When deriving the differential equations of motion of the satellite, we consider the Earth and the satellite as material points with corresponding masses that move relative to each other only under the action of mutual attraction forces.

Key words: orbit, undisturbed motion, spacecraft, Kepler's laws, Newton's iterative method.

Введение. Траектория, по которой движется в полёте искусственный спутник Земли (космический аппарат (КА), небесное тело), называется орбитой. В зависимости от характера сил, действующих на спутник в полёте, траекторию делят на участки, где действуют гравитационные и инерционные силы, и участки, где дополнительно прикладывается вектор силы от бортовых двигателей. Первый вид движения называется свободным полётом, второй вид – активным движением, или маневрированием [1, с. 5].

Если при определении траектории движения спутника подразумевают его движение под действием только силы притяжения Земли, с одним

притягивающим центром в центре масс Земли, то такое движение называют невозмущённым или Кеплеровым [2, с. 12].

Прогнозирование орбитального движения космических аппаратов (КА) остается ключевой задачей как для фундаментальной науки, так и для прикладных космических программ. С развитием спутниковых технологий и увеличением количества объектов на околоземной орбите точное моделирование траекторий становится критически важным для предотвращения столкновений, оптимизации миссий и долгосрочного планирования. Невозмущенные модели, несмотря на свою идеализированность, служат основой для более сложных расчетов, учитывающих возмущения от гравитации Луны, солнечного давления и сопротивления атмосферы. Таким образом, изучение Кеплерова движения не только формирует теоретическую базу, но и обеспечивает инструменты для инженерных решений в реальных условиях [1, 5].

Работы в области небесной механики, начиная с классических трудов Кеплера и Ньютона, заложили основы описания орбитальной динамики. Однако современные вычислительные методы, такие как итерационные алгоритмы, позволяют решать уравнения движения с высокой точностью, что особенно важно при проектировании маневров для спутников дистанционного зондирования или навигационных систем. В данной статье акцент сделан на применении метода Ньютона для решения уравнения Кеплера, что демонстрирует преемственность между классическими подходами и современными численными методами [3, 7].

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании низкобюджетных спутниковых миссий, где упрощенные модели позволяют снизить вычислительные затраты. Например, расчет параметров переходной эллиптической орбиты после коррекции скорости важен для доставки малых КА на целевые высоты. Кроме того, модель служит учебным инструментом для студентов, изучающих основы астродинамики, демонстрируя взаимосвязь между теоретическими законами и их инженерной реализацией [6, 8].

Постановка задачи. КА стартует с круговой орбиты вокруг Земли высотой $H_{кр}$. Время работы разгонного двигателя не учитывается, и полагается, что круговая скорость КА $V_{кр}$ км/с, измеряется мгновенно на величину ΔV . В число исходных данных включены гравитационный параметр μ и средний радиус Земли R .

Рассматривается движение КА, как материальной точки, в центральном поле притяжения Земли без учета возмущающих воздействий.

В соответствии с законами механики полета траектория при сделанных допущениях является дугой конического сечения (эллипса, параболы или гиперболы) [3, с. 11], причем перигей орбиты полета

совпадает с точкой старта. В нашем решении КА будет двигаться по эллиптической орбите (рис. 1).

Необходимо сделать прогноз движения КА: для ряда последовательных моментов времени $t_1, t_2 \dots$ определить положение КА на траектории, то есть найти угол истинной аномалии $\acute{u}$, расстояние r от центра земли, трансверсальную V_n и радиальную V_r составляющие скорости, модуль скорости V .

Время прохождения через перигей возьмём за ноль, так как в начальный момент времени после выключения разгонного двигателя КА находится в перигее орбиты.

В рамках задачи предполагается, что Земля представляет собой идеальную сферу с равномерным распределением массы, а гравитационное поле аппроксимируется законом всемирного тяготения для материальных точек. Влияние внешних факторов, таких как гравитация Луны, солнечное излучение или неоднородность земной атмосферы, исключается. Это позволяет сосредоточиться на анализе «чистого» эллиптического движения, что соответствует учебным целям и начальным этапам проектирования миссий. Для проверки точности модели в работе используется значение эксцентриситета e , полученное из начальных условий $H_{кр}=300$ км $\Delta V=1.5$ км/с, что обеспечивает переход на орбиту с апогеем, значительно превышающим исходную высоту.

В результате расчетов предполагается получить зависимости радиальной V_r , трансверсальной V_n и полной V скоростей от времени, а также динамику радиус-вектора r . Ожидается, что минимальная скорость будет достигнута в апогее, а максимальная — в перигее, что согласуется со вторым законом Кеплера. Полученные графики позволят визуализировать неравномерность движения по эллипсу и провести сравнительный анализ с теоретическими предсказаниями. Данные результаты могут быть использованы для валидации более сложных моделей, учитывающих возмущения.

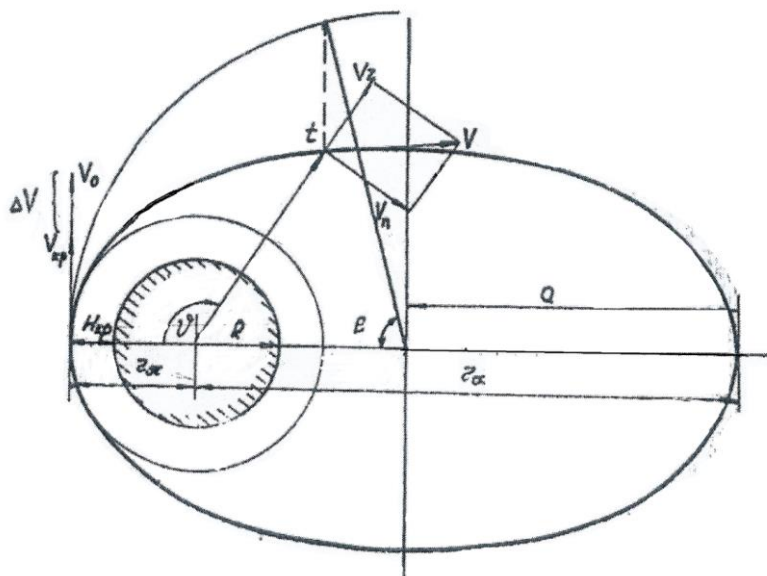


Рис. 1 Движение КА по эллиптической орбите

Вычисление и вывод параметров орбиты. Параметры, по которым можно вычислять координаты и скорости спутника на любой момент времени в инерциальной системе отсчёта называют элементами орбиты. По своему назначению элементы орбиты делятся на три группы.[4, 5] Мы используем только группу элементов, характеризующую размеры и форму орбиты:

$$\begin{aligned} a &= -\frac{\mu}{h} & e &= \frac{\lambda}{\mu} & r_n &= \frac{p}{1+e} & r_a &= \frac{p}{1-e} \\ V_0 &= \sqrt{\frac{\mu}{R + H_{кр}}} + \Delta V & T &= 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} & h &= V_0^2 - \frac{2\mu}{R + H_{кр}} \quad (1) \\ b &= a\sqrt{1-e^2} & p &= a(1-e^2) \end{aligned}$$

где V_0 - скорость движения по эллиптической орбите (меньше параболической скорости на высоте H круговая;

h - постоянная интеграла энергии;

a - большая полуось орбиты;

e - эксцентриситет орбиты;

p - фокальный параметр орбиты;

b - малая полуось;

r_n - радиус орбиты в перигее;

r_a - радиус орбиты в апогее;

T - период обращения.

Метод решения. Для решения поставленной задачи необходимо для ряда последовательных моментов $t_1, t_2, \dots$ найти угол эксцентрической аномалии E , отталкиваясь от которого мы сможем решить трансцендентное уравнение и найти угол истинной аномалии ϑ , расстояние r от центра Земли, трансверсальную V_n и радиальную V_r составляющие

скорости, модуль скорости V . [6, 7] Требуется решить уравнение Кеплера для эллиптической орбиты:

$$E - e \sin E = M, \quad (2)$$

где E – угол эксцентрической аномалии, рад;

e – эксцентриситет орбиты;

M – угол среднего движения по эллиптической траектории, рад.

Используем итерационный метод Ньютона для решения данного уравнения, чтобы найти корни с заданной точностью. [8] В качестве начального приближения X_0 будем брать M :

$$M = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} (t - \tau), \quad (3)$$

где μ – гравитационный параметр Земли, $\text{км}^3/\text{с}^2$;

a – большая полуось орбиты, км;

t — текущее время, с;

τ — момент времени рождения через перицентр, с.

Далее вычисляем $f(E)$ и $f'_E(E)$ в точке начального приближения

$f(M)$, $f'_E(M)$

$$f(E) = E - e \sin E - M$$

$$f'_E(E) = 1 - e \cos E$$

Вычисляем первое приращение аргумента:

$$\Delta E_{(1)} = - \frac{f(M)}{f'_E(M)}, \quad (4)$$

Вычисляем первое приближения корня по формуле:

$$E_{(1)} = E_{(0)} + \Delta E_{(1)}, \quad (5)$$

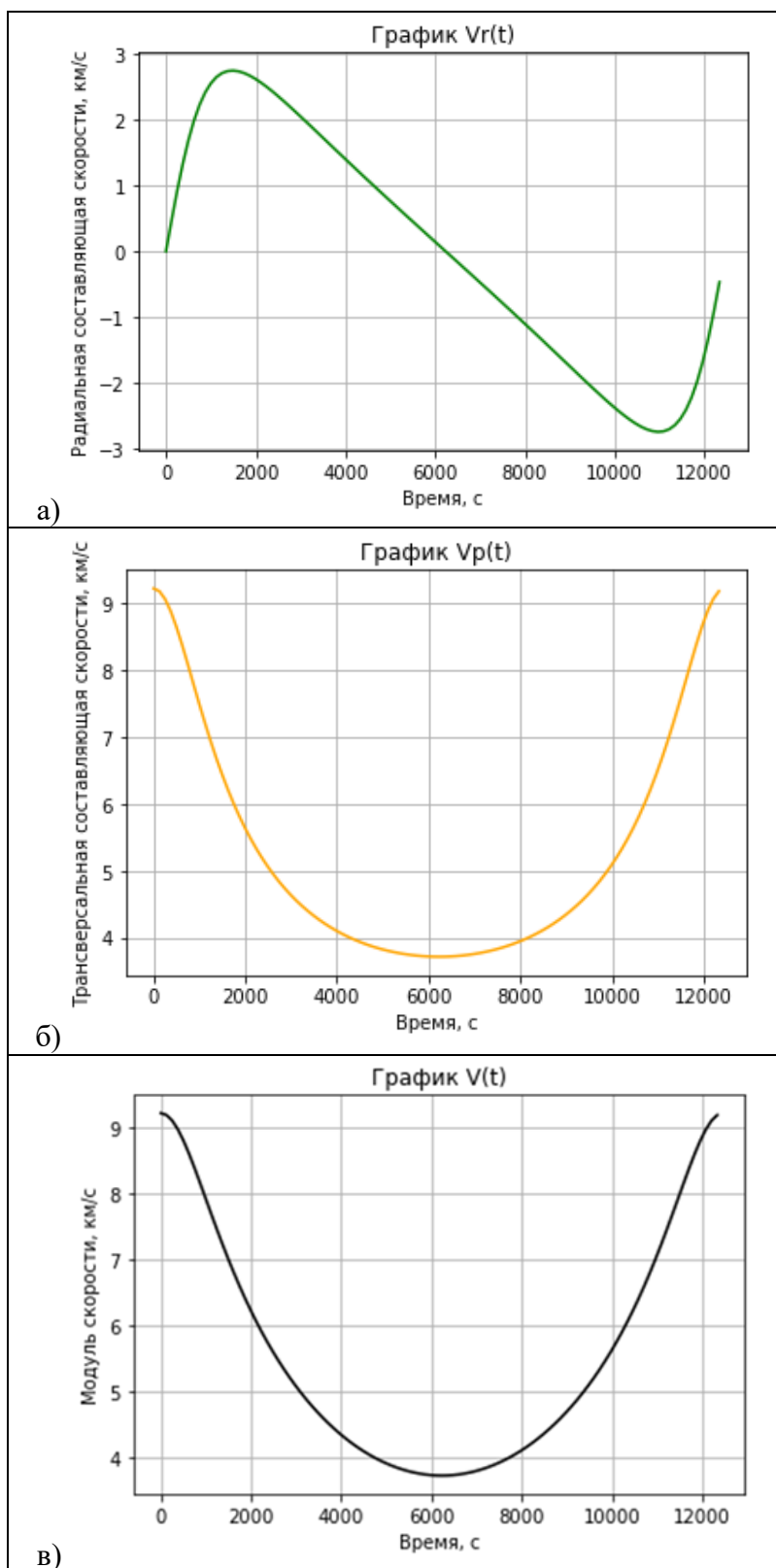
Анализируем выполнения критерия прекращения расчетов (нахождения корня):

$$|\Delta E_{(1)}| < \varepsilon, \quad (6)$$

где $\varepsilon = 10^{-11}$.

Если условие (6) выполняется то, считается, что решение уравнения (2) с точностью ε найдено. Если условие (6) не выполняется, то процесс расчетов, начиная вычисления $f(E)$ и $f'_E(E)$ повторяется, только вместо начального приближения ставится первое приближение, и находится уже второе приближения $E_{(2)}$. Итерации продолжаются до тех по, пока не выполнится условие (6).

Графическое представление результатов. Ниже представлены результаты вычислений, полученные для КА, стартующего с круговой орбиты Земли с высотой $H_{кр}=300\text{км}$, если приложен мгновенный импульс скорости $\Delta V=1.5 \text{ км/с}$



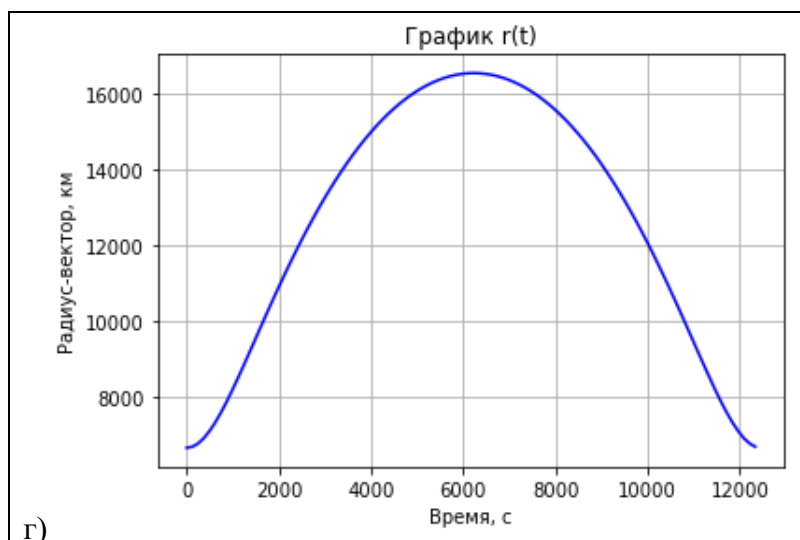


Рис. 2 а) Радиальная составляющая скорости КА на эллиптической орбите; б) Трансверсальная составляющая скорости КА на эллиптической орбите; в) Полная скорость КА на эллиптической орбите; г) Радиус-вектор КА на эллиптической орбите

Вывод. В ходе исследования зависимости параметров орбиты от времени были получено

Радиальная составляющая скорости (рис.2, а) изменяется от 0 км/с до 2.756 км/с, при этом в перигее и апогее эта составляющая скорости равна нулю.

Трансверсальная составляющая скорости (рис.2, б) изменяется от 9.230 км/с в перигее до 3,717 км/с в апогее.

Таким образом, полная скорость аппарата (рис.2, в), который в результате приложения разгонного импульса перешел с круговой орбиты на эллиптическую, будет минимальной 3,717 км/с в апогее полученной новой эллиптической орбиты, и достигать максимального значения в перигее - 9,230 км/с. Движение по эллиптической орбите не равномерное. Чем больше КА отдаляется от перигея, тем меньше его скорость, минимальная достигается в самой удаленной точке орбиты апогее, а при движении от апогея к перигею скорость растет от минимального значения до максимального.

На рис. 2, г приведено изменение радиус-вектора при движении по эллиптической орбите. КА переходит на эллиптическую орбиту с круговой в перигее, радиус-вектор 6671,000 км. Максимальное значение радиус-вектора 16563,123 км в апогее.

Заметим, что чем больше радиус-вектор, тем меньше скорость КА. В перигее максимальная скорость и минимальный радиус, в апогее - максимальный радиус и минимальная скорость.

Полученная математическая модель прогнозирования орбитального движения КА может быть использована для предварительного проектирования миссий, требующих перехода между орбитами, таких как вывод спутников на геостационарную орбиту или коррекция траектории межпланетных аппаратов. Упрощенный подход, исключаящий

возмущающие факторы, позволяет быстро оценивать ключевые параметры движения, что особенно актуально для малых космических аппаратов с ограниченными вычислительными ресурсами. Например, алгоритм на основе метода Ньютона может быть интегрирован в бортовые системы управления для автономного расчета маневров в реальном времени.

Основное ограничение исследования связано с идеализацией гравитационного поля Земли и игнорированием внешних возмущений. В реальных условиях неравномерность распределения массы Земли, влияние атмосферы на низких орбитах и гравитационные эффекты со стороны Луны и Солнца могут привести к отклонениям от прогнозируемой траектории. Для повышения точности модель может быть дополнена возмущающими членами, такими как зональные гармоники геопотенциала или учет сопротивления атмосферы, что требует применения методов небесной механики высокого порядка.

В будущей работе целесообразно расширить модель, включив анализ возмущенного движения с использованием численных методов, таких как интегрирование уравнений движения методом Рунге-Кутты. Это позволит оценить устойчивость орбиты к долгосрочным воздействиям и спрогнозировать эволюцию элементов орбиты под влиянием внешних факторов. Кроме того, актуальным направлением является разработка гибридных алгоритмов, сочетающих аналитические решения Кеплеровой задачи с машинным обучением для автоматической коррекции траекторий в условиях неопределенности.

Представленная модель служит эффективным учебным инструментом для студентов, изучающих основы астродинамики и численные методы. Она демонстрирует связь между теоретическими законами Кеплера и их практическим применением, а также подчеркивает важность итерационных алгоритмов в современных инженерных расчетах. Результаты исследования могут быть использованы в курсах по проектированию космических систем, а также стать основой для более сложных учебных проектов, таких как симуляторы орбитальных маневров или анализ миссий CubeSat.

Список литературы

1. Элементы орбиты и законы Кеплера. Основные формулы невозмущённого движения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5169716/>
2. Абламейко С.В. Малые космические аппараты: пособие для студентов факультетов радиофизики и компьютер. технологий, мех.-мат. и геогр. / С. В. Абламейко, В.А. Саечников, А.А. Спиридонов. – Минск: БГУ, 2012. – 159 с.
3. Рой А. Движение по орбитам. – М.: Мир, 1981. – 544 с.
4. Белоконов В.М. Основы теории полёта космических аппаратов: конспект лекций/ В.М. Белоконов -Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. -77 с.
5. Херрик С. Астродинамика. – М.: Мир, 1976

6. Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А. Б Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы: Учеб. пособие. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. — 178 с.
7. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы.— М.: Наука, 1968. — 800 с.
8. Крылов В.И. Основы теории движения ИСЗ (часть первая: невозмущённое движение): учебное пособие. — М.: МИИГАиК, 2015. — 52 с.

Сведения об авторах:

Быканова Ульяна Федоровна, студент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Фернандес Фернандес Ванеса Лизет, студент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Гутьеррес Бенавидес Эстебан Хосуэ, студент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Сметанин Илья Алексеевич, студент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Сметанин Егор Алексеевич, студент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Bykanova Uliana Fedorovna, student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia, Moscow

Fernandez Fernandez Vanesa Lisette, student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia, Moscow

Gutierrez Benavides Esteban Josue, student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia, Moscow

Smetanin Ilya Alekseevich, student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia, Moscow

Smetanin Egor Alekseevich, student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia, Moscow

УДК 004.415

Валиахметов А.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Подход Test as Code: опыт применения и оценка эффективности тестирования

Аннотация: в статье рассматривается использование подхода Test as Code в одном из ИТ проектов нефтегазовой компании. Сформулированы показатели для оценки эффективности рассматриваемого подхода в разрезе процессов тестирования. По выбранным показателям зафиксированы значения до и после применения подхода Test as Code. В конце работы сделаны выводы о перспективности подхода и необходимости его использования в дальнейшем.

Ключевые слова: программное обеспечение, тестирование, эффективность, система управления тестированием, Test as Code

Valiakhmetov A.A.

The test as code approach: application experience and evaluation of test effectiveness

Abstract: The article examines the use of the Test as Code approach in one of the IT projects within the oil and gas industry. A set of indicators has been formulated to assess the effectiveness of this approach in the context of software testing processes. The selected metrics were measured before and after the implementation of the Test as Code methodology. The study concludes with an evaluation of the potential of the approach and the rationale for its further application.

Key words: software, testing, effectiveness, test management system, Test as Code.

Понятие «Test as Code» как и другие схожие понятия (например, «Docs as Code» и «Infrastructure as Code») входит в понятие «Everything as Code» или «As Code».

Концепция As Code возникла как ответ на ключевые вызовы ИТ-индустрии: рост сложности систем и ускорение темпов изменений. Она была естественным продолжением эволюции разработки – код стал не только инструментом создания программ, но и способом управления инфраструктурой, документацией, архитектурой и политикой [1].

В условиях стремительного развития индустрии программного обеспечения обеспечение высокого качества выпускаемых продуктов становится одной из ключевых задач. Традиционные методы ручного тестирования уже не отвечают современным требованиям к скорости и надежности, что приводит к активному внедрению автоматизации тестирования. Одним из наиболее перспективных подходов в этой области является концепция Test as Code (TaC), которая предполагает описание тестовых сценариев в виде программного кода, а не использование специализированных графических интерфейсов или отдельных файлов.

Подход «Тестирование как код» основан на нескольких основополагающих принципах. Во-первых, тестовые сценарии хранятся в той же системе контроля версий, что и исходный код приложения. Это

позволяет легко отслеживать изменения, проводить ревью и совместно работать над тестами в рамках команды. Во-вторых, тесты интегрируются в процесс непрерывной интеграции и доставки (CI/CD), что обеспечивает их автоматический запуск при каждом изменении кода. В-третьих, такой подход способствует повторному использованию кода тестов и их масштабированию, что особенно важно при работе над крупными проектами.

Применение подхода Test as Code

Идея использовать данный подход появилась после новости о принудительном изменении инфраструктуры внутри проекта. Неудобство этой перемены состоит, в частности, в том, что TMS и UAT находятся на разных серверах. Между этими серверами нет хорошего канала связи для передачи данных.

Краткая информация о TMS и UAT:

Система управления тестированием (Test Management System, TMS) – инструмент для планирования, организации, выполнения и анализа тестирования программного обеспечения [2].

UAT – это тестовая среда, на которую разворачивается программный продукт. UAT позволяет проверить работу приложения до его передачи конечным пользователям.

При подготовке к использованию подхода Test as Code была определена структура папок для хранения тестовых сценариев и других сопутствующих файлов. Были написаны функции, позволяющие выполнять тесты, а также реализована визуализация результатов тестирования.

Поработав с данным подходом какое-то время, у специалистов сформировалось мнение о его удобстве и особенностях. Также появился опыт работы на реальных задачах. Практические данные помогут оценить эффективность и целесообразность использования подхода.

Для оценки будут выбраны показатели эффективности. По ним будут сравниваться значения до и после применения подхода Test as Code в рассматриваемом проекте.

Выбор показателей эффективности

Параметры были выбраны более доступные для наблюдения на практике. В тоже время они соответствуют целям внутри проекта и контексту изменения подхода.

Список показателей и объяснение их выбора:

1. Время тестирования регрессионного тест-плана (человеко-часы) – регрессионный тест-план содержит проверки реализованного функционала в программном продукте. В команде этот план тестируется перед каждым выпуском релиза. Показатель является достаточно важным, поскольку от него зависит скорость принятия решений о согласовании обновлений.

2. Количество найденных дефектов (шт./мес.) – показатель, который поможет выявить разницу в восприятии сотрудников одних и тех же проверок. В первом случае тест-план был описан словами и находился в TMS, во втором – хранился в репозитории в формате кода. Количество дефектов будет посчитано в среднем за месяц до и через месяц после внедрения Test as Code на проекте. Сами значения легко отслеживаются по бэклогу.

3. Технические компетенции (шкала от 1 до 10) – показатель, который отражает стремление организации в воспитании full stack тестировщиков. Это такие специалисты, которые умеют писать и ручные, и автоматизированные тесты. Показатель будет оцениваться лидером команды тестирования. После внедрения Test as Code ожидается рост по данному показателю, потому что подход подразумевает работу специалистов со средой разработки (IDE) и системой контроля версий (GIT).

4. Готовность UI тестов к автоматизации (шкала от 1 до 10) – этот показатель демонстрирует, насколько ручные тесты будут легко преобразовываться в автоматизированные. Этот показатель соответствует потребности проекта в автоматизации тестирования и поэтому является важным.

Оценка эффективности

Для результирующего значения эффективности до и после применения Test as Code в расчет добавлен вес каждого параметра. Вес будет подобран по степени важности показателя для проекта и организации.

Для расчета эффективности использована следующая формула:

$$E = \frac{W * K_1 + U * K_2 + A * K_3}{T * K_4}$$

где:

W – Количество найденных дефектов, шт./мес.;

U – Технические компетенции, шкала от 1 до 10;

A – Готовность UI тестов к автоматизации, шкала от 1 до 10;

T – Время тестирования регрессионного тест-плана, человеко-часы.;

K₁, K₂, K₃, K₄ – веса параметров W, U, A, T соответственно.

Показатели W, U, A в совокупности представляют результат. Чем результат выше, тем выше сам эффект. Поэтому эти показатели располагаются в числителе. Показатель времени тестирования представляет затраты, в большей степени, на человеческие ресурсы. Соответственно, эффект будет выше, если выполнение планов тестирования будет занимать меньше времени.

Коэффициенты, обозначающие веса показателей, были подобраны следующим образом:

K₁ (Количество найденных дефектов, W) = 0,25

K_2 (Технические компетенции, U) = 0,2

K_3 (Готовность UI тестов к автоматизации, A) = 0,15

K_4 (Время тестирования регрессионного тест-плана) = 0,4

Полученные значения показателей и эффективности представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Сравнение результатов до и после использования Test as Code

Показатель	До внедрения подхода	После внедрение подхода	Прирост в %
Время выполнения регрессионного тест-плана, человеко-часы	36	24	-33,33
Количество найденных дефектов, шт./мес.	9	11	22,22
Развитие технических компетенций, шкала от 1 до 10	4	8	100,00
Готовность к автоматизации, шкала от 1 до 10	3	7	133,33
Эффективность	0,24	0,56	131,43

Использованный подход на цифровом проекте позволил улучшить важные показатели для команды. Так, в полтора раза сократилось время регрессионного тестирования. Немного увеличилось количество найденных ошибок, это может быть связано с тем, что новое решение настаивает на подтверждении каждого шага перед переходом к следующему. Отмечается рост вовлеченности молодых специалистов, которые начали работать с новыми для себя инструментами. Вдобавок, UI тесты стали более подготовленными для дальнейшей автоматизации.

Итоговое значение эффективности, которое также учитывало вес каждого показателя, увеличилось с 0,24 до 0,56, что соответствует приросту в 131,43%. Выявлено, что Test as Code является перспективным направлением, и дальнейшее его применение является целесообразным решением.

Практический опыт внедрения Test as Code в различных проектах позволяет выделить ряд преимуществ. Например, автоматизация тестирования значительно сокращает время обнаружения ошибок, поскольку тесты запускаются сразу после внесения изменений в код. Это особенно актуально для проектов с микросервисной архитектурой, где даже незначительные изменения могут привести к серьезным проблемам в работе системы. Кроме того, этот подход позволяет автоматизировать сложные интеграционные и сквозные тесты, которые традиционно выполнялись вручную и занимали много времени. В результате команды

получают возможность быстрее выявлять и устранять ошибки, что положительно сказывается на качестве продукта.

Несмотря на очевидные преимущества, подход Test as Code имеет ряд ограничений. Прежде всего, для написания и поддержки тестов требуются специалисты с техническими навыками программирования, что может быть затруднительно для небольших команд или начинающих разработчиков. Кроме того, начальный порог для внедрения ТаС выше, чем для традиционных инструментов тестирования, что требует дополнительных временных и финансовых затрат на обучение персонала.

В заключение можно отметить, что подход Test as Code является эффективным инструментом для повышения качества тестирования и ускорения процессов разработки программного обеспечения. Интеграция тестов в общую кодовую базу, автоматизация их запуска и сопровождения позволяют командам разработчиков быстрее реагировать на изменения и сокращать количество ошибок в конечном продукте. Несмотря на необходимость наличия технических навыков, преимущества этого подхода делают его перспективным направлением для внедрения в современных командах разработчиков.

Список литературы

1. Tproger – все о программировании: статья Максима Морева. [Электронный ресурс]. URL: <https://tproger.ru/articles/pochemu-as-code---eto-ne-prosto-trend--a-novaya-realnost-razrabotki>
2. ТестОпс: статья «Что такое система управления тестированием». [Электронный ресурс]. URL: <https://qatools.ru/blog/what-is-a-TMS/>
3. Гиматдинов Д.М., Герасимов А.Ю., Привалов П.А., Буткевич В.Н., Чернова Н.А., Горелова А.А. Автоматизированная система тестирования инструментов статического анализа кода. Труды ИСП РАН, том 33, вып. 3, 2021 г., стр. 41-50. DOI: 10.15514/ISPRAS-2021-33(3)-3
1. Satapathy S.C. et al. Usage of machine learning in software testing // Automated Software Engineering: A Deep Learning-Based Approach. - 2020. - С. 39-54.

Сведения об авторе:

Валиахметов А.А., студент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Valiakhmetov A.A., student, Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

УДК 004.032.26

Хить Я.В., Тютюник Н.П., Сергачёв В.Д.

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Нейронная сеть скрытой диффузии неоднородных облаков точек

Аннотация: В данной статье автором рассмотрен метод применения диффузии с текстовыми подсказками в генерации неоднородных облаков точек посредством диффузионной нейронной сети. Авторами предложена усовершенствованная архитектура нейронной сети скрытой диффузии, способная эффективно обрабатывать и синтезировать сложные пространственные структуры. Рассмотрен метод интеграции текстовых подсказок для описания синтезируемых моделей. Практическая значимость исследования заключается в потенциальном применении модели в 3D-реконструкции, компьютерной графике, дополненной реальности и обработки облаков точек.

Ключевые слова: нейронная сеть, облако точек, диффузия, 3d, Машинное обучение

Although Ya.V., Tyutyunnik N.P., Sergachev V.D.

Neural network of latent diffusion of heterogeneous point clouds

Abstract: In this article, the author discusses a method for using diffusion with text prompts in generating heterogeneous point clouds using a diffusion neural network. The authors propose an improved architecture of a latent diffusion neural network capable of efficiently processing and synthesizing complex spatial structures. A method for integrating text prompts to describe synthesized models is considered. The practical significance of the research lies in the potential application of the model in 3D reconstruction, computer graphics, augmented reality and point cloud processing.

Keywords: neural network, point cloud, diffusion, 3d, Machine Learning

В последнее время в машинном обучении начали набирать большую популярность диффузионные нейронные сети, применяемые для решения задач генерации данных. В этой работе описаны процессы создания и предобучения диффузионной модели ИИ, предназначенной для генерации 3-х мерных облаков точек на основе текстового описания (промта). Также, описан процесс интеграции в архитектуру модели текстового энкодера для обработки текста промта.

Диффузионные вероятностные модели — это класс генеративных моделей, идея которых взята из неравновесной термодинамики (non-equilibrium thermodynamics). В основе диффузии облака точек лежит цепь Маркова (последовательность случайных событий с конечным или счётным числом исходов, где вероятность наступления каждого события зависит только от состояния, достигнутого в предыдущем событии),

постепенно добавляющую шум к данным в направлении, противоположном направлению выборки, пока оригинальная выборка не будет уничтожен. Если диффузия состоит из небольшого количества гауссовского шума, достаточно задать переходы цепочки выборки условными гауссинами, что позволяет особенно просто параметризовать нейронную сеть. [1]

Целью работы является построить модель диффузионной нейронной сети с скрытом набором данных для генерации вероятностного распределения данных на основе текстовых запросов. За основу взята модель описанная ранее в [7]. В отличие ddpm представленной в [7], эта сеть основана на ldm(latent diffusion model) то есть нейронная сеть работает с скрытыми данными. Есть два основных этапа: forward process (зашумление — а именно, потеря фигурой своей начальной формы), reverse process (генерация — попытка расставить точки в позиции, в которых они были до зашумливания).[7]

Во время forward process случайный шум непрерывно вводится в облако точек через цепь Маркова. И существует взаимосвязь отображения точка-точка между зашумленными облаками точек соседних временных меток. [2][7]

$$q(x_{t:1} \vee x_0) = \prod_{t=1} q(x_{t-1} \vee x_t)$$

Формально, учитывая чистое облако точек x_0 , содержащее n точек из реального распределения данных, процесс диффузии постепенно добавляет гауссовский шум к x_0 за T временных шагов

$$q(x_t \vee x_{t-1}) = N(x_t; \sqrt{1 - \beta_t}x_{t-1}, \beta_t I) \quad (1)$$

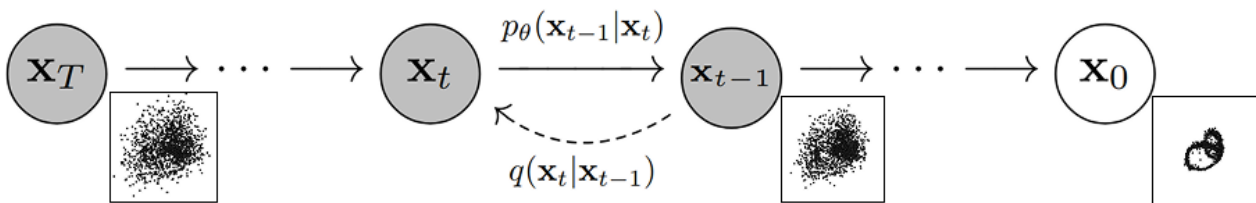


Рис. 1. Схематичное описание forward process, reverse process

(1) где гиперпараметры β_t представляют собой некоторые заранее определенные малые константы и постепенно увеличиваются с течением времени. X_t берется из Гауссовского распределения со средним значением $\sqrt{1 - \beta_t}x_{t-1}$ и переменной β_t . То есть, он лежит в пределах от 0

до 1, при этом каждый последующий β_t должен быть больше предыдущего.[7]

Оптимальное значение β_t стремится к нулю, так как исходя из Гауссовского распределения, чем выше β_t , тем больше шума и больше прыжок, который совершит точка. Поэтому сложнее предугадать её изначальное положение. [7]

$$q(x_t \vee x_{t-1}) = N(x_t; \sqrt{1 - \beta_t}x_{t-1}, \beta_t I)$$

Количество шагов не должно доходить до бесконечности, так как при t , стремящемся к бесконечности, мы в скором времени получим облака, состоящие только из шума без возможности обратного восстановления. Установлено, что оптимальное значение находится между 500 и 1000 в зависимости от размера исходной выборки и количества различных объектов в ней.[7]

Обратный процесс или reverse process будет иметь ту же функциональную форму, что и зашумливающий процесс, поэтому используем параметризованный вид:

$$p_0(x_{t-1} \vee x_t) = N(x_{t-1}; \mu_0(x_t, t), \Sigma(x_t, t))$$

В нейронную сеть подается t текущий временной интервал и текущий x_t (текущее зашумленное облако точек). Это нужно для того, чтобы нейронная сеть связала график дисперсии с разными временными интервалами.

$$p_0(x_{0:T}) := p(x_T) \prod_{t=1}^T p_0(x_{t-1} \vee x_t)$$

$$p(x_T) = N(x_T; 0, 1) \quad (2)$$

Параметр (2) $p(x_T)$ является важной частью уравнения, он создаёт

sampling steps, то есть выборку от X_t до x_0 . Создавая новое облако точек, мы начинаем с Гауссовского шума, уменьшая параметр t до тех пор, пока не будет получен x_0 .

Для определения этих функций используются многослойные перцептроны (полносвязная нейронная сеть). Так же может быть применим широкий спектр методов регрессии или подбора функций, включая непараметрические методы.

В упрощённом виде данная модель работает следующим образом: forward process выталкивает точки из нужного нам распределения, а reverse process пытается их вернуть обратно.

Для того чтобы вернуть точку обратно, нам нужно получить её траекторию. Но проблема в том, что траекторий может быть бесконечно много, поэтому ограничим их количество. Получим следующее уравнение:

$$p_0(x_{0:T}) = \int p_0(x_{0:T}) dx_{1:T} \quad (3)$$

Прямое вычисление и максимизация вероятности $p(x)$ затруднены, поскольку это требует интегрирования всех скрытых переменных x в уравнении. Поэтому представим как набор параметров.

$X_0, X_1, X_2, \dots, X_t$ будут скрытыми переменными, а X_0 — открытая

наблюдаемая константа. Эта идея и лежит в основе нейронной сети.[7]

Рассмотрим расширенную архитектуру нейронной сети. На вход Q подаём X_t шум и преобразуем его в латентное (скрытое) пространство, текущий шаг t и N начальное состояние, подсказку она включает в себя начальное облако точек если таковое имеется и текст. Далее он попадает в блок *Down*, состоящий из нескольких слоёв понижающих нейронов перекрёстного внимания. Каждый такой слой снижает разрешение облака точек и выделяет значимые области в шуми и смещает их соответственно с текстовой подсказкой.

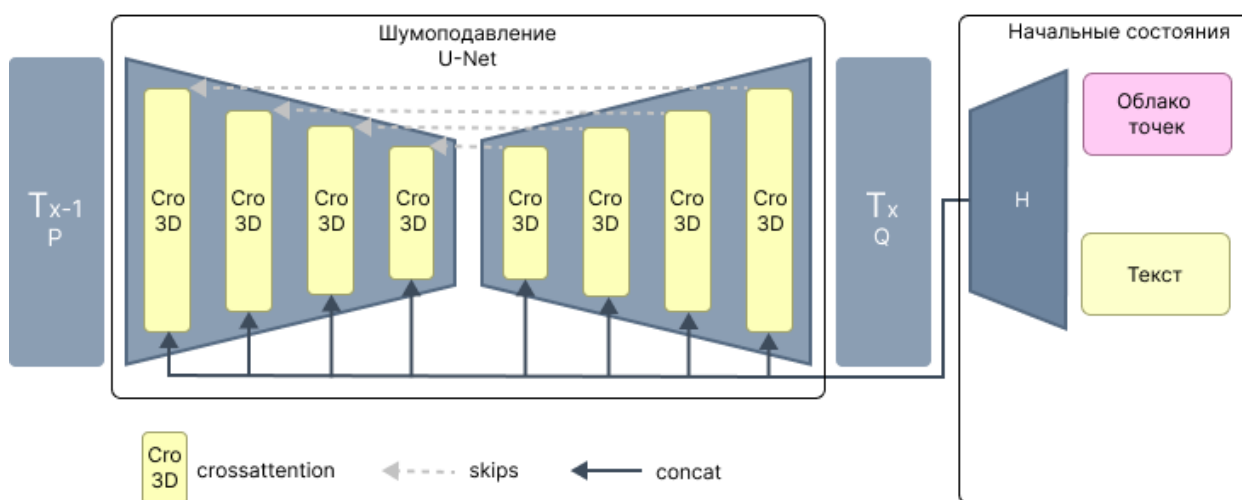


Рис. 2. Схематичное описание модели

Далее идёт группа слоёв повышения Up , она состоит из нескольких слоёв перекрёстного внимания в отличие от понижающих в этой группе разрешение облака наоборот увеличивается. Каждый слой должен увеличиваться на четное число нейронов. На выходе P получим новое облако точек, которое ближе к требуемому.

Слой перекрёстного внимания “Cross Attention (Cro3D)” играет ключевую роль в модели он служит для слиянии облаков точек и текста, позволяя генерировать облака, которые соответствуют текстовым

описаниям. Слой перекрестного внимания получает текущее облако, токены то есть текст и значение матрицы то есть информацию о текстовых эмбедингах, которая подскажет, как промпт должен повлиять на облако точек, т. е. Q_{cross} , K_{cross} и V_{cross} . В частности, Q_{cross} формируется на основе пространственных характеристик зашумленного облака точек $\phi_{cross}(zt)$ путем обучения линейных проекций ℓ_q , в то время как K_{cross} и V_{cross} проецируются из текстового вложения P_{emb} входной подсказки P с помощью выученных линейных проекций, обозначаемых как ℓ_k и ℓ_v , соответственно. Слой перекрестного внимания определяется так (4):

$$M_{cross} = SoftMax\left(\frac{Q_{cross}K_{cross}^T}{\sqrt{d_{cross}}}\right) \quad (4)$$

Где d_{cross} размерность токенов и запросов, конечный результат определяется как объединённый текст и облако точек обозначаемая как $\hat{\phi}(zt) = M_{cross} V_{cross}$, где $V_{cross} = \ell_v(P_{emb})$. [6] [4]

В отличие от классических 2d моделей мы не можем использовать свёрточные слои, так как наши данные слишком разреженные и применение будет не эффективным. Мы предлагаем использовать свёрточные слои облаков точек (LEA-Conv)[8] для каждой центральной точки в облаке точек выполняется поиск соседних точек в нескольких направлениях посредством следующего алгоритма для неоднородных облаков $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$, где $p_i \in R^C$, где N - количество точек, а C

количество особенностей на каждое облако. Мы обозначаем центральную точку в P как p , а K ее соседей в P как $p_j, j \in N(i)$. Пространство вокруг

контрольной точки p ; в радиусе r разделено на 16 ячеек, каждая из которых указывает направление. Каждая ячейка имеет азимутальный угол $\theta = 45^\circ$.

В пределах пространственного диапазона, представленного каждой ячейкой, мы выбираем m ближайших точек из p ; из всех точек, которые попадают в эту ячейку, и используем их характеристики для представления ячейки, для этого применяем к этой группе алгоритм KNN. Это позволяет учесть различные геометрические структуры. После этого строится локальный граф, где ребра соединяют центральную точку с ее соседями. Каждому ребру присваивается коэффициент внимания, отражающий важность соответствующего соседа при агрегировании признаков. То есть для множества локальных точек $h = \{p_i, p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jK}\}, h \in R^C$, где p -

центральная точка, а другие - ее K соседей, рассматривается граф $G = (V, E)$, где V это конечное множество точек $|V| = K + 1$ и $E \subseteq V \times V$ - набор

рёбер $\{(p_i, p_{j1}), (p_i, p_{j2}) \dots (p_i, p_{jK})\}$. определяем коэффициенты границы внимания как e_{ij} , которые представляют важность соседей p_j для

центральной точки p_i , вычисляемой с помощью механизма внимания: (5)

$$e_{ij} = a(W_{hi}, W_{hj}) \quad (5)$$

И нормализуется: (6)

$$\alpha = \text{softmax}(e_{ij}) = \frac{\exp(e_{ij})}{\sum_{j \in N(i)} \exp(e_{ij})} \quad (6)$$

Наконец, признаки центральной точки обновляются путем взвешенного суммирования признаков ее соседей с учетом коэффициентов внимания.[8]

Для распознавания текстовых промптов в архитектуру нейросети была интегрирована модель Clip Goes 3D (CG3D) [5]. Эта модель является своего рода расширением для модели CLIP корпорации OpenAI. Она предназначена для извлечения признакового описания изображения. Сама модель использует в своей работе две модели-энкодера (трансформеры): текстовый и энкодер изображений. Энкодер изображений представляет из себя сверточную нейронную сеть. Он получает на вход картинку в виде 3-х мерного тензора. В компонентах первых двух размерностей тензора кодируются расположения пикселей. В трех компонентах третьего измерения кодируются значения цвета для красного, зеленого и голубого. Выходной слой модели представляет в качестве результата вектор признакового описания, где активация каждого нейрона - это значение соответствующего признака. Текстовый энкодер преобразует входной текст в вектор, каждый компонент которого содержит численное значение определенного признака. CG3D расширяет эту архитектуру еще одной сетью, являющейся энкодером 3D формы, преобразующим облако точек на входе в вектор признакового описания формы этого облака. Ниже приведена схематичная диаграмма архитектуры сети CG3D [5]:

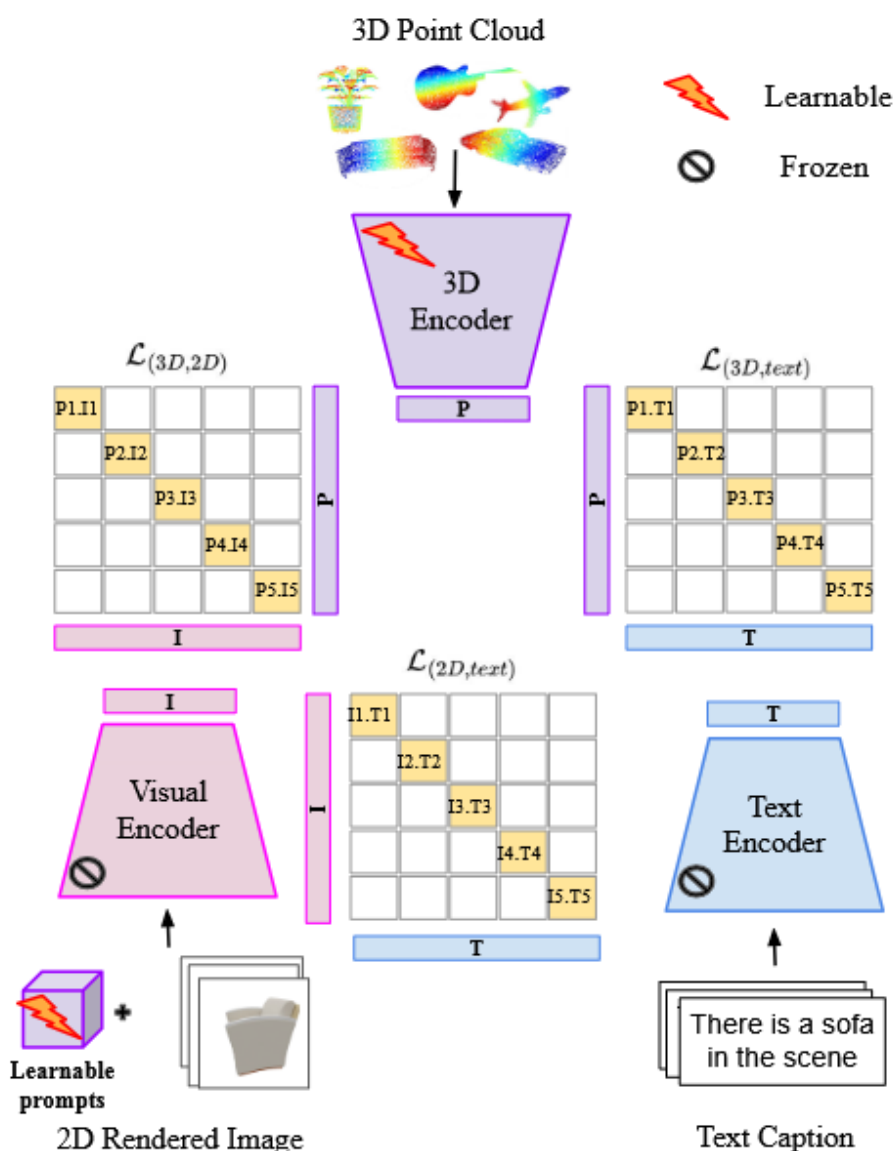


Рис. 3. Схематичное описание архитектуры модели CG3D

Из схемы следует, что в данной архитектуре обучаемой моделью является только 3D энкодер. Остальные модели нужны лишь для сопоставления текстовых признаков признакам двумерных изображений. Задача CG3D в общей архитектуре сети заключается в том, чтобы из текстового признака f^{text} , полученного после обработки текстового

промта энкодером, а также множества векторов $F^{3D} = \{f_i^{3D}, 1 \leq i \leq k\}$

получить численное значение класса предсказанного объекта. Здесь k - это

количество кластеров, на которое разбивается каждое облако из набора данных. Значение предсказания определяется по формуле (7):

$$y_{pred} = \max(\text{softmax}(f^{text}, F^{3D})) \quad (7)$$

Обучение нейронной сети происходит следующим образом. В процессе функционирования нейронная сеть формирует выходной сигнал, далее он попадает в ELBO (полезная нижняя граница логарифмической вероятности некоторых наблюдаемых данных). Эта функция помогает нам приближенно оптимизировать параметры ϕ так, чтобы получить наилучшую аппроксимацию (приближение) для истинного распределения латентных переменных $p(z|x)$. ELBO можно записать следующим образом:

$$ELBO(\phi) = E[\log p(x \vee z)] - KL[q(z \vee \phi) \parallel p(z)]$$

где $E[\log p(x|z)]$ - математическое ожидание логарифма правдоподобия наблюдаемых данных x при условии латентных переменных z , и $KL(q(z|\phi) \parallel p(z))$ - расстояние Кульбака-Лейблера между приближенным распределением $q(z|\phi)$ и истинным апостериорным распределением $p(z|x)$.

Минимизируя расстояние Кульбака-Лейблера, то есть приближая распределения к истинному, максимизируем ELBO. [7]

$$L_t = E_{x_0, \epsilon} \left[\frac{1}{2 \|\Sigma(x_t, t)\|_2^2} \|\mu_t(x_t, x_0) - \mu_0(x_t, t)\|^2 \right] \quad (8)$$

Формула для среднего значения полученных от модели данных y нас есть. Это уравнение (3), формулу для среднего значения наблюдаемых данных мы знаем. Это формула (1). Подставляем в формулу (8) и после преобразований получаем:

$$L_t = E \left[\left\| \epsilon_t - \epsilon_0 \left(\sqrt{a_t} x_0 + \sqrt{1 - a_t} \epsilon_t, t \right) \right\|^2 \right]$$

В итоге loss (ошибка) будет равняться Xt-Pt. Это - шум полученный после генерации.[7]

Список литературы

1. Sohl-Dickstein et al., 2015: Deep Unsupervised Learning using Nonequilibrium Thermodynamics [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/1503.03585>,
2. Song et al., 2021: Denoising Diffusion Implicit Models [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/2010.02502>
3. Calvin Luo, 2021: Understanding Diffusion Models: A Unified Perspective

4. [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/2208.11970>
5. Kingma et al., 2021: Variational Diffusion Models [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/2107.0063>
6. Deepti Hegde*, Jeya Maria Jose Valanarasu, Vishal M. Patel, 2023: CLIP goes 3D: Leveraging Prompt Tuning for Language Grounded 3D Recognition [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/2303.11313>
7. Towards Understanding Cross and Self-Attention in Stable Diffusion for Text-Guided Image Editing Bingyan Liu, Chengyu Wang, Tingfeng Cao, Kui Jia, Jun Huang [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/2403.03431>
8. Диффузионная нейронная сеть генерации неоднородных облаков точек Иночкина Е.В., Тютюник Н.П. Математические методы и информационно-технические средства. Материалы XX Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2024. С. 88-93.
9. Point Attention Network for Semantic Segmentation of 3D Point Clouds. Mingtao Feng, Liang Zhang, Xuefei Lin, Syed Zulqarnain Gilani, Ajmal Mian [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/abs/1909.12663>

Сведения об авторах:

Хитъ Я.В., старший преподаватель, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Тютюник Н.П., студент, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Сергачёв В.Д., студент, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Although Ya.V., Senior lecturer, Kuban State University of Technology Krasnodar , Russia

Tyutyunnik N.P., student Kuban State University of Technology Krasnodar , Russia

Sergachev V.D., student Kuban State University of Technology Krasnodar , Russia

УДК 004.42

Обухова А.Р., Науменко М.С.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Язык программирования Python в разработке видеоигр

Аннотация: В статье рассмотрены возможности языка программирования Python в сфере разработки видеоигр. Проанализированы достоинства языка, делающие его удобным инструментом для разработки игр. Данный анализ проводился с позиции разделения игр на масштабные крупнобюджетные проекты от крупных издателей и на игры среднего и низкого ценового сегмента, в том числе инди-игры. Разобраны основные библиотеки и фреймворки, которые упрощают создание 2D и 3D игр. Рассмотрена простейшая игра на Python. Приведены примеры успешных проектов.

Ключевые слова: Python, разработка игр, игровые движки, программирование игр, игровая логика.

Obukhova A.R., Naumenko M.S.

Python programming language in video game development

Abstract: The article discusses the capabilities of the Python programming language in the field of video game development. The advantages of the language that make it a convenient tool for game development are analyzed. This analysis was carried out from the position of dividing games into large-scale, big-budget projects from major publishers and games of the middle and low-price segments, including indie games. The main libraries and frameworks that simplify the creation of 2D and 3D games are analyzed. The simplest game in Python is considered. Examples of successful projects are given.

Key words: Python, game development, game engines, game programming, game logic.

В современном мире создание видеоигр помимо творческого подхода требует еще и эффективных инструментов, которые помогают быстро воплощать идеи в реальность. Одним из таких инструментов является Python, использующийся в геймдеве за счет своей простоты, читаемости кода и богатого набора библиотек.

Данный язык идеально подходит для прототипирования, использования инструментов для разработки и даже написания полноценных инди-игр. С помощью фреймворков Pygame, Panda3D и Godot разработчики имеют возможность проектировать игры любого масштаба, начиная с обычных 2D проектов, заканчивая готовыми коммерческими продуктами.

Перед началом разбора особенностей языка необходимо дать общее представление о нём. Python – это высокоуровневый интерпретируемый язык программирования общего назначения. Python был выпущен в 1991 году, и за относительно короткий промежуток времени он успел завоевать мировую популярность, став самым популярным языком программирования. Это стало

возможным за счёт его простоты и читаемости кода. Также Python предоставляет разработчикам множество возможностей. Так, написанная на Python программа, как правило, будет занимать меньшее количество строк кода, чем аналогичная программа, реализованная с помощью другого языка программирования. Помимо этого, стандартная библиотека Python предоставляет пользователю многократно используемые коды практически для любой задачи. Данный факт сильно упрощает разработку программ, так как написание кода с чистого листа практически не требуется. Также при необходимости Python можно без труда комбинировать с другими языками программирования, что расширяет возможности для команд разработчиков.

При разработке игр на Python можно выделить ряд преимуществ:

- простая и быстрая разработка, достигаемая за счёт лаконичного синтаксиса;
- кроссплатформенность (игры, созданные на Python, поддерживаются на Windows, macOS и Linux без значительного изменения кода, что позволяет выпускать проекты сразу на нескольких игровых платформах без необходимости тратить ресурсы на процесс портирования);
- обширная экосистема, включающая в себя большое количество библиотек и фреймворков;
- обилие информации (по Python существует множество учебных материалов, учебной документации и видеороликов, помогающих при разработке);
- активное сообщество (в интернете на тематических форумах можно легко найти единомышленников, готовых помочь в решении возникающих в процессе разработки проблем) [3].

Однако, несмотря на все преимущества, у данного языка есть и свои ограничения, особенно актуальные для высоконагруженных 3D-проектов, где важна производительность. Более медленный Python, будучи интерпретируемым языком, не способен соответствовать данному требованию. В случае разработки масштабных проектов Python используется как помощник для создания логики игры, внутриигровых скриптов, инструментов или прототипирования, а также для организации серверных элементов управления, но не для полной сборки AAA-видеоигр [2].

Разберем основные библиотеки для разработки игр. Данный язык программирования предоставляет несколько специализированных библиотек, упрощающих работу.

Pygame: одна из самых популярных библиотек для создания 2D-игр. Предоставляет возможность работать над графикой, звуком и простой физикой. Библиотека проста в изучении даже для новичков, но не имеет встроенной поддержки 3D и обладает рядом ограничений по производительности в сложных проектах.

Panda3D: мощный движок, нацеленный на создание 3D-игр с открытым исходным кодом. Использует C++ для рендеринга, но при этом

предоставляет Python-интерфейс для удобной разработки. Поддерживает современные 3D-технологии, такие как шейдеры, динамическое освещение, имеет встроенные инструменты для работы с физикой, а также подходит для коммерческих проектов. В качестве недостатков можно выделить требование к более глубокому изучению работы с 3D-моделированием, а также более высокий порог вхождения.

Менее популярные библиотеки – Arcade (современная альтернатива Pygame), PyOpenGL (работа с более продвинутой графикой), Gobot (использует свой язык, который можно интегрировать с Python).

Выбор библиотеки напрямую зависит от типа проекта: для простых 2D или инди игр идеально подходит Pygame и Arcade, но более сложных задумок лучше использовать Panda3D или связку Python с Gobot.

Рассмотрим процесс создания игры на простейшем примере. Перед тем как приступить к написанию кода, важно заранее разработать концепцию игры, спланировать ее основные элементы. В данной статье мы рассмотрим создание минимальной и простой 2D-игры с помощью библиотеки Pygame. В качестве жанра выбрана аркада (избегание препятствий), головоломка. В основе механики будет лежать управление персонажем с помощью клавиш «влево», «вправо», «вверх» и «вниз». Графика и дизайн представляет из себя примитивные геометрические фигуры (квадраты, круги) или простые спрайты.

Приведём код, реализующий игру по описанным требованиям.

```
import pygame
import random

# ввод параметров экрана
pygame.init()
screen_width = 640
screen_height = 480
screen = pygame.display.set_mode((screen_width,
screen_height))
pygame.display.set_caption('Лабиринт')

black = (0,0,0)
white = (255,255,255)
red = (255,0,0)
blue = (0,0,255)
green = (0,255,0)

# ввод параметров стен и дверей
line_width = 10
line_gap = 40
line_offset = 20
door_width = 20
door_gap = 40
max_openings_per_line = 5
```

```
# создание игрока
player_size = 10
player_speed = 5
player_x = screen_width - 12
player_y = screen_height - line_offset

# отрисовка стен и дверей
lines = []
for i in range(0, screen_width, line_gap):
    rect = pygame.Rect(i, 0, line_width, screen_height)
    num_openings = random.randint(1, max_openings_per_line)
    if num_openings == 1:
        # одна дверь посередине стены
        door_pos = random.randint(line_offset + door_width,
screen_height - line_offset - door_width)
        lines.append(pygame.Rect(i, 0, line_width, door_pos -
door_width))
        lines.append(pygame.Rect(i, door_pos + door_width,
line_width, screen_height - door_pos - door_width))
    else:
        # несколько дверей
        opening_positions = [random.randint(line_offset +
door_width, screen_height - line_offset - door_width) for _ in
range(num_openings-1)]
        opening_positions.sort() # Добавляем сортировку
        opening_positions = [0] + opening_positions +
[screen_height]
        for j in range(num_openings):
            lines.append(pygame.Rect(i, opening_positions[j],
line_width, opening_positions[j+1]-opening_positions[j]-
door_width))

clock = pygame.time.Clock()

while True:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            pygame.quit()
            quit()

    # передвижение игрока
    keys = pygame.key.get_pressed()
    if keys[pygame.K_LEFT] and player_x > player_size:
        player_x -= player_speed
    elif keys[pygame.K_RIGHT] and player_x < screen_width -
player_size:
        player_x += player_speed
    elif keys[pygame.K_UP] and player_y > player_size:
        player_y -= player_speed
    elif keys[pygame.K_DOWN] and player_y < screen_height -
player_size:
```

```
player_y += player_speed

# проверка столкновений игрока со стенами
player_rect = pygame.Rect(player_x - player_size, player_y - player_size, player_size * 2, player_size * 2)
for line in lines:
    if line.colliderect(player_rect):
        # в случае столкновения возвращаем игрока назад
        if player_x > line.left and player_x < line.right:
            if player_y < line.top:
                player_y = line.top - player_size
            else:
                player_y = line.bottom + player_size
        elif player_y > line.top and player_y < line.bottom:
            if player_x < line.left:
                player_x = line.left - player_size
            else:
                player_x = line.right + player_size
screen.fill(black)
for line in lines:
    pygame.draw.rect(screen, green, line)
pygame.draw.circle(screen, red, (player_x, player_y), player_size)
pygame.display.update()
clock.tick(60)
```

В данном примере программа создаёт и отрисовывает лабиринт, состоящий из вертикальных стен с некоторым количеством дверей в каждой стене. Количество дверей определяется случайным образом, но не может превышать заданное число (в данном примере – 5). Игрок представлен в виде красной точки, и его задачей является успешное прохождение лабиринта через двери в стенах. Управление персонажем осуществляется с помощью стрелок на клавиатуре и при необходимости может быть переназначено на клавиши «W», «A», «S», «D» для продвинутых геймеров. На рисунке 1 представлен описанный игровой процесс.

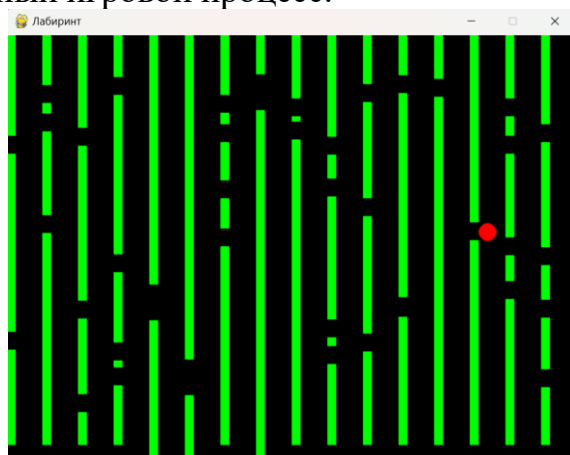


Рисунок 1. Окно с запущенной игрой

Но, несмотря на упомянутую популярность языка среди разработчиков, обычные пользователи зачастую не подозревают, что множество игр написано на Python. Разберём наиболее популярные примеры таких игр.

Достаточно известным примером является «Vampires: the masquerade bloodline», ролевая видеоигра в жанре фэнтези. Vampires: the masquerade bloodline создана на движке Source, полностью написанном на Python.

Среди многопользовательских проектов можно выделить «Eve Online» – игру в жанре научной фантастики, в которой Python используется для серверной логики и некоторых клиентских скриптов.

Также примером всемирно известной игры, написанной на Python, является многопользовательская игра от российских издателей – World of Tanks. Рассматриваемый язык используется игрой практически во всех аспектах движка, за исключением критически важных для производительности частей.

Таким образом, Python является доступным инструментом для создания видеоигр. Из-за ряда ограничений он не подойдёт для полной разработки сверхвысокобюджетных проектов [1]. В их случае Python может быть лишь вспомогательным инструментом, например, для создания скриптов. Однако игры среднего ценового сегмента или инди-игры могут быть полностью написаны на Python. И, несмотря, на свою простоту, эти игры вполне могут обрести мировую популярность и финансовую прибыль, что подтверждает ряд примеров из индустрии.

Список литературы

1. Эрик, М. Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения / Эрик М. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2020. — 512 с.
2. Sweigart, A. Invent Your Own Computer Games with Python. 4th Edition. – San Francisco: No Starch Press, Inc., 2017. – 374 p.
3. Официальный репозиторий библиотеки Pygame в Github. URL: <https://github.com/pygame/pygame> (дата обращения: 20.05.2025).

Сведения об авторах:

Обухова А.Р. студент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Науменко М.С. студент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Научный руководитель: Крамаренко Н.И., ассистент кафедры Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Якушев А.И.
БГТУ ВОЕНМЕХ, Санкт-Петербург, Россия

Механизмы раскрытия рулей

Аннотация: В статье представлен всесторонний обзор механизмов раскрытия органов управления, используемых в современных авиационных и ракетных системах. Проведен анализ пяти основных технологий привода: электромеханических, пневматических, гидравлических, пиротехнических и пружинных систем, с рассмотрением их конструктивных особенностей, принципов работы и эксплуатационных характеристик.

В ходе сравнительной оценки выделены ключевые преимущества и ограничения каждого типа механизмов. Полученные результаты представляют ценность для проектировщиков авиационно-космической техники при выборе систем привода, учитывая как традиционные требования, так и перспективные тенденции развития систем управления высокоскоростными летательными аппаратами.

Ключевые слова: органы управления, механизмы раскрытия, электромеханические приводы, пневматические системы, гидравлические системы, пиротехнические устройства, аэрокосмическая техника, системы управления полетом, характеристики приводов.

Yakushev A.I.

Handlebar opening mechanisms

Abstract: This article provides a comprehensive review of control surface deployment mechanisms utilized in modern aviation and missile systems. The study analyzes five principal actuation technologies: electromechanical, pneumatic, hydraulic, pyrotechnic, and spring-based systems, examining their respective design architectures, operational principles, and performance characteristics. Through comparative evaluation, the paper highlights key advantages and limitations of each mechanism type, with particular focus on response time, precision, reliability, and environmental adaptability. Special attention is given to emerging hybrid solutions and next-generation technologies incorporating shape-memory alloys and smart materials. The analysis includes practical implementation examples from current aerospace platforms, supported by technical specifications and operational data. The findings offer valuable insights for actuation system selection in aerospace vehicle design, addressing both conventional requirements and future development trends in high-speed flight control applications.

Keywords: control surfaces, deployment mechanisms, electromechanical actuators, pneumatic systems, hydraulic systems, pyrotechnic devices, aerospace technology, flight control systems, actuator performance.

Введение

Рули управления являются критически важными элементами летательных аппаратов (ЛА), обеспечивающими их устойчивость и управляемость. Эффективность работы рулей во многом зависит от механизмов их раскрытия и фиксации. В зависимости от типа ЛА (самолёты, беспилотники, ракеты) применяются различные системы раскрытия, каждая из которых обладает своими особенностями.

Классификация механизмов раскрытия рулей

Основные типы механизмов раскрытия рулей, которые были рассмотрены в работе:

Электромеханические системы – используют электродвигатели и редукторы для перемещения рулей.

Пневматические системы – работают на сжатом газе, обеспечивая быстрое раскрытие.

Гидравлические системы – применяются в крупногабаритных ЛА, обладают высокой мощностью.

Пружинные и пиротехнические механизмы – используются для экстренного раскрытия.

Принципы работы и особенности механизмов

Электромеханические приводы основаны на использовании сервоприводов, обеспечивающих точное позиционирование руля. Принцип работы электромеханического привода рулей приведен ниже:

Основные компоненты системы

Электромеханический привод состоит из:

Бесколлекторного электродвигателя (BLDC) или шагового двигателя

Редуктора (планетарного, волнового или червячного)

Механизма преобразования движения (винт-гайка, кривошипно-шатунный)

Датчиков обратной связи (энкодеры, потенциометры)

Блока управления (микроконтроллер с драйвером)

Подробный принцип работы

Фаза 1: Получение управляющего сигнала

Бортовая система управления (БСУ) вычисляет требуемый угол отклонения руля

Цифровой сигнал поступает на блок управления приводом

Микроконтроллер преобразует сигнал в управляющие импульсы для драйвера двигателя

Фаза 2: Преобразование электрической энергии в механическую

Драйвер подает трехфазное напряжение на обмотки статора двигателя

Взаимодействие магнитных полей статора и ротора создает крутящий момент

Частота переключения фаз определяет скорость вращения (до 10 000 об/мин)

Фаза 3: Редукция и преобразование движения

Вращение вала двигателя поступает на редуктор (передаточное число 50:1 - 500:1)

Редуктор снижает скорость и увеличивает крутящий момент

Выходной вал редуктора приводит в действие:

Винтовую пару (для линейного перемещения)

Кривошипный механизм (для углового перемещения)

Фаза 4: Позиционирование и контроль

Датчик угла поворота (абсолютный энкодер) передает текущее положение

Система сравнения вычисляет разницу между заданным и текущим положением

Алгоритм PID-регулятора корректирует управляющие сигналы

Процесс продолжается до достижения заданного положения ($\pm 0.05^\circ$)

Фаза 5: Удержание положения

При достижении цели двигатель переходит в режим удержания - обмотки получают пониженное напряжение для компенсации внешних нагрузок, система постоянно мониторит положение и вносит микрокоррекции

Характеристики приводов приведены ниже:

Требования к двигателю:

Рабочий диапазон температур: -60°C до $+150^\circ\text{C}$

Ударные нагрузки до 50g

Вибрационная стойкость 5-2000 Гц

КПД не менее 85%

Требования к редукторам:

Применение самотормозящихся червячных пар, использование специальных смазок (например, дисульфид молибдена), защита от пыли и влаги

Система управления:

Частота ШИМ-модуляции: 10-50 кГц

Токовая защита от перегрузок

Резервирование каналов управления

Преимущества:

Точность позиционирования до 0.01°

Возможность перепрограммирования алгоритмов

Высокий ресурс (более 100 000 циклов)

Отсутствие утечек (в отличие от гидравлики)

Недостатки:

Чувствительность к электромагнитным помехам

Необходимость мощного источника питания

Более медленный отклик по сравнению с пневматикой

Современные электромеханические приводы обеспечивают беспрецедентную точность управления ракетными рулями, что особенно важно для крылатых ракет и систем точного наведения. Их развитие идет по пути миниатюризации, повышения надежности и адаптивности к экстремальным условиям эксплуатации.

Пневматические системы

Принцип действия основан на подаче сжатого газа в исполнительный механизм. Сжатый газ (азот, воздух) подаётся в исполнительный механизм, раскрывающий рули.

Пневматические системы состоят из:

Баллона высокого давления (150-300 атм) с азотом или воздухом

Системы трубопроводов с электромагнитными клапанами

Пневмоцилиндров или пневмокамер

Механических передач (рычаги, тяги)

Принцип работы:

По сигналу с системы управления открывается электромагнитный клапан

Сжатый газ поступает в пневмоцилиндр

Поршень цилиндра через рычажную систему раскрывает руль

Фиксация происходит механическими стопорами или постоянным давлением

Преимущества:

Крайне высокая скорость срабатывания

Простота и надёжность конструкции

Малый вес системы

Недостатки:

Ограниченное количество срабатываний

Чувствительность к температурным колебаниям

Необходимость обслуживания газовой системы

Пиротехнические механизмы

Используются пиропатроны, которые при срабатывании создают давление, раскрывающее рули. Широкое распространение в системах однократного действия.

Состоят из:

Пиропатрона с метательным зарядом

Рабочего поршня или мембраны

Механизма передачи усилия

Системы амортизации

Принцип работы:

Электрический импульс поджигает пиротехнический заряд

Образовавшиеся газы давят на поршень

Поршень через толкатель раскрывает руль

Фиксация происходит защёлками

Преимущества:

Максимально быстрое раскрытие (единицы миллисекунд).

Высокая надёжность.

Недостатки:

Невозможность повторного использования.
Ударные нагрузки на конструкцию.

Гидравлические приводы

Конструктивно состоят из:

Гидронасос с электроприводом
Распределительная аппаратура
Исполнительные гидроцилиндры
Система фильтрации
Аккумулятор давления

Принцип работы:

Создание давления: Электронасос нагнетает рабочую жидкость (масло) в систему под давлением 200–400 атм.

Распределение потока: электрогидравлические клапаны направляют жидкость в исполнительный цилиндр.

Перемещение поршня: давление жидкости перемещает поршень, связанный с рулевой поверхностью.

Демпфирование: амортизаторы гасят колебания при резком раскрытии.

Поддержание давления: аккумулятор компенсирует возможные утечки.

Ключевая особенность - плавное движение с усилием до 10 000 кгс при компактных размерах.

Преимущества:

Огромная мощность при малых габаритах
Плавность и точность работы
Высокая надежность

Недостатки:

Сложность обслуживания
Риск утечек
Большая масса системы

Пружинные механизмы

Имеют несколько видов исполнения - спиральные пружины, торсионные валы, газовые амортизаторы, механизмы блокировки. Ключевая особенность - полная энергонезависимость и простота конструкции.

Принцип работы:

Взведение: перед стартом пружина (спиральная или торсионная) сжимается/закручивается и фиксируется замком.

Активация: по сигналу замок освобождает пружину.

Раскрытие: запасённая энергия деформации преобразуется в движение рычагов, разворачивающих руль.

Амортизация: газовые или резиновые демпферы гасят удар при достижении крайнего положения.

Заключение

Проведенный анализ механизмов раскрытия рулей в авиационной и ракетной технике позволил систематизировать ключевые особенности различных типов приводов и определить области их оптимального применения.

Основные выводы исследования:

Каждый тип механизма имеет четко выраженную нишу применения:

Пиротехнические системы незаменимы при требованиях к экстремально быстрому срабатыванию (5-30 мс)

Электромеханические приводы обеспечивают наивысшую точность ($\pm 0.05^\circ$) и адаптивность управления

Гидравлика остается оптимальным решением для мощных систем с высокой нагрузочной способностью

Полученные результаты имеют практическую значимость для инженеров-конструкторов при выборе оптимальных решений для конкретных задач проектирования летательных аппаратов. Дальнейшие исследования целесообразно направить на создание унифицированных модульных платформ приводов с адаптивными характеристиками.

Список литературы

1. Самохина Е.А., Самохин П.А., К расчету динамических нагрузок на управляющие элементы летательных аппаратов при ударах // Вестник Концерна ВКО Алмаз-Антей. - 2018.
2. Лещинский В.Я., Концеба В.А. Технические средства привития практических навыков, применяемые на факультете военного обучения вуза // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2025. DOI: 10.18297/2223-9537-2025-15-1-82-95.
3. Исхаков Х.А., Филиппович Л.А. Рациональное использование табличных данных в учебном процессе // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2025.
4. М.Н. Правидло, Н.А. Любимова, Л.В. Быков / Численное исследование газодинамических процессов в пиротехническом приводе механизма раскрытия аэродинамических поверхностей // Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей». – [2017],

Сведения об авторе:

Якушев А.И., студент магистратуры, БГТУ ВОЕНМЕХ, Санкт-Петербург, Россия

УДК 69

Караник Е.К.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

Повышение эффективности использования календарного плана при возведении высотных зданий

Аннотация: в статье обсуждаются аспекты автоматизации и оптимизации календарного планирования в строительной отрасли при возведении высотных зданий. Автор подчёркивает значимость календарного планирования для достижения строительными компаниями установленных сроков выполнения работ. Так же в статье рассматриваются ключевые группы факторов, оказывающих влияние на надёжность календарного планирования. В том числе, был предложен метод повышения эффективности календарного планирования за счет включения в процесс планирования программных комплексов управления проектами.

Ключевые слова: оптимизация, высотные здания, календарное планирование, строительство, программное обеспечение.

Karanik E.K.

Improving the efficiency of using a calendar plan for the construction of high-rise buildings

Abstract: The article discusses aspects of automation and optimization of calendar planning in the construction industry during the construction of high-rise buildings. The author emphasizes the importance of calendar planning for construction companies to achieve the set deadlines for work. The article also discusses the key groups of factors that affect the reliability of calendar planning. In particular, a method was proposed to increase the efficiency of calendar planning by including project management software systems in the planning process.

Keywords: optimization, high-rise buildings, calendar planning, construction, software.

Планирование играет ключевую роль в строительстве, обеспечивая эффективную работу и конкурентоспособность строительных организаций, а также достижение запланированных сроков и стоимости возводимых объектов. Своевременное завершение строительных работ, правильное определение необходимого количества работников, объёмов финансирования, а также сроков поставки материалов, конструкций и оборудования возможно только при наличии календарного плана, который разрабатывается на год, квартал, месяц и сутки. Однако на практике добиться полного совпадения календарного плана с фактическим ходом строительства довольно сложно. Быстро меняющиеся условия

строительного процесса и внешней среды часто требуют внесения существенных изменений в календарный график работ [1, 2].

При разработке и совершенствовании календарного плана необходимо учитывать широкий круг факторов, влияющих на длительность строительных работ, включая экономические, климатические, организационно-технологические и объёмно-планировочные аспекты. Ключевым организационно-технологическим фактором, который должен учитываться в первую очередь при составлении календарного графика, выступает местоположение строительного объекта. В условиях высокой плотности застройки, характерной для российских городов, а также недостаточно развитой транспортной инфраструктуры, сроки выполнения строительных работ увеличиваются. Это обуславливает необходимость организации временных дорог для доставки строительных материалов от производителей непосредственно на площадку. Затраты времени и средств на строительство таких временных дорог, в свою очередь, приводят к увеличению стоимости объекта и удлинению сроков его строительства [2, 4].

Среди организационно-технологических факторов, оказывающих влияние на составление календарного плана, особое значение имеют физический и моральный износ строительной техники, а также несоблюдение проектных норм и требований. Недостаток современного оборудования, вместе с нарушением правил техники безопасности и низким уровнем организации труда, приводит к серьёзным ошибкам при выполнении строительных и монтажных работ, увеличивает вероятность несчастных случаев и затрудняет выявление их причин [3].

Надёжность календарного плана во многом определяется природно-климатическими условиями, среди которых основное значение имеют характеристики грунта, температура и влажность наружного воздуха, высота снежного покрова, преобладающее направление ветра, глубина сезонного промерзания почвы и уровень грунтовых вод. Календарный график строительных работ существенно зависит от климатических особенностей, ветрового режима и погодных условий. Проектирование зданий в различных регионах России проводится с учётом специфики местного климата. Необходимые климатические сведения для составления календарного плана получают в результате инженерно-геологических изысканий, которые позволяют определить необходимость укрепления грунта, возведения подпорных стен, использования более сложных типов оснований и других мероприятий. При разработке календарного плана крайне важно свести к минимуму сезонные перерывы в строительстве [1, 4].

К основным объёмно-планировочным факторам, определяющим надёжность календарного плана, относятся размеры и сложность строительных объектов. Крупные проекты со сложной архитектурой, такие как высотные здания, требуют применения нестандартных подходов при разработке календарного графика [4, 5].

Для повышения эффективности использования календарного плана при возведении высотных зданий можно использовать разные подходы. Например, оптимизировать календарный план на основе ситуационного подхода. Это позволит сократить сроки строительства, обеспечить поточный контроль, исключить периоды простоя и нецелесообразного использования привлекаемого персонала, оборудования и механизмов [5].

В том числе, необходимо исключить простои в работе, учесть возможность проведения нескольких видов работ параллельно.

А также автоматизировать процесс составления календарного плана с помощью специальных программ, которые помогут минимизировать человеческий фактор, учесть особенности и исходные данные конкретной организации [6].

Несмотря на достижения в области информационных технологий в строительной отрасли, задачи календарного планирования были и остаются результатом деятельности человека, реализуемые в тесном взаимодействии с машиной [6, 7].

Организация и планирование строительства высотных зданий предполагают создание модели выполнения комплекса работ, согласованного во времени и пространстве, с целью достижения высоких технико-экономических показателей. На текущий момент такие задачи не могут быть полностью сформулированы и решены исключительно с помощью машин из-за множества взаимосвязанных элементов на всех этапах планирования и выполнения работ. Игнорирование этих этапов может привести к несогласованности действий исполнителей, сбоям в их работе, задержкам в сроках и, как следствие, увеличению стоимости строительства [8].

Чтобы избежать последствий группы факторов, оказывающих влияние на надёжность календарного планирования, разрабатываются многоуровневые календарные планы, которые служат расписанием работ в рамках установленного срока строительства. Для повышения надёжности и качества планирования внедряются методы оптимизации строительного производства, которые позволяют учитывать особенности конкретного проекта и сокращать сроки выполнения работ, а также оптимизировать использование ресурсов. Эффективность применения оптимизационных методов и моделей значительно влияет на конечный результат, который оценивается по ключевым технико-экономическим показателям [8].

Одним из основных способов автоматизации процесса планирования является использование новых технологий для повышения качества и эффективности строительных проектов. В данном направлении 4D-моделирование – эволюция трехмерной графики и планирования. Оно привносит в строительную отрасль новые возможности и преобразования.

В процессе разработки и модернизации программных комплексов 4D моделирования подходы к формированию и визуализации календарных планов не претерпели значительных изменений.

Если на этапе планирования оказывается, что задержка ввода объекта приведет к снижению чистой приведенной стоимости проекта или условия и сроки не удовлетворяют заказчику по другим причинам, начинается процесс оптимизации сроков, направленный на сокращение продолжительности работ. Оптимизация не может быть проведена в уже созданной информационной модели, поскольку она адаптирована к установленным временным параметрам, и изменения сроков могут вызвать определенные проблемы. В таком случае планирование вновь осуществляется с использованием программных комплексов управления проектами, а ранее созданная информационная модель объектов строительства становится недействительной. Это создает необходимость дополнительных затрат и усилий для изменения ранее разработанного проектного решения [9, 10].

Оценивая перспективы развития информационного моделирования объектов (сооружений) на сегодняшний день, следует отметить, что вопросы календарного планирования и организационно-технологических решений отошли на второй план по сравнению с развитием наглядности и информативности.

В последние годы развитие информационных технологий позволило осуществлять синхронизацию календарных планов с 3D моделями объектов. Обычно этот процесс происходит после того, как определены сроки начала и окончания строительства и выполнена интеграция данных с трехмерной моделью.

Одним из главных преимуществ применения 4D-моделирования в строительстве является улучшение планирования и управления проектами. 4D-моделирование позволяет создать динамичное расписание строительства объекта, учитывающее временные зависимости между различными этапами. Это помогает лучше управлять ресурсами, распределять рабочую силу и оборудование оптимальным образом, уменьшая риски простоев и задержек [11].

В том числе, 4D-моделирование способствует улучшению коммуникации между участниками строительного процесса. 4D модели проекта становятся эффективным инструментом для взаимодействия заказчика, проектировщиков, строительных бригад и других участников. Это способствует более точному восприятию проекта и улучшает принятие решений на всех этапах стройки [11 - 13].

А также, появляется возможность визуализации изменений и своевременной корректировке проекта и календарного графика. Данное обстоятельство помогает оперативно реагировать на изменяющиеся условия и требования, снижая риски возможных проблем и коллизий.

Кроме всего прочего, происходит улучшение взаимодействия с заказчиками. 4D модели позволяют заказчикам лучше представить себе окончательный результат, вносить изменения на ранних этапах проектирования и более точно оценивать стоимость и сроки строительства.

Выводы

На основании вышеизложенного, моно сделать вывод, что оптимизация календарного планирования при возведении высотных зданий – ключевая задача организации строительного процесса, которую можно решить с помощью программных комплексов управления проектами. С их помощью можно снизить трудоёмкость строительства, повысить качество конструктивно-технологических решений, улучшить стоимостные показатели, сроки строительства и эффективность использования календарного плана.

Список литературы

1. Банникова А.В. Факторы, влияющие на сроки выполнения строительно-монтажных работ / А.В. Банникова // Аллея Науки. – 2020. – № 3. – С. 34–40.
2. Романов, Р.С. Задачи календарного планирования в процессе формирования информационных моделей объекта / Р.С. Романов // Специальная техника и технологии транспорта. – 2022. – № 15. – С. 199-206. – EDN XHISPL.
3. Банникова А.В. Факторы, влияющие на сроки выполнения строительно-монтажных работ / А.В. Банникова // Аллея Науки. – 2020. – № 3. – С. 34–40.
4. Руденко, А.А. Обеспечение строительства ресурсами как элемент его организационно-технологической надёжности / А.А. Руденко. // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2023. – Т. 2, № 1 (51). – С. 130–139.
5. Руденко, А.А. Моделирование организационно-технической надёжности комплексной застройки с учетом рисков ресурсобеспечения / А. А. Руденко // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета – 2024. – Т. 21, № 1 (95). – С. 120 – 133.
6. С.А. Болотин, Х.В. Биче-оол, А.К. Дадар. Методика визуализации календарного планирования в программе AUTODESK REVIT 2018. Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6 (77). С. 179-185.
7. Романович, М.А. Повышение организационно-технологической надёжности монолитного домостроения на основе моделирования параметров календарного плана [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.08 - Технология и организация производства / М.А. Романович. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. – 194 с.
8. Чахкиев, И.М. Оптимизация трудовых ресурсов при обосновании директивных сроков строительства уникальных объектов [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.08 - Технология и организация производства / И.М. Чахкиев. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. – 170 с.
9. Федоров П.В. Инновационные технологии в строительстве высотных зданий. – Москва: Строительство и архитектура, 2020. – 300 с.
10. Романов, Р.С. Задачи календарного планирования в процессе формирования информационных моделей объекта / Р. С. Романов // Специальная техника и технологии транспорта. – 2022. – № 15. – С. 199-206. – EDN XHISPL.

11. Калугин, Ю.Б. Анализ факторов влияющих на надежность календарных планов восстановительных работ / Ю. Б. Калугин, Я. Г. Виноградов // Специальная техника и технологии транспорта. – 2024. – № 21. – С. 69-74. – EDN QJSOFU.
12. Ушакова, Е.Н. Эффективный метод календарного планирования объектов гражданского строительства / Е.Н. Ушакова, А. Р. Курмангалиева // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования: Материалы XII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 29–31 мая 2023 года. Том 12. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 517-521. – EDN VIOSSN.
13. Абитов, Р.А. Цифровые методы календарного планирования организации строительства жилых зданий / Р.А. Абитов // СТУДЕНЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИДЕИ и ИННОВАЦИИ: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 20 июня 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 56-60. – EDN NOBIXU.

Сведения об авторе:

Караник Е.К., магистрант, (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия)

Karanik E.K., Master's student, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

УДК 67.02

Марченков О.Л.

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия*

Сфероидизация индуктивно-связанной плазмой

Аннотация: В данном исследовании мы предлагаем исчерпывающее описание механизма работы установки сфероидизации порошков индуктивно-связанной плазмой. Понимание принципа работы данной установки позволяет нам настроить параметры процесса для уменьшения агломерации и увеличения коэффициента сфероидизации. Таким образом, правильная настройка параметров обеспечивает аддитивное производство деталей с лучшими характеристиками.

Ключевые слова: сфероидизация, подготовка порошков, аддитивные технологии, сфероидизация индуктивно-связанной плазмой.

Marchenkov O.L.

Spheroidization by inductively coupled plasma

Abstract: In this study, we offer an exhaustive description of the mechanism of operation of the powder spheroidization installation by inductively coupled plasma. Understanding the principle of operation of this installation allows us to adjust the process parameters to reduce agglomeration and increase the spheroidization coefficient. Thus, the correct parameter setting ensures additive manufacturing of parts with the best characteristics.

Keywords: spheroidization, powder preparation, additive technologies, spheroidization by inductively coupled plasma.

При печати деталь создается путем сплавления небольших порций материала. Эти порции называются порошками. Если они разного размера и неправильной формы (хлопья), мы не можем гарантировать успешное расплавление (или спекание) всех порошков. Более крупные частицы порошка расплавляются не полностью, что означает, что напечатанная деталь будет иметь дефекты в своей микроструктуре. Дефекты могут образовывать трещины под нагрузкой, если они расположены в одну линию. Итак, порошки должны быть одинакового размера и сферической формы (мы могли бы сплавить хлопья вместе, но тогда нам придется укладывать их в правильной ориентации, что является ненужным усложнением). Такие порошки обладают высокой текучестью, что обеспечивает не только равномерное плавление, но и отличный контроль потока порошка (в противном случае большая часть хлопьев сдувается с лазерного пятна) [1, 2].

Как получить высококачественный порошок? Весь процесс начинается с получения металлической руды или вторичного металла,

который необходимо очистить от элементов, ухудшающих качество будущих порошков (серы, фосфора, углерода, кислорода и т.д.). Наиболее эффективные и широко используемые методы очистки включают плавление металла. После этого жидкий металл может быть пропущен через потоки аргона, которые превращают его в порошки. В настоящее время этим методом производится большинство порошков, представленных на рынке, и он называется газовой атомизацией. Но в чем проблема такого подхода? К сожалению, за всю свою долгую историю развития газовая атомизация не смогла достичь высокого коэффициента сфероидизации [3]. Но, к счастью, мы можем повторно обработать порошки другими методами и достичь самого высокого коэффициента сфероидизации, равного 1.

Существует относительно новый метод, называемый лазерной сфероидизацией, который отличается высокой плотностью мощности. Недавние исследования [4, 5] показали, что коэффициент сфероидизации Ti-6Al-4V составляет 0.99 (в настоящее время это самый совершенный материал из-за его превосходной коррозионной стойкости, высокой прочности и биосовместимости). Единственным конкурентом являются сфероидизация ИСП (индуктивно-связанной плазмой). Поэтому ИСП сфероидизация уже давно достигла коэффициента сфероидизации равного 1 для Ti-6Al-4V, и в целом позволяет получать более сферические порошки [6, 7]. Сфероидизация ИСП в настоящее время является предпочтительной для производства высококачественных порошков. Кроме того, она не уступает по другим важным характеристикам (химическая чистота, однородность структуры, агломерация, контроль размера порошка, плотность, упрочнение порошка, экономические и экологические факторы).

СФЕРОИДИЗАЦИЯ ИСП

Установка для сфероидизации ИСП состоит из двух трубок, помещенных в изолирующую камеру, и катушки, которая генерирует магнитное поле (Рисунок 1). Кроме того, весь газ, подаваемый в камеру, должен иметь выход, обрабатываемые порошки должны иметь коллектор, а катушка должна иметь генератор тока. Возможны некоторые модификации, например, дополнительные трубки для обеспечения лучшего аэродинамического контроля. Установка не сложная. Однако процесс сфероидизации является сложным. Существует множество взаимодействий (силы Лоренца, градиенты давления, столкновения порошков, испарение, агломерация) и множество параметров, которые необходимо учитывать (скорости всех трех типов газов, их состав, давление в камере, частота переменного тока, мощность переменного тока,

состав порошка, скорость подачи порошка, размер исходного порошка, формы и положение трубок).

Физика процесса настолько сложна, что непонятно, почему изменения некоторых параметров приводят к определенным результатам. Исследования часто проводятся вслепую, без должного изучения процесса. Кроме того, количество возможных комбинаций параметров огромно. Исследователям приходится проводить сотни экспериментов, прежде чем найти оптимальную комбинацию параметров для сфероидизации порошка. Эта работа не только неэффективна, но и непривлекательна для тех, кто пытается усовершенствовать технологию ИСП сфероидизации.

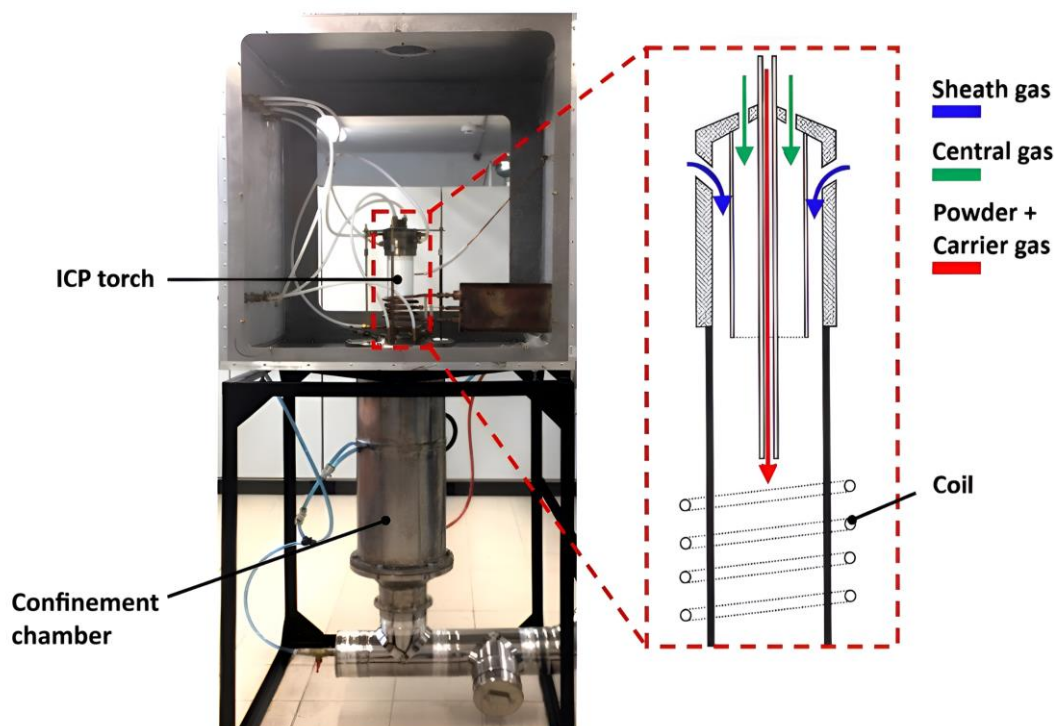


Рисунок 1. Экспериментальная установка ИСП на кафедре лазерных технологий КНИТУ-КАИ [8]

2. МЕХАНИЗМ СФЕРОИДИЗАЦИИ ИСП

Транспортный газ (Carrier gas) предназначен для подачи порошков в камеру. Защитный газ (Sheath gas) предназначен для предотвращения прилипания порошка к стенкам (некоторые порошки отбрасываются к стенкам, и их необходимо охлаждать перед контактом). Те же соображения по предотвращению прилипания (с термозащитой) в значительной степени определяют расположение трубок. Центральный газ (Central gas) предназначен для нагрева порошков. Пламя и электрический ток возникают только в этом газе. Защитный газ имеет слишком высокую скорость потока, что не оставляет времени для ионизации и нагрева. Транспортный газ не воспламеняется, поскольку на него воздействуют

противоположно направленные магнитные поля индуктивной катушки и индуцированного тока в ионизированном центральном газе.

ВОЗГОРАНИЕ ПЛАЗМЫ

Как переменный ток индуктивной катушки создает плазму? Основной газ — аргон. Он имеет относительно низкую энергию ионизации. Это означает, что атому аргона не требуется много энергии для высвобождения своего электрона. Таким образом, мы можем высвободить его электрон посредством индукции, не затрачивая много энергии (закон Фарадея [9], он обычно ассоциируется с металлами, но не ограничивается ими). Электрон высвобождается, когда производная по времени магнитного поля B достигает определенного порога h (Уравнение 1).

$$h = \frac{dB}{dt} \quad (1)$$

В твердом состоянии металлы не имеют такого порога магнитного поля, поскольку электроны в них движутся свободно даже без внешнего магнитного поля. Однако этот порог существует для непроводящих материалов, таких как аргон. Интуитивно этот порог можно интерпретировать как силу, вытягивающую электроны из атома. Если этой силы недостаточно для вытягивания, ионизация невозможна.

Задолго до достижения порогового значения температура аргона начинает повышаться из-за этой вытягивающей силы (сила ускоряет электроны, они испускают излучение, нагревающее газ [10]). Повышение температуры заставляет электроны отклоняться от своих ядер. Это приводит к снижению порога магнитного поля. Это означает, что для того, чтобы произошла ионизация, мы должны некоторое время поддерживать газ в переменном магнитном поле, пока он нагревается и снижает свой порог. Как только порог достигнут, газ переходит в индуктивный режим, при котором нагрев более эффективен [11]. Атомы аргона разделяются на электроны и ионы, которые движутся в противоположных направлениях. Они непрерывно рекомбинируют и повторно ионизируются. Их ток создает магнитное поле, противоположное внешнему магнитному полю катушки. Это предотвращает дальнейшую эскалацию ионизации.

В таких условиях температура обычно превышает 10^4 Кельвин. Эта нагретая область центрального газа притягивается к более холодным транспортным и защитным газам. Однако на практике нагретая область расширяется только к транспортному газу и порошкам. Почему? Сила Лоренца [12] сжимает пламя к центру камеры. Электроны (и ионы) в нагретой области отталкиваются от противоположно движущихся электронов в индуктивной катушке и притягиваются к внутренним слоям плазмы, где электроны движутся в том же направлении. В результате порошки нагреваются расширенным пламенем, температура которого

достаточна, чтобы не только расплавить, но и довести до кипения любой материал.

ОБРАБОТКА ПОРОШКА

Первоначально сырые порошки получают угловой момент от потоков аргона (из-за выступающих неровностей в частицах порошка). Это самая важная часть, поскольку без вращения порошка сфероидизация невозможна. После этого по мере падения порошков происходит несколько процессов в быстрой последовательности:

Разрушение [13]. Материалы не могут выдерживать резкий нагрев плазмой без разрушения. Это особенно актуально для хрупких материалов (керамика, некоторые сплавы) или несферичных порошков. Удлиненные частицы порошка уязвимы для разрушения вдоль их тонких частей. Таким образом, это способствует сфероидизации, но не так значительно, как следующий процесс, называемый плавлением.

Плавление. Частицы порошка малы и часто теплопроводны. Однако время пребывания (время, в течение которого порошки обрабатываются) невелико. Таким образом, мы не можем предположить, что температура в частицах порошка постоянна по всей толщине. Порошки начинают плавиться с их поверхности, подвергающейся воздействию нагретой плазмы. В жидком состоянии межмолекулярные силы слабее. Это приводит к отрыву выступающих частей быстрыми потоками аргона. Кроме того, центробежные силы отталкивают выступающие части, расположенные дальше от оси вращения.

Кипение. Пока крупные порошки еще плавятся, самые мелкие порошки получают достаточно тепла, чтобы закипеть и полностью испариться (что чаще всего происходит при сфероидизации ИСП). Вместе с оторванными выступающими частями их атомы присоединяются к потоку аргона. Атомы сливаются в мелкие порошки, поскольку они притягиваются друг к другу и отталкиваются от аргона. Часть этих мелких порошков отфильтровывается из потока аргона. Часть из них сливается с еще плавящимися крупными порошками.

Слияние. Если мелкий порошок мал, он полностью сливается с расплавленной поверхностью крупной частицы порошка. Однако, если мелкий порошок велик, он может не полностью слиться. Это приводит к нежелательному эффекту, называемому агломерацией (порошок покрывается мелкими частицами порошка, называемыми сателлитами [14]). К счастью, крупные сателлиты обычно сдуваются с поверхности потоками аргона. Кроме того, они не могут быть значительно ускорены газом и глубоко внедрены в расплавленную поверхность. Мелкие порошки равномерно покрывают крупные порошки, пока они вращаются и увеличивают свою массу (это обеспечивает высокую дисперсность в

порошках сплавов [15]). Часть газообразных примесей выделяется из порошков по мере их плавления или испарения. Сфероидизированные порошки попадают в коллектор.

Список литературы

1. Sutton, Austin T., et al. "Powders for additive manufacturing processes: Characterization techniques and effects on part properties." (2016): 1004.
2. Thomas, Marc, and Stefan Drawin. "Role of metal powder characteristics in additive manufacturing." Pm2016 world congress. 2016.
3. Dejene, Naol Dessalegn, and Hirpa G. Lemu. "Current status and challenges of powder bed fusion-based metal additive manufacturing: literature review." *Metals* 13.2 (2023): 424.
4. Zhang, Wanneng, et al. "Laser spheroidization combined with coaxial powder feeding: A novel strategy for preparing spherical powders for additive manufacturing." *Journal of Manufacturing Processes* 137 (2025): 82-99.
5. Zhang, Wanneng, et al. "Cost-effective preparation of high-purity spherical Ti-6Al-4V powder for additive manufacturing via hydrogen decrepitation and laser spheroidization." *Journal of Alloys and Compounds* 1010 (2025): 177058.
6. Sehhat, M. Hossein, Jackson Chandler, and Zane Yates. "A review on ICP powder plasma spheroidization process parameters." *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 103 (2022): 105764.
7. Wei, Wen-Hou, et al. "Study on the flow properties of Ti-6Al-4V powders prepared by radio-frequency plasma spheroidization." *Advanced Powder Technology* 28.9 (2017): 2431-2437.
8. Busse, Christian. Numerical modeling of an inductively coupled plasma (ICP). Diss. Universitätsbibliothek, 2019.
9. Scanlon, P. J., R. N. Henriksen, and J. R. Allen. "Approaches to electromagnetic induction." *American Journal of Physics* 37.7 (1969): 698-708.
10. Harpaz, Amos, and Noam Soker. "Radiation from a uniformly accelerated charge." *General Relativity and Gravitation* 30.8 (1998): 1217-1227.
11. Seo, Sang-Hun, ChinWook Chung, and Hong-Young Chang. "Review of heating mechanism in inductively coupled plasma." *Surface and Coatings Technology* 131.1-3 (2000): 1-11.
12. Michaud, André. "Demystifying the Lorentz Force Equation." *Journal of Modern Physics* 13.5 (2022): 776-838.
13. Gdoutos, Emmanuel E. *Fracture mechanics: an introduction*. Vol. 263. Springer Nature, 2020.
14. Kopelman, Bernard, and C. C. Gregg. "Particle Agglomeration in Tungsten Metal Powder." *The Journal of Physical Chemistry* 55.4 (1951): 557-563.
15. Calvert, G., M. Ghadiri, and R. Tweedie. "Aerodynamic dispersion of cohesive powders: A review of understanding and technology." *Advanced Powder Technology* 20.1 (2009): 4-16.

Сведения об авторе:

Марченков О.Л. студент Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия

Marchenkov O.L., Master's student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia,

УДК 004.052

Зорочкин О.А.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

Факторы надёжности сталежелезобетонных пролётных строений

Аннотация: Статья представляет собой первую попытку выделения значимых факторов, определяющих надёжность как сталежелезобетонных пролётных строений в целом, так и отдельных их узлов. Предложены математико-статистические методы учёта приведённых факторов в вероятностной постановке уже опробованные в строительной практике. Предложен специализированный программный комплекс и его программа-саттелит для решения указанных выше задач. Статья может представлять интерес для дальнейших исследований по теории надёжности строительных конструкций, мостовых сооружений. Материал, приведённый в статье, будет полезен студентам строительных специальностей практикующим инженерам-мостовикам, научным сотрудникам по теме теории надёжности и мостовых сооружений.

Ключевые слова: надёжность, факторы надёжности, индекс надёжности, сталежелезобетонные пролётные строения, симуляции методом Монте-Карло, метод определения надёжности первого порядка, метод определения надёжности второго порядка

Zorochkin O.A.

Reliability factors of composite bridge superstructure

Abstract: The article is the first attempt to identify significant factors that determine the reliability of both steel-reinforced concrete span structures as a whole and their individual units. Mathematical and statistical methods for taking into account the above factors in a probabilistic formulation, which have already been tested in construction practice, are proposed. A specialized software package and its satellite program are proposed to solve the above problems. The article may be of interest for further research on the theory of reliability of building structures and bridge structures. The material presented in the article will be useful for students of construction specialties, practicing bridge engineers, and researchers in the field of reliability theory and bridge structures.

Keywords: reliability, reliability factors; reliability index; composite bridge superstructures; Monte-Carlo simulation; First Order Reliability Method; Second Order Reliability Method

Сталежелезобетонные пролётные строения и их определяющие узлы

(Composite bridge superstructures and their defining components)

Согласно СП 159.1325800.2014 «Сталежелезобетонные пролётные строения автомобильных мостов. Правила расчёта»:

Сталежелезобетонные пролётные строения: Пролётные строения мостовых сооружений, у которых основные несущие элементы (главные

балки) состоят из стальных и железобетонных элементов, работающих совместно.

Областью применения СТЖБ ПС является диапазон пролётов от 40 до 120 м. При пролётах меньше 40 м либо больше 120 м такие мосты уступают по экономической эффективности железобетонным и стальным мостам соответственно.

Таблица 1. Диапазон пролётов различных видов пролётных строений

Типы мостов	Диапазон пролётов	
	Возможный	Рабочий
Балочные сталежелезобетонные	35-130	40-90
Коробчатые сталежелезобетонные	50-150	70-120
Железобетонные монолитные преднапряженные на сплошных подмостях	-	40-60
Железобетонные преднапряженные при уравновешенном бетонировании или сборке	70-300	90-200
Стальные с ортотропными плитами	90-300	120-160

У мостов с такими пролётными строениями существует большое разнообразие конструктивных решений. Они могут быть в неразрезном и разрезном, в сборном и монолитном, в балочном и коробчатом исполнениях, с применением технологии предварительного напряжения арматуры и без нее, в случае балочного исполнения – со сплошными и сквозными конструкциями, в случае коробчатого сечения – с применением аутригеров и без аутригеров.

Сталежелезобетонные конструкции состоят из следующих определяющих узлов:

Стальные элементы

Железобетонные элементы

Элементы объединения

Стальными элементами СТЖБ ПС являются балки жесткости и, если рассматривать коробчатые сталежелезобетонные пролётные строения, аутригеры. Балки жесткости служат для восприятия растягивающих усилий и увеличения изгибной жесткости пролётного строения. Аутригеры часто применяются в коробчатых сталежелезобетонных пролётных строениях и служат для восприятия крутящих моментов от горизонтальных воздействий, придают поперечную жесткость пролётному строению.

Железобетонными элементами СТЖБ ПС являются плиты проезжей части. Железобетонные плиты служат для передачи нагрузок с проезжей части на балки жесткости. В зависимости от режима эксплуатации и того, является балка жесткости разрезной или неразрезной, железобетонная плита проезжей части может играть различную роль в восприятии воздействий. Плиты могут быть спроектированы как с предварительно напряженной арматурой, так и с арматурой без преднапряженного напряжения.



Рисунок 1 – Один из вариантов исполнения сталежелезобетонного пролётного строения. Плита опёрта на двутавровые главные балки

Одним из наиболее важных узлов сталежелезобетонных пролётных строений являются *элементы объединения* стальной и железобетонной составляющих, обеспечивающие их совместную работу (соместный сдвиг). Элементы объединения в зависимости от страны либо автора классифицируются по-разному.



Рисунок 2 – Система классификации элементов объединения СТЖБ ПС

Функции предельных состояний (Limit-State Functions)

В связи со спецификой вопроса надёжности, можно точно утверждать, что наиболее неблагоприятными как с точки зрения надёжности самого сооружения, так и с точки зрения анализа его показателей надёжности являются функции с большим количеством случайных переменных.

Именно от количества случайных переменных будет зависеть количество формируемых выборок. Это становится особенно важным при расчёте показателей надёжности, поскольку время и сложность расчёта будут зависеть от этого.

Выборки в свою очередь будут представлять из себя ряды чисел, которые формируют в подавляющем большинстве случаев нормальное распределение и поддаются статистическому анализу.

Функция проверки на прочность в общем виде:

$$\sigma < R$$

Функция проверки на выносливость в общем виде:

$$\sigma < mR$$

Функция проверки на трещиностойкость в общем виде:

$$a < a_{crc}$$

Функция проверки на прогиб (усл. жесткость) в общем виде:

$$f < [f]$$

В Российской Федерации расчёт сталежелезобетонных конструкций пролётных строений мостов следует проводить согласно ГОСТ 27751, СП 35, СП 166 (для автодорожных мостов) и ГОСТ 33390 по методу предельных состояний.

К 1-й группе относятся такие предельные состояния конструкции, при которых происходит потеря её несущей способности, формы, положения в пространстве, дальнейшая эксплуатация становится невозможна.

К 2-й группе относятся такие предельные состояния конструкции, при которых происходит потеря жёсткости, ограниченная потеря формы, положения в пространстве, дальнейшая нормальная эксплуатация становится невозможна.

Согласно СП 35 для сталежелезобетонных пролётных строений необходимо выполнить следующие расчёты:

- 1) Расчёт сталежелезобетонной балки по прочности
- 2) Расчёт на выносливость
- 3) Расчёт по трещиностойкости железобетонной плиты проезжей части
- 4) Расчёт объединения железобетонной плиты со стальной конструкцией
- 5) Проверка жёсткости

Факторы надёжности (Reliability Factors)

Существует большое количество факторов, способных повлиять на результирующие показатели надёжности сооружения со сталежелезобетонными пролётными строениями. Это обусловлено

нестационарным динамическим характером всевозможных нагружений мостового сооружения и сложностью самой конструкции СТЖБ ПС.

В современной российской нормативно-технической документации в дополнении к методу предельных состояний введён метод частных коэффициентов надёжности. Причём коэффициенты надёжности введены в основном к 2 расчётным переменным:

К материалу

К нагрузкам

Предполагается, что, учитывая изменчивость вышеуказанных переменных введением коэффициента надёжности, будет обеспечен требуемый нормативный уровень надёжности.

Специализированных систематизирующих исследований на тему факторов надёжности сталежелезобетонных пролётных строений в настоящее время не существует.

На рисунке 3 фактически представлена первая попытка проанализировать полный ряд факторов надёжности сталежелезобетонных пролётных строений. Можно видеть, что левую часть функций составляют переменные, формируемые главным образом режимом нагружения. Правую часть функций составляют переменные, формируемые главным образом свойствами материалов, а также режимом эксплуатации. На рисунке 4 приведена первая попытка систематизации случайных факторов.

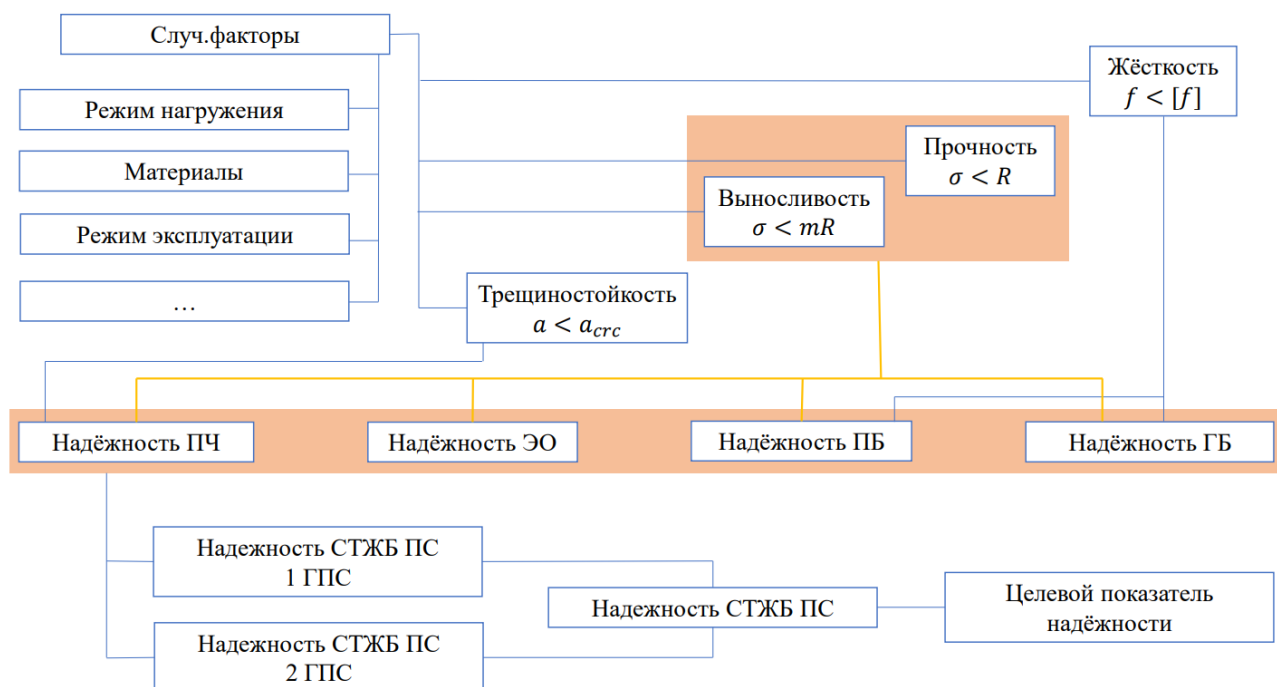


Рисунок 3 – Блок-схема факторов надёжности СТЖБ ПС

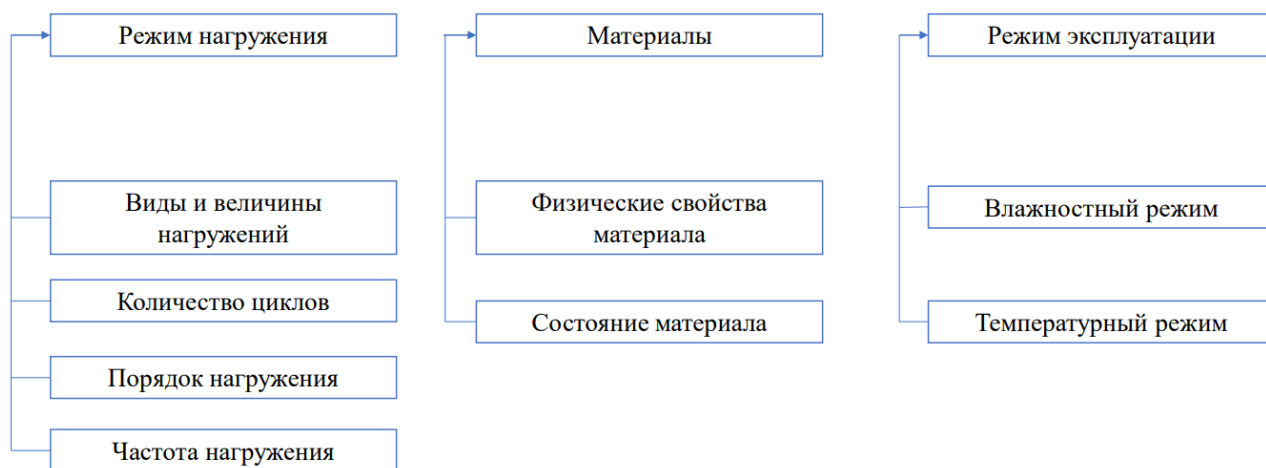


Рисунок 4 – Систематизация случайных факторов



Рисунок 5 – Факторы влияющие на целевой показатель надёжности

Проверка конструкции на надёжность и методики моделирования *Calculation of reliability indices and simulation methods*

В сущности проверка на надёжность представляет из себя реализацию следующего неравенства:

$$Pf < [Pf]$$

Из этого следует, что для различных групп предельных состояний для всего пролётного строения в целом и для отдельных его узлов в частности справедливо:

1 ГПС для всего пролётного строения

$$P_{fI1} + P_{fI2} + P_{fIn} < [P_{fI}]$$

2 ГПС для всего пролётного строения

$$P_{fII1} + P_{fII2} + P_{fIIIn} < [P_{fII}]$$

1 ГПС для отдельных узлов пролётного строения

$$P_{fII} < [P_{fI}]$$

2 ГПС для отдельных узлов пролётного строения

$$P_{fIII} < [P_{fII}]$$

где:

P_f – вероятность отказа

Вероятностные методы учёта факторов

Все показатели надёжности, которые могут быть использованы при формулировании нормативных требований к строительным конструкциям представляют собой достаточно простые функции вероятности отказа за какой-либо определенный промежуток времени. Поэтому основной задачей вероятностный расчётов является вычисление вероятности отказа.

Условие отказа математически выражается неравенством:

$$R - Q < 0$$

В общем случае R и Q – случайные величины. В некоторых случаях (например, при рассмотрении требований жесткости) R может быть детерминированным ограничением.

Вероятность отказа есть вероятность реализации неравенства:

$$P_f = Prob\{R - Q < 0\} = \int_0^{\infty} Fr(x)fq(x)dx$$

где:

$Prob(A)$ – вероятность реализации события A

Fr – функция распределения вероятностей величины R

fq – плотность распределения вероятностей величины Q

Метод статистических испытаний

Производятся испытания по схеме Бернулли, при этом:

$$v = \frac{K}{m} \approx P_f$$

где

k – число отказов (число выполнений функции $Q > R$)

m – количество испытаний

Преимущество: математическая простота

Недостатки: издержки, связанные с дороговизной физического моделирования и время-затратами. Некоторые предметы исследования не поддаются физическому моделированию (особенно натурному).

Назначение: определение надёжности физических свойств материалов, определение надёжности отдельных конструкций

Метод Монте-Карло

Более эффективным, дающим меньший разброс оценки вероятности отказа по сравнению с предыдущим, является метод статистического моделирования, получивший название метода Монте-Карло. Интеграл (XXX) – это математическое ожидание функции F_k , а несмещенной эффективной оценкой математического ожидания является среднее выборочное значение.

Поэтому

$$\bar{P}_f = \int_0^{\infty} F_r(x) f_q(x) dx = \overline{F_r(Q)} \approx \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_r(Q_i)$$

где

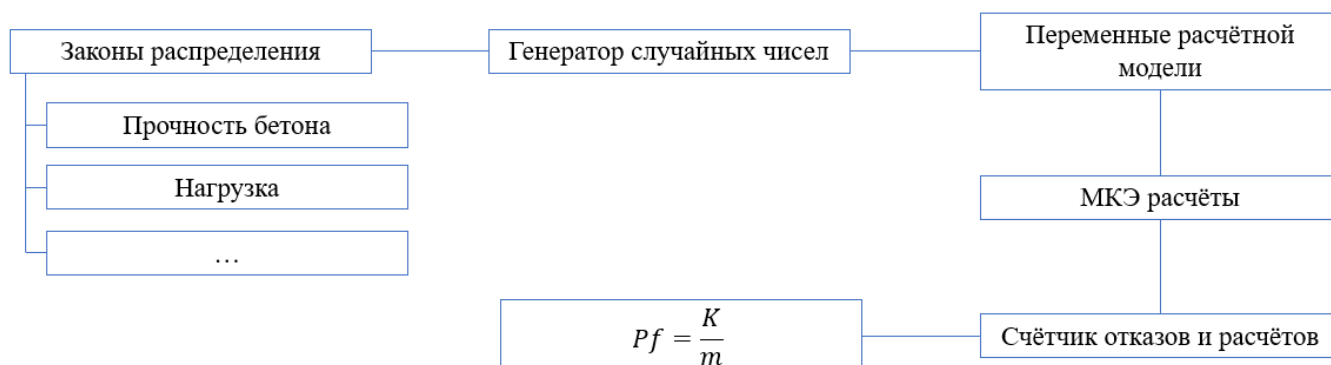
m – число испытаний

$\bar{\xi}$ – математическое ожидание величины ξ

Рисунок 6 – Блок-схема принципа Монте-Карло

Преимущество: Высокая точность компьютерного моделирования, возможность натурного моделирования полноразмерных пролётных строений

Недостатки: Огромное время счёта (зависит от преднастроек самого



МКЭ расчёта и от размера выборки)

Назначение: определение надёжности всего пролётного строения в целом

Модификация Метода Монте-Карло со стратифицированными выборками

Известно несколько модификаций метода Монте-Карло, в которых эффективность метода повышается за счёт уменьшения дисперсии оценки.

Одним из способов уменьшения дисперсии оценки является стратификация моделируемой выборки. Для этого интервал интегрирования разбивается на n классовых интервалов:

$$\begin{aligned}\bar{P}_f &= \int_0^{\infty} F_r(x) f_q(x) dx \\ &= \sum_{j=1}^n \int_{Q_{j-1}}^{Q_j} F_r(x) f_q(x) dx = \sum_{j=1}^n \left(\int_{Q_{j-1}}^{Q_j} f_q(x) dx \right) [\overline{F_r(Q_j)}]_j = \\ &= \sum_{j=1}^n P_{qj} [\overline{F_r(Q_j)}] \approx \sum_{j=1}^n P_{qj} \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} F_r(Q_{ji})\end{aligned}$$

где

P_{qj} – вероятность попадания величины Q в j -ый классовый интервал;

m_j – число реализаций величины Q , попавших в j -ый классовый интервал

Q_{ji} – i -ая реализация случайной величины Q в j -ом классовом интервале

Очевидно, что дисперсия оценки в этом случае резко уменьшается, т.к. она является суммой весьма малых дисперсий случайных величин, ограниченных на одном классовом интервале. Однако, при вычислении малых вероятностей классовые интервалы, дающие основной вклад в оценку, лежат в области маловероятных значений величины Q . Поэтому значительная часть выборки оказывается ненужной и необходимое число реализации будет довольно большим.

Преимущества: такие же как у Монте-Карло без выборок; сокращённое время расчёта

Недостатки: такие же как у Монте-Карло без выборок; необходимо стратифицировать выборки

Назначение: такое же как у Монте-Карло без выборок

First-Order Reliability Method / Second-Order Reliability Method
Методы определения надёжности первого и второго порядков

Более рациональным по сравнению с чисто численным методом Монте-Карло является использование полуаналитических методов FORM и SORM, суть которых сводится к приближенному итерационному поиску «расстояния» β до «безопасной зоны» на основе анализа распределений параметров модели (рис.7).

В случае FORM граница «безопасной зоны» определяется аппроксимированной линейной функцией.

В случае SORM — квадратичной.

Преимущества: полуаналитическая природа метода; значительное снижение требуемого количества выборок, и, как следствие, времени расчета.

Недостатки: число требуемых выборок прямо зависит от числа переменных расчетной модели, поэтому производительность данного метода уменьшается с вводом дополнительных исходных данных в вероятностной постановке.

Назначение: такое же как у Монте-Карло

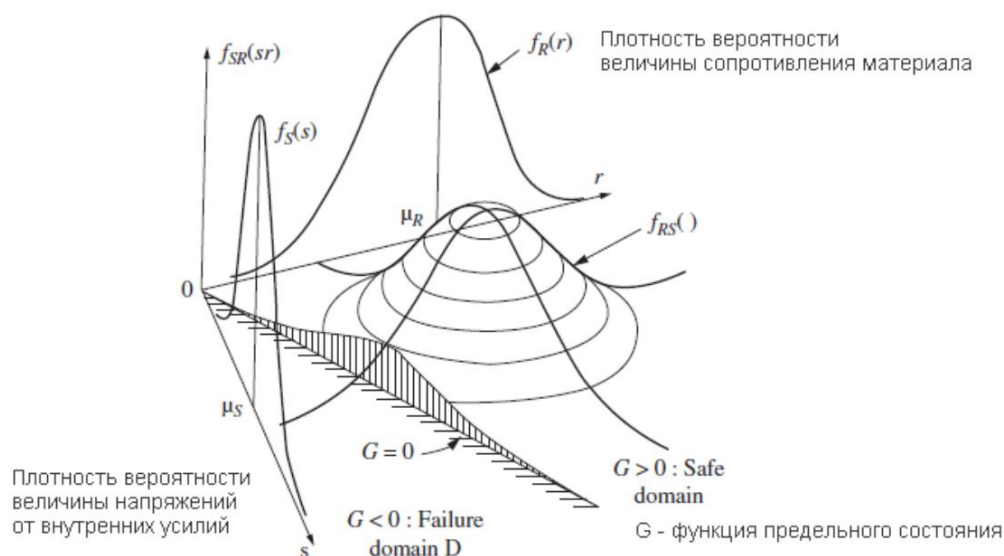


Рисунок 7 – 3D распределение выборок двух переменных

Возможные инструменты для моделирования

Все выше описанные численные и численно-аналитические методы реализованы в специальном модуле специализированного комплекса расчёта строительных конструкций SOFiSTiK – Rely Module производства коллектива STRUREL. В комплекте к программному комплексу также приложены специальные руководства (мануалы) для использования специальных модулей.



RELY

Structural Reliability powered by Strurel®

SOFISTIK | 2024



[Contents](#) | [RELY](#)

Contents

Contents	i
1 Task Description	1-1
2 Theoretical Principles	2-1
2.1 Introduction	2-1
2.2 The reliability problem	2-2
2.3 Monte Carlo simulation	2-3
2.4 FORM - First-Order Reliability Method	2-4
2.5 SORM - Second-Order Reliability Method	2-7
2.6 Importance sampling	2-7
2.7 Line sampling	2-7
2.8 Directional sampling	2-9
2.9 Adaptive sampling	2-9
2.10 Subset simulation	2-10
Bibliography	2-13
3 Input Description	3-1
3.1 Input Language	3-1
3.2 Input Records	3-1
3.3 CTRL - Control switches	3-2
3.4 OUTP - Output control	3-4
3.5 VAR - Random Variables	3-5
3.6 CORR - Correlation	3-8
3.7 PROJ - Define the SOFISTIK project that evaluates the limit-state function	3-9
3.8 FUNC - Define a limit-state function	3-10
3.9 SLSF - Define the system limit-state function	3-11
3.10 MC - Monte Carlo simulation	3-12
3.11 IS - Importance sampling	3-14
3.12 LS - Line sampling	3-15
3.13 DS - Directional sampling	3-16
3.14 ADS - Adaptive sampling	3-17
3.15 FORM - First order reliability method	3-18
3.15.1 SPNT: Starting solution	3-19
3.15.2 Convergence criteria	3-19
3.15.3 OPTA: Optimization algorithms	3-19
3.15.4 Finite difference scheme	3-21
3.16 SORM - Second order reliability method	3-22
3.17 MVFO - Mean value first order	3-23

SOFISTIK 2024

i

Рисунок 8 – Возможности специализированного модуля RELY ПК SOFiSTiK

Заключение

Был проведён анализ факторов надёжности сталежелезобетонных пролётных строений искусственных сооружений автомобильных дорог (мостовых сооружений). Была предпринята первая попытка выявления и систематизации значимых факторов надёжности. Определены ключевые узлы и зависимость между их надёжностью и надёжностью всего сооружения в целом. Определены случайные факторы и их составляющие, определяющие надёжность отдельных узлов и всего пролётного строения в целом. Предложены апробированные методики моделирования показателей надёжности. Определены преимущества и недостатки различных способов, а также их назначение.

Для более точной, количественной оценки влияния различных случайных факторов на надёжность всего пролётного строения в целом и отдельных его узлов в частности, требуются соответствующие исследования с применением указанных апробированных методик.

Список литературы

1. Корнеев М.М. – Сталежелезобетонные мосты. Теоретическое и практическое пособие по проектированию
2. Райзер В.Д. - Теория надёжности в строительном проектировании
3. Ведяков И.И., Райзер В.Д. Надёжность строительных конструкций: Теория и расчёт
4. Петин С.В. - Строительные конструкции зданий и сооружений. Эксплуатационная надёжность металлических конструкций
5. Melchers R.E. - Structural Reliability Analysis and Prediction
6. SOFiSTiK AG - SOFiSTiK Rely Manual
7. ГОСТ 27751-2014. Надёжность строительных конструкций и оснований
8. СП 159.1325800.2014 Сталежелезобетонные пролётные строения автодорожных мостов. Правила расчёта
9. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы
10. ГОСТ 33390-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Мосты. Нагрузки и воздействия
11. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.

Сведения об авторе:

Зорочкин Олег Александрович, студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, россия
Zorochkin Oleg Alexandrovich, student, Saint Petersburg State University of architecture and civil engineering, Saint Petersburg, Russia

Греков М.А.

Российский новый университет, Москва, Россия

Дообучение модели CLIP для автоматической генерации описаний изображений

Аннотация: Предметом исследования является разработка методики дообучения модели CLIP для генерации текстовых описаний изображений. Объект исследования — процесс автоматизации аннотирования визуального контента. В исследовании применялись методы глубинного обучения, трансферного обучения и интеграции трансформерных архитектур. Рассматриваются такие аспекты, как оптимизация гиперпараметров и повышение качества аннотаций. В результате выявлено улучшение точности и разнообразия текстов. Основными выводами являются повышение доступности информации и эффективности обработки данных. Вкладом автора в исследования является адаптация CLIP к задаче генерации описаний. Автор приходит к выводу, что предложенный подход упрощает работу с медиаконтентом и поддержку лиц с ограниченными возможностями.

Ключевые слова: мультимодальные модели, машинное обучение, компьютерное зрение, обработка текста, дообучение, аннотирование, доступность, нейронные сети.

Grekov M.A.

Fine-tuning of the CLIP model for automatic image caption generation

Abstract: The subject of the study is the development of a methodology for fine-tuning the CLIP model to generate textual descriptions of images. The object of the study is the process of automating the annotation of visual content. The research employed methods of deep learning, transfer learning, and the integration of transformer architectures. Aspects such as hyperparameter optimization and the enhancement of annotation quality were examined. The results revealed improvements in the accuracy and diversity of the generated texts. The main conclusions highlight the increased accessibility of information and the efficiency of data processing. The author's contribution to the research lies in the adaptation of the CLIP model to the task of description generation. The author concludes that the proposed approach simplifies working with media content and provides support for individuals with disabilities.

Key words: multimodal models, machine learning, computer vision, text processing, fine-tuning, annotation, accessibility, neural networks.

ВВЕДЕНИЕ

Современные цифровые технологии сопровождаются стремительным ростом объема визуального контента (фотографий, видеороликов, иллюстраций), размещаемого в интернете, социальных сетях и

специализированных архивах. Этот процесс подчеркивает необходимость разработки инструментов для автоматической обработки таких данных, включая их классификацию, поиск и аннотирование. Традиционные подходы, такие как ручное описание или использование базовых алгоритмов машинного обучения, не отвечают требованиям скорости и масштабируемости, что делает актуальным поиск новых решений [2].

Мультимодальные модели, объединяющие обработку визуальной и текстовой информации, стали ключевым направлением исследований в области искусственного интеллекта. Одной из наиболее значимых разработок является модель CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training), созданная OpenAI [7]. Она демонстрирует высокую эффективность в задачах сопоставления изображений и текстов благодаря предварительному обучению на больших наборах данных. Однако её базовая версия ориентирована на классификацию и поиск, а не на генерацию текстовых описаний, что ограничивает применение в задачах автоматического аннотирования [8]. Исследования, такие как CLIP4Clip [6] и работы по мультимодальному контрастному обучению [2], показывают, что адаптация подобных моделей требует интеграции дополнительных компонентов, таких как трансформер-декодеры, и тонкой настройки гиперпараметров.

Настоящее исследование опирается на методологию глубинного обучения, включая трансферное обучение и интеграцию трансформерных архитектур [8, 3]. Использовался датасет COCO [5], который предоставляет обширный набор изображений с аннотациями, что делает его подходящим для задач генерации текстов. Методология включает разработку модифицированной версии CLIP с добавлением трансформер-декодера, оптимизацию гиперпараметров и анализ результатов, направленных на повышение качества аннотаций.

Цель исследования заключается в разработке и тестировании методики дообучения модели CLIP с архитектурой ViT-B/32 для создания точных, информативных и уникальных текстовых описаний изображений. Задачи исследования включают анализ структуры CLIP, реализацию дообучения, сравнение производительности с исходной моделью и оценку практической значимости подхода. Далее представлена методология, обеспечивающая достижение поставленной цели, и результаты экспериментов, подтверждающие эффективность предложенного подхода.

1. МЕТОДОЛОГИЯ ДОБУЧЕНИЯ

1.1. Структура и особенности модели CLIP

Модель CLIP состоит из двух основных компонентов: визуального энкодера, основанного на архитектуре Vision Transformer (ViT) и текстового энкодера, использующего трансформерную архитектуру [8]. Визуальный энкодер преобразует изображения в векторные представления, разбивая их на патчи фиксированного размера (в данном случае 32×32

пикселя). Текстовый энкодер выполняет аналогичную задачу для текстов, преобразуя их в векторы той же размерности. Предварительное обучение модели направлено на максимизацию косинусного сходства между соответствующими векторами изображений и текстов, что обеспечивает высокую точность в задачах классификации и поиска [7].

Архитектура ViT-B/32 включает 12 трансформерных слоев с размерностью скрытого слоя 768 [3]. Эта конфигурация оптимальна для обработки изображений среднего разрешения, обеспечивая баланс между вычислительной нагрузкой и качеством представления данных. Однако отсутствие встроенного механизма генерации текста в исходной версии CLIP требует значительных модификаций для адаптации к задаче создания описаний. Данный раздел описывает изменения, внесенные в модель для решения этой задачи.

1.2. Модификации для дообучения

Для достижения цели исследования были реализованы следующие изменения в модели CLIP:

Интеграция трансформер-декодера. В базовую архитектуру добавлен декодер на основе GPT-2 [9], который принимает векторное представление изображения от визуального энкодера и генерирует текстовое описание в авторегрессивном режиме. Это позволяет модели создавать связные и контекстуально точные тексты, расширяя её функциональность.

Настройка гиперпараметров. Для стабильности обучения скорректированы следующие параметры:

Размер партии (batch size): 64, для точной оптимизации градиентов.

Скорость обучения (learning rate): $1e-6$, для предотвращения разрушения предварительно обученных весов.

Количество эпох: 5, для полной адаптации модели к новой задаче.

Эти параметры выбраны на основе экспериментов, обеспечивая оптимальное соотношение скорости и качества обучения.

Оптимизация функции потерь. В дополнение к контрастным потерям CLIP введена функция, стимулирующая разнообразие текстов, что минимизирует шаблонные описания и повышает уникальность аннотаций.

Подготовка данных. Использовался датасет COCO [5], содержащий изображения с множественными аннотациями. Изображения нормализованы до размера 224×224 пикселя, тексты токенизированы с применением современных методов обработки естественного языка.

Эти модификации адаптировали CLIP к задаче генерации текстов, сохранив её способности к сопоставлению данных. Следующий раздел описывает процесс дообучения и эксперименты, подтверждающие эффективность подхода.

2. ПРОЦЕСС ДОБУЧЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ

2.1. Этапы дообучения

Процесс дообучения включал следующие этапы:

Подготовка данных. Изображения из датасета COCO [5] подверглись нормализации яркости, изменению размера и удалению шумов. Текстовые аннотации токенизированы и очищены, обеспечивая совместимость с текстовым энкодером.

Начальное дообучение. Первая эпоха закрепила базовые знания модели о взаимосвязях между изображениями и текстами, сохранив её исходную точность.

Основное дообучение. Последующие четыре эпохи обучали трансформер-декодер генерации текстов, фокусируясь на создании описаний с учетом контекста и семантических деталей.

Мониторинг метрик, таких как Precision@5 и BLEU, позволил корректировать обучение и избегать переобучения. Этот раздел переходит к описанию гиперпараметров и экспериментальной проверки.

2.2. Гиперпараметры и оптимизация

Таблица 1. Гиперпараметры дообучения модели CLIP

Параметр	Значение
Batch Size	64
Initial Learning Rate	10^{-6}
Optimizer	AdamW
Weight Decay	0.01
Number of Training Epochs	5

Гиперпараметры, представленные в Таблице 1 выбраны на основе анализа датасета и задачи. Оптимизатор AdamW с weight decay 0.01 обеспечил стабильность, а скорость обучения $1e-6$ позволила адаптировать модель без потери базовых характеристик.

2.3. Экспериментальная проверка

Эффективность дообучения оценивалась на независимой выборке из COCO [3]. Модель сравнивалась с исходной версией CLIP по метрикам точности и качества текстов. Устойчивость проверялась на изображениях с шумом и низким разрешением, подтверждая практическую применимость подхода. Результаты экспериментов представлены далее.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ

3.1. Количественные показатели

Дообученная модель показала улучшение по сравнению с исходной:

Precision@5: 100% (полное соответствие топ-5 предсказаний).

Recall@1: 86.86% (увеличение на 0.7% по сравнению с базовой моделью).

Mean Reciprocal Rank (MRR): рост на 0.45%.

Эти результаты подтверждают эффективность интеграции трансформер-декодера и оптимизации гиперпараметров, улучшая точность и разнообразие текстов.

3.2. Качественный анализ

Таблица 2. Сравнение аннотаций

Изображение	Базовая модель	Дообученная модель
Изображение вазы с розами	Ваза с цветами на обеденном столе	Две оранжевые розы в маленькой вазе с водой
Изображение собаки на поводке	Черная собака в ошейнике, прогуливающаяся вокруг	Собака на поводке рядом с розовой скамейкой
Изображение мотоцикла	Мотоцикл, изготовленный по индивидуальному заказу	Серебристо-черный спортивный мотоцикл, припаркованный возле здания

В таблице 2 рассмотрены некоторые сравнения аннотаций, произведённых базовой и дообученной моделями.

Дообученная модель демонстрирует более детализированные и контекстуально точные описания. Например, для изображения с вазой роз она указывает цвет и количество цветов, что делает аннотацию более информативной. Это подтверждает способность модели улавливать тонкие семантические особенности. Пример изображения с вазой роз на столе, представлен на Рисунке 1.

Предсказание: Two orange roses in a small vase with water.



Рисунок 1. Изображение, использованное для генерации текстового описания
дообученной моделью CLIP

На изображении показан деревянный стол, на котором стоит стеклянная ваза с яркими красными розами. Дообученная модель сгенерировала описание: «Две оранжевые розы в маленькой вазе с водой». Текст отражает визуальные детали и демонстрирует высокую точность аннотирования.

3.3. Расширенный анализ результатов

Дополнительно был проведен анализ устойчивости модели к различным условиям: обработке изображений с шумом, низким разрешением и частичным затемнением. Результаты показали, что модель сохраняет стабильность, генерируя адекватные описания даже при ухудшении качества входных данных. Метрика BLEU выявила снижение повторяемости текстов на 15%, что подчеркивает успех оптимизации функции потерь для повышения разнообразия.

Качественный анализ также включал сравнение с другими мультимодальными моделями, такими как BLIP и VILT. Дообученная версия CLIP показала сопоставимые результаты при меньших вычислительных затратах, что делает её перспективной для практического применения. Основное преимущество заключается в сочетании точности классификации и способности к генерации текстов, что редко встречается в одной модели. Далее подводятся итоги исследования.

Заключение

Дообучение модели CLIP с использованием трансформер-декодера и тщательной настройки гиперпараметров позволило значительно повысить её производительность в задаче генерации текстовых описаний изображений. Модель демонстрирует высокую точность, информативность и разнообразие аннотаций, что делает её ценным инструментом для автоматизации обработки медиаконтента и повышения доступности информации для лиц с нарушением зрения. Разработанный подход вносит вклад в развитие мультимодальных технологий, обеспечивая эффективную интеграцию визуальных и текстовых данных. Перспективы дальнейших исследований включают адаптацию методики к другим датасетам, расширение её применения на видео и мультимедийные архивы, а также оптимизацию вычислительных ресурсов для реального времени [6, 9].

Список литературы

1. Brown T.B., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901.
2. Chen H., Li G., Liu X. et al. Multimodal Contrastive Learning with Labeled and Unlabeled Data // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2021. P. 12365–12375.

3. Dosovitskiy A., Beyer L., Kolesnikov A. et al. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale // International Conference on Learning Representations. 2021. URL: <https://openreview.net/forum?id=YicbFdNTTy>
4. Li K.S., Wang Y., Gao J. et al. Align before Fuse: Vision-and-Language Navigation in Continuous Environments // Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. 2020. P. 9432–9444.
5. Lin T.-Y., Maire M., Belongie S. et al. Microsoft COCO: Common Objects in Context // European Conference on Computer Vision. 2014. P. 740–755. DOI: 10.1007/978-3-319-10602-1_48.
6. Luo H., Ji L., Shi B. et al. CLIP4Clip: An Empirical Study of CLIP for End to End Video Clip Retrieval // arXiv preprint. 2021. arXiv:2104.08860. URL: <https://arxiv.org/abs/2104.08860>
7. Radford A., Kim J.W., Hallacy C. et al. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision // Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. 2021. P. 8748–8763.
8. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008.
9. Zhang R., Han J., Zhou C. et al. Zero-Shot Text-to-Image Generation // European Conference on Computer Vision. 2020. P. 123–139. DOI: 10.1007/978-3-030-58452-8_8.
10. Zhou L., Palangi H., Zhang L. et al. Improving Multimodal Representation Learning via Fine-Tuning Contrastive Language-Image Models // Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. 2022. P. 5678–5692.

Сведения об авторе:

Греков Максим Александрович, магистрант, Российский новый университет, Москва, Россия
Grekov Maxim Aleksandrovich, Master's student, Russian New University, Moscow, Russia

УДК: 004.94:631.671.1

Волков А.С.

Институт «Академия строительства и архитектуры», Симферополь, Россия

Моделирование влажности почвы с помощью программного продукта HYDRUS-1D

Аннотация: Статья посвящена оценке перспектив использования программного продукта HYDRUS-1D для моделирования влажности почвы. В вододефицитных регионах особое значения для устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли имеет внедрение водосберегающих технологий, в том числе оперативное управление режимами орошения. Несмотря на то, что настоящее время для этих целей широко используется инструментальный подход, основанный на применении портативных приборов, все чаще рассматривается возможность внедрения математического моделирования влажности почвы в производственный процесс. Результаты проведенного исследования показали, что использование программного продукта HYDRUS-1D позволяет с высокой точностью моделировать влажность почвы.

Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, почва, влажность, моделирование, HYDRUS-1D.

Volkov A.S.

Soil moisture modeling using the hydrus-1d software product

Abstract: The article is devoted to assessing the prospects for using the HYDRUS-1D software product for modeling soil moisture. In water-deficient regions, the introduction of water-saving technologies, including operational management of irrigation regimes, is of particular importance for the sustainable development of the agricultural industry. Although an instrumental approach based on the use of portable devices is now widely used for these purposes, the possibility of introducing mathematical modeling of soil moisture into the production process is increasingly being considered. The results of the study showed that the use of the HYDRUS-1D software product allows you to model soil moisture with high accuracy.

Key words: water scarcity, soil, humidity, modeling, HYDRUS-1D.

На современном этапе развития человечества особую актуальность приобрела проблема нехватки пресных водных ресурсов, необходимых не только для покрытия питьевых и коммунально-бытовых нужд людей, но и устойчивого развития отраслей экономики. В вододефицитных регионах для ее решения повсеместно начал внедряться комплекс мер, направленных на экономное расходование вод. В сельском хозяйстве для сглаживания негативных последствий нехватки водных ресурсов стали широко использовать водосберегающие технологии, включая оптимальное использование выпадающих осадков.

Оперативное управление режимами орошения с учетом воздействия погодных условий требует регулярного наблюдения за влажностью почвы.

Хотя в настоящее время для этих целей широко используется инструментальный подход, основанный на применении портативных приборов, все чаще рассматривается возможность внедрения математического моделирования влажности почвы в производственный процесс [1, с. 326].

На современном этапе развития науки и техники разработан широкий ряд агрогидрологических моделей, позволяющих оценивать изменение данного показателя состояния почвы. К ним относятся: HYDRUS, SWAP, MOPECO SALT, WAVE, SALTMED, ENVIRO-GRO, WANISIM и мн. др. Данные агрогидрологические модели предназначены для анализа процессов теплопереноса, движения влаги и растворенных веществ в пористых средах с переменной насыщенностью [2, с. 114].

Остановимся более детально на зарубежной модели HYDRUS, получившей распространение на территории Российской Федерации и находящейся в открытом доступе.

Программный пакет HYDRUS был разработан для моделирования на базе Windows (Windows 10, Windows 8, Windows 7, Windows Vista, Windows XP). Его использование на практике позволяет получить графическое отображение изменения заданного показателя, как в пространстве, так и во времени. Имеется три основные разновидности данного программного продукта. HYDRUS-1D находится в открытом доступе, его применение позволяет проводить моделирование в одномерном пространстве. HYDRUS-2D и HYDRUS-2D/3D расширяют возможности использования данной агрогидрологической модели, так как учитывают передвижение воды, тепла и растворенных веществ не в одном, а соответственно в двух и трех измерениях.

Остановимся более детально на находящемся в открытом доступе программном продукте HYDRUS-1D. В настоящее время его использование позволяет моделировать до десяти растворенных веществ, включая углекислый газ [3, с. 9-10]. Пользовательский интерфейс данного программного пакета включает в себя блоки менеджера проекта, предварительной и окончательной обработки. В первом из них определяется какие модули необходимы для решения поставленной задачи, во втором содержится спецификация параметров, требуемых для успешного запуска программы, а третий включает опции представления результатов моделирования.

Входные данные выдаются в пяти отдельных файлах: SELECTOR.IN (информация о расходе воды, времени, росте корней, переносе тепла и углекислого газа, транспортировке растворенных веществ, содержании ионов, поглощении воды корнями), PROFILE.DAT (сведения об узловых точках); ATMOSPHER.IN (информация об окружающей среде); FIT.IN (сведения о поставленной задаче), METEOR.IN (метеоданные) [3, с. 185].

Программный пакет HYDRUS чаще всего используется для задач, связанных с оценкой изменения почвенных условий под воздействием антропогенной деятельности. Применение данной агрогидрологической модели по мнению ученых в большинстве случаев показывает довольно высокую точность. К примеру, в ходе исследования, проведенного в муниципальном округе Бежа (Португалия) и посвященного оценке риска развития процессов засоления при использовании ограниченно пригодных вод для полива садов, было установлено, что применение программного продукта HYDRUS позволяло моделировать данные по влажности и электропроводности почвы с высокой достоверностью. Так согласно результатам статистической обработки полученных данных по влажности почвы было установлено, что коэффициенты регрессии были близки к целевому значению (1,0) и варьировали от 0,975 до 1,011. Это в свою очередь свидетельствует о том, что смоделированные значения были близки к наблюдаемым[4, с. 9].

Текущее исследование выполнено на примере пилотного участка, расположенного в Первомайском районе Республики Крым и характеризующегося засушливыми природно-климатическими условиями. Грунтовые воды залегают на глубине более 5 м и не оказывают воздействия на водный режим верхнего метрового слоя почвы, классифицированной как темно-каштановая. По гранулометрическому составу она была охарактеризована как глина легкая. Содержание физического песка в метровом слое почвы колеблется от 34,62 до 40,27 %, а физической глины от 59,73 до 65,38 % (таблица 1).

Отбор почвенных образцов для определения влажности термостатно-весовым методом проводился 05.10.2023 и 09.04.2024 г.

Таблица 1.
Гранулометрический состав почвы пилотного участка

Глубина отбора, см	Содержание, %		Основное название почвы по двухчленной гранулометрии
	физический песок	физическая глина	
0–20	38,81	61,19	глина легкая
20–40	39,84	60,16	глина легкая
40–60	40,27	59,73	суглинок тяжелый
60–80	34,62	65,38	глина легкая
80–100	34,83	65,17	глина легкая

На основе собранных данных, характеризующих почвенные и климатические условия (метеоданные ближайшей к территории исследования стационарной метеостанции, расположенной в с. Ишунь Красноперекского района), с помощью программного пакета HYDRUS-

1D было проведено моделирование влажности почвы на 10, 50, 100, 150 и 188 день. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты моделирования влажности почвы

Глубина, см	Влажность почвы, %				
	на 10 день	на 50 день	на 100 день	на 150 день	на 188 день
0–10	14,7852	31,7791	29,6600	19,2261	18,4861
10–20	18,8261	31,2096	28,8678	23,6243	22,5939
20–30	19,3592	28,6067	27,0758	23,8892	22,8783
30–40	20,4125	25,5767	26,3800	24,5992	23,5958
40–50	18,3825	18,7511	22,5051	21,8285	20,9781
50–60	18,6467	18,5241	22,3474	22,1555	21,3314
60–70	18,1839	18,1953	20,9651	21,0987	20,4604
70–80	18,6040	18,5054	20,7349	21,2181	20,6765
80–90	19,1362	18,8074	20,5027	21,3544	20,8966
90–100	19,4114	18,9181	20,2503	21,3785	20,9644

На основе полученных данных моделирования влажности почвы с помощью программного пакета Surfer были построены хроноизоплеты по данному показателю (рисунок 1).

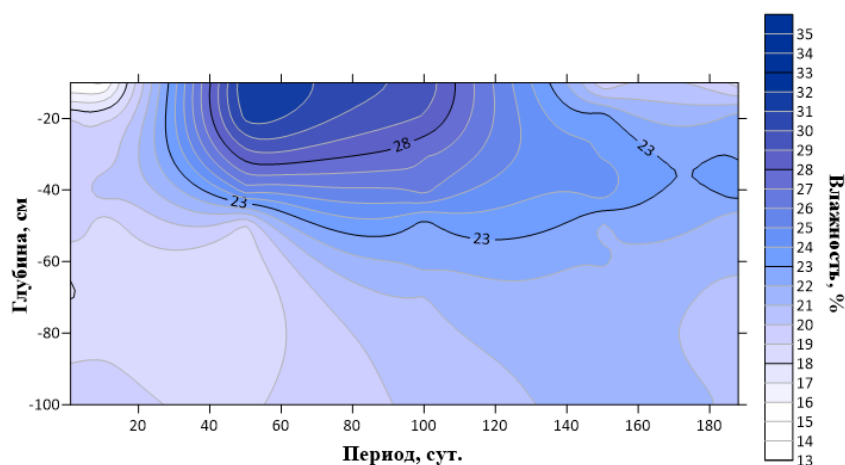


Рисунок 1. Хроноизоплеты влажности почвы

Ниже в таблице 3 приведены смоделированные и фактические данные, отображающие влажность почвы по состоянию на 09 апреля 2024 г.

Таблица 3.

Смоделированные и фактические данные по влажности почвы

Глубина, см	Влажность почвы, %	
	расчетная	фактическая
0–10	18,49	19,26
10–20	22,59	21,51
20–30	22,88	22,15
30–40	23,60	22,28
40–50	20,98	22,76

Глубина, см	Влажность почвы, %	
	расчетная	фактическая
50–60	21,33	21,47
60–70	20,46	20,92
70–80	20,68	20,09
80–90	20,90	20,41
90–100	20,96	20,51

Из анализа таблиц 3 видно, что смоделированные данные близки к фактическим значениям. Величины средней абсолютной и относительной ошибок составили 0,78 и 0,95 % соответственно, что свидетельствует о достаточно высокой точности получаемых результатов и перспективности использования программного пакета HYDRUS-1D для оценки динамики влажности почвы.

Список литературы

1. Ивакин М. В. Оценка перспектив использования влагомера МГ-44 для определения влажности почвы // Неделя науки ИСИ. Сборник материалов всероссийской конференции. – 2024. – С. 328–330.
2. Ивакин М. В. Опыт моделирования солевого режима почв // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – 2023. – С. 113–114.
3. Simunek J. The HYDRUS Software Package for Simulating the One-, Two, and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Technical Manual I, Hydrus 1D, Version 5.0 / J. Simunek, M. Sejna, G. Brunetti, M. T. van Genuchten. – Prague: PC Progress, 2022. – 334 p.
4. Ramos T. B. Water use, soil water balance and soil salinization risks of Mediterranean tree orchards in southern Portugal under current climate variability: Issues for salinity control and irrigation management / T. B. Ramos, H. Darouich, A.R. Oliveira, M Farzaman, T. Monteiro, N. Castanheira, A. Paz, C. Alexandre, M.C. Goncalves, L.S. Pereira // Agricultural Water Management. – 2023. – Volume 283. – № 108319.

Сведения об авторе:

Волков А.С., студент, Институт «Академия строительства и архитектуры», Симферополь, Россия,
Volkov A.S., student, Institute of Academy of Construction and Architecture,
Simferopol, Russia

УДК 7.011

Харса А.В., Калкили М.Р.

Российский университет дружбы народов им «Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Функциональная реализация внедрения технологий с применением искусственного интеллекта в кинопроизводстве

Аннотация: В статье представлено исследование возможностей функционального применения технологий искусственного интеллекта в современном кинематографе. Проанализированы этапы производства, где ИИ-технологии успешно интегрированы. Выявлены факторы, затрудняющие внедрение искусственного интеллекта, систематизированы основные направления интеграции алгоритмических решений на всех этапах кинопроизводства (предпроизводство, производство и постпроизводство). Влияние ИИ на процессы создания кинопродукции: автоматизация производственных процессов, требующих больших временных затрат и производственных мощностей такие как создание графики, визуальных эффектов, написание сценариев, монтажа, аналитика рынка, выявления трендов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ИИ, киноиндустрия, креативные индустрии, генеративные технологии, кинопроизводство.

Harsa A.V., Kalkili M.R.

The functional implementation of artificial intelligence technologies in film prodaction

Abstract: The article examines the potential applications of artificial intelligence (AI) technologies in modern filmmaking. It analyzes the stages of production in which AI is successfully integrated, as well as the factors that complicate the implementation of these technologies. The paper also identifies the main areas of integration for algorithmic solutions throughout all stages of filmmaking (pre-production, production, and post-production). The impact of AI on film production: automation of processes that require a large amount of time and capacity, such as creating graphics, visual effects, writing scripts, editing, market analysis and trend identification.

Keywords: artificial intelligence, AI, film industry, creative industries, generative technologies, film production.

Введение

Развитие цифровых технологий, оказывает большое влияние на сферу киноиндустрии, традиционно представляющая собой ортосоль, занимающаяся производством эстетической продукции с высоким уровнем коммерциализации. Актуальность исследования обусловлена формированием новых тенденций в кино, внедрением современных подходов к кинопроизводству в связи с быстрым развитием технологического оборудования с применением искусственного

интеллекта. Быстрые изменения оказывают воздействие на современного зрителя и его восприятие [1].

В своих работах У. Эко отмечает, что эстетика современного массового искусства заложена на основе постоянного воспроизведения: кинематограф претерпевает фундаментальные изменения в процессах воспроизведения аудиовизуального контента в связи с развитием технологий искусственного интеллекта; меняет фундаментальные подходы к созданию, производству и распространению кинопродуктов на базе принципа постоянного воспроизведения через переосмысление уже созданного контента.

Целью настоящего исследования является анализ функциональных возможностей применения технологий искусственного интеллекта на различных этапах кинопроизводства. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи: проанализировать подходы применения ИИ в киноиндустрии; разработать практические и теоретические аспекты по интеграции технологий ИИ в отечественную киноиндустрию.

Литературный обзор

Историческая траектория проникновения искусственного интеллекта в кинематограф прослеживается от первых экспериментов с компьютерной графикой в 1970-х годах до современных нейросетевых технологий, способных генерировать визуальный контент, неотличимый от созданного человеком [2]. Эволюционные изменения в отрасли требуют переосмысления роли человеческого фактора в создании аудиовизуального контента. Понимание возможностей и ограничений ИИ в кинопроизводстве является необходимостью для анализа дальнейших тенденций развития искусственного интеллекта в кино и искусстве. К. Козырьков в статье «Дружба с машинным обучением» отмечает важность семиотики как инструмента для анализа, возможностей ИИ влиять на создание и интерпретацию контента. Технологии с применением искусственного интеллекта способны не только создавать сценарии и переводы, но и анализировать образцы кинематографического языка, что позволяет создать новые нарративные формы, которые взаимодействуют с традиционными средствами выбранного жанра.

Корреляцию степени развитости ИИ с уровнем качества итогового продукта описывают Волынова Т. С., Третьякова С.В., Свищёв А.В и др. Цифровизация киноиндустрии характеризуется конвергенцией различных технологических решений, среди которых искусственный интеллект выступает катализатором трансформационных процессов. Работы, изучающие феномен взаимодействия техницизма со сферой искусства М. Ямпольского, У.Эко, А. Базена и др.

Взаимодействие с технологиями искусственного интеллекта, формирует новую экосистему производства аудиовизуального контента, размывающую границы между предпроизводственным, производственным и постпроизводственным этапами.

Методы исследования

Актуальность обращения к методологическим исследованиям процессов кинопроизводства как сложноорганизованного междисциплинарного фактора развития современных стилистических направлений, связанные с развитием технологий.

Методологической процедурой, раскрывающая проблему исследования статьи, является анализ сложностей во функциональном внедрении технологий с применением искусственного интеллекта в процессы кинопроизводства.

Материалом для исследования являются статьи и монографии кинокритиков, режиссеров, философов и искусствоведов Д. Вертова, В. Шкловского, К. Ноэля, Л. Кьярини, С. Кагана.

Обсуждение

На предпроизводственном этапе, традиционно считающийся наиболее творчески насыщенным и наименее подверженным автоматизации, прослеживаются динамические изменения на основе внедрения алгоритмических решений. Программные системы, анализирующие массивы сценарных данных и выделяющие паттерны успешных нарративных структур, уже используются крупнейшими студиями при отборе проектов для инвестирования [3]. Нейросетевые алгоритмы, способные генерировать сценарные заготовки или предлагать альтернативные сюжетные повороты. Процесс кастинга также переживает изменения в связи с системами «компьютерного зрения»: программы анализирующие визуальные и аудиальные характеристики актеров, сопоставляющие требования к определенным ролям с ассоциативностью того или иного актера в медиапространстве, а также с его востребованностью [4]. Технологии «цифрового омоложения» или, так называемого, «воскрешения», позволяют применять новые стилистические решения при съемке сюжетов, которые раньше считались нереализуемыми в связи с технологической ограниченностью. Например, корректировать возрастные характеристики актеров в связи с требованием сюжета повествования или полностью воссоздавать образ актера, если по каким-либо обстоятельствам он не смог сняться лично [5].

Инновации с применением искусственного интеллекта открывают пути реализации многих творческих экспериментов, например: технология «виртуальных локаций», позволяющая создавать фотореалистичные трехмерные пространства на основе ограниченного количества исходных изображений, что радикально меняет подходы к организации съемочного

процесса, оказывает влияние на формирование бюджета и исчисления уровня окупаемости картины [3]. Алгоритмы глубокого обучения, применяемые для генерации реалистичных текстур, моделирования физических взаимодействий и анимации персонажей, существенно сокращают временные и финансовые затраты на производство сложных визуальных решений. Применение искусственного интеллекта трансформирует подходы к созданию визуальных эффектов и компьютерной графики.

По данным таблицы №1 прослеживается степень интегрированности ИИ в процессы кинопроизводства. Технологии с применением искусственного интеллекта примерно одинаково ориентированы на три этапа производства (предпродакшн, продакшен и постпродакшн). Необходимо отметить, что ведутся активные, но не очень успешные попытки внедрения ИИ в процессы написания сценариев (предпроизводство). Это обусловлено низким уровнем развития нейросетей, специализированных на обработке и генерации текстов, в частности если текст должен передавать разговорную речь, обусловленную характером персонажа, его этнической принадлежностью бытовыми и когнитивными привычками.

На этапе постпроизводства технологии с применением искусственного интеллекта уже успешно внедрены, пройдя несколько поколений модернизации и усовершенствования: отрисовка графики, анимации, спецэффектов, оптимизация процессов рендеринга и монтажа [Таблица 1].

Таблица 1. Интегрированность ИИ в процессы кинопроизводства.

Этап производства	Технология ИИ	Функциональное назначение	Примеры реализации
Предпроизводство	Генеративные языковые модели	Создание сценарных заготовок	ScriptBook, Dramatify
Предпроизводство	Системы прогнозной аналитики	Оценка коммерческого потенциала проектов	Cinelytic, Vault
Производство	Технологии глубоких подделок	Манипуляции с внешностью актеров	MARZ, Lola VFX
Производство	Генеративные визуальные модели	Создание виртуальных локаций	Unreal Engine MetaHuman
Постпроизводство	Нейросетевые алгоритмы	Автоматизация монтажа	Adobe Sensei
Постпроизводство	Системы компьютерного зрения	Цветокоррекция и градирование	Colorist AI
Маркетинг	Рекомендательные системы	Персонализация промокампаний	Netflix Recommender
Дистрибуция	Предиктивная	Оптимизация стратегий	Movio, Gower

	аналитика		Street

Автоматизированные системы монтажа, способные анализировать эмоциональную динамику сцен и предлагать оптимальные монтажные решения, становятся незаменимыми помощниками на постпроизводственном этапе [6]. Алгоритмы цветокоррекции, обученные на базах данных признанных кинематографических шедевров, способны имитировать визуальную эстетику конкретных режиссеров или исторических периодов, упрощая и поднимая уровень качества художественных решений.

В маркетинг и дистрибуцию кинопродукции активно интегрируются алгоритмические инструменты прогнозирования зрительских предпочтений и оптимизации стратегий продвижения. Рекомендательные системы стриминговых платформ, анализирующие поведенческие паттерны миллионов пользователей, не только персонализируют опыт потребления контента, но и влияют на решения о производстве новых проектов, замыкая цикл обратной связи между зрителем и производителем [Таблица 1].

Традиционная линейная модель производства и дистрибуции кинопроизведений уступает место гибридным подходам, основанные на интерактивном взаимодействии с аудиторией и адаптивном реагировании на изменения зрительских предпочтений; одновременно с исчезновением традиционных специальностей формируются новые профессиональные ниши, требующие сочетания творческих и технических компетенций: специалисты по взаимодействию с ИИ-системами, кураторы нейросетевых решений, менеджеры данных [7].

Текущее состояние отечественной киноиндустрии имеет отставание в освоении технологий искусственного интеллекта. Значимым осложнением является недостаточность инвестиций в научно - исследовательские и опытно - конструкторские работы; отсутствие специализированной инфраструктуры для адаптации зарубежных технологических решений к специфике российского кинопроизводства [4].

Системный анализ существующего технологического потенциала России в отрасли информационных технологий позволяет выделить несколько перспективных направлений [Таблица 2]:

Разработки в области обработки естественного языка, имеющие потенциал для создания адаптированных к российской культурной специфике систем сценарного анализа и генерации.

Развитие программ «компьютерного зрения», создающие предпосылки для развития собственных технологий визуальных эффектов.

Таблица 2. Барьеры и стимулы интеграции ИИ-технологий в российскую киноиндустрию

Категория	Барьеры	Стимулы	Возможные механизмы преодоления барьеров
Технологические	Нехватка специализированных ИИ-решений для киноиндустрии	Наличие сильной математической школы	Создание отраслевых инкубаторов ИИ-стартапов
Экономические	Ограниченность инвестиционных ресурсов	Потенциал оптимизации производственных затрат	Разработка специальных финансовых инструментов
Кадровые	Дефицит специалистов на стыке ИТ и кинопроизводства	Высокий уровень кинообразования	Модернизация образовательных программ
Регуляторные	Неразвитость нормативной базы	Возможность формирования передовой регуляторной среды	Разработка специальных правовых режимов
Культурные	Консерватизм творческого сообщества	Богатая традиция художественных экспериментов	Программы демонстрации успешных кейсов

Особую ценность представляет богатая традиция отечественной кинематографической школы, ориентированной на приоритет художественного содержания над технологической формой [Таблица 2].

Результат

Проведённое исследование позволило осуществить:

Анализ функциональных возможностей применения технологий искусственного интеллекта на различных этапах кинопроизводства;

Обозначение существующие подходы к использованию ИИ в киноиндустрии;

Выделение практических и теоретических аспектов по интеграции технологий ИИ в отечественную киноиндустрию.

Отставание отечественной киноиндустрии в процессах внедрения технологических инноваций с применением искусственного интеллекта может рассматриваться как потенциальное преимущество, позволяющее российской киноиндустрии избежать ошибок первопроходцев и сформировать сбалансированный подход к интеграции ИИ, учитывающий не только экономические, но и культурные аспекты.

Заключение

Применение искусственного интеллекта в кинопроизводстве позволяет оптимизировать, ускорить и повысить качество реализации

технических процессов на всех этапах создания кино. Однако качество, выполняемых задач неоднородно по уровню проработанности и реальной физической готовности к реализации. На сегодняшний день алгоритмы нейросетей успешно интегрируются в программы, предназначенные для графической, анимационной, фото и музыкальной обработки. Технические возможности и потенциал проекта, в котором задействован ИИ расширяются за счёт удешевления и ускорения срока сдачи работ.

Технологическая эволюция ИИ-систем достигла уровня, позволяющего рассматривать качественную трансформацию всей производственной цепочки создания кинопроизведений – от формирования творческого замысла до дистрибуции готового продукта. Характер воздействия технологий с применением искусственного интеллекта на киноиндустрию необходимо оценивать через дифференцированный анализ, учитывающий многоаспектность данного феномена.

Список литературы:

1. Федоров А.В. Киноведение и кинокритика в журнале «Искусство кино» / Федоров А.В., Левицкая А.А., Горбаткова О.И. — Москва: Изд-во ОД Информация для всех, 2025. — С. 403.
2. Поляков А.М., Романишина Т.С., Бондаренко В.А. Исследование применения нейросетей в создании и продвижении кинолент в российской киноиндустрии // Практический маркетинг. 2025. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-primeneniya-neyrosetey-v-sozdanii-i-prodvizhenii-kinolent-v-rossiyskoy-kinoindustrii> (дата обращения: 17.03.2025).
3. Экранные искусства в контексте современных и образовательных процессов // Материалы II Международной научно-практической конференции и научно-практического круглого стола (Москва, 2022г.). — Москва, 2024. — С. 260.
4. Eileen AJ Connelly. AI Can Shave Millions from Film Production Costs Without Replacing Creatives, Study Finds. TheWrap, 2023.
5. Беляева М. Б., Харисов Э.И. Применение нейронных сетей в компьютерной анимации // Colloquium-journal. 2020. №35 (87). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-v-kompyuternoy-animatsii> (дата обращения: 17.03.2025).
6. Алиев Э. В. Проблемы использования цифровых технологий в киноиндустрии // European Journal of Arts. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ispolzovaniya-tsifrovyyh-tehnologiy-v-kinoindustrii> (дата обращения: 17.03.2025).
7. Chadive V. Reddy. The Impact of Artificial Intelligence on the Film Industry: A Research Study. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management, 9(2), 2025.

Сведения об авторах:

Харса Андрей Викторович, студент, Российский университет дружбы народов им «Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Калкили Мария Рибхи, студент, Российский университет дружбы народов им «Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Harsa Andrey Viktorovich, student of the Patrice Lumumba RUDN University, Moscow, Russia.

Kalkili Maria Ribhi, student of the Patrice Lumumba RUDN University, Moscow, Russia.

УДК 004.89

Кучин Е.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Сравнительный анализ производительности СУБД POSTGRESQL, MONGODB и CASSANDRA с использованием бенчмарка YCSB

Аннотация: В статье представлено экспериментальное сравнение трёх систем управления базами данных: реляционной PostgreSQL, документоориентированной MongoDB и колоночной Cassandra. Использовался бенчмарк YCSB с различными типами нагрузок и варьированием параллельных потоков. Измерялись пропускная способность и задержки операций. Результаты показали преимущества каждой СУБД в различных сценариях использования, что позволяет сделать выводы о применимости в зависимости от профиля нагрузки.

Ключевые слова: СУБД, PostgreSQL, MongoDB, Cassandra, бенчмаркинг, YCSB, производительность.

Kuchin E.A.

Comparative performance analysis of POSTGRESQL, MONGODB, and CASSANDRA DBMS using the YCSB benchmark

Abstract: This paper presents an experimental comparison of three database management systems: relational PostgreSQL, document-oriented MongoDB, and columnar Cassandra. The evaluation used YCSB benchmark with various workloads and concurrent threads. Performance metrics included throughput and operation latencies. Results showed advantages of each DBMS in different usage scenarios, enabling conclusions about applicability based on workload profiles.

Keywords: DBMS, PostgreSQL, MongoDB, Cassandra, benchmarking, YCSB, performance.

Выбор оптимальной системы управления базами данных (СУБД) является критически важной задачей при проектировании информационных систем. Помимо традиционных реляционных СУБД, широкое распространение получили различные NoSQL решения, каждое со своими преимуществами и ограничениями.

Для принятия обоснованного решения необходима объективная оценка производительности с использованием стандартизированных инструментов бенчмаркинга. В данной работе сравниваются три СУБД, представляющие разные архитектурные парадигмы: PostgreSQL (реляционная), MongoDB (документная) и Cassandra (колоночная).

Для оценки выбран YCSB (Yahoo! Cloud Serving Benchmark) благодаря его кросс-платформенности и поддержке всех исследуемых

СУБД [1, с. 183]. YCSB предоставляет стандартизированные рабочие нагрузки (A-F), моделирующие различные сценарии использования. Целью исследования является сравнительная оценка производительности и масштабируемости СУБД при различных нагрузках и уровнях параллелизма.

Методология эксперимента

Целью данной работы является комплексное сравнительное исследование производительности и масштабируемости PostgreSQL, MongoDB и Cassandra при обработке больших объемов данных. Исследование направлено на выявление сильных и слабых сторон каждой СУБД в различных сценариях использования.

Основные задачи включают: разработку методологии объективного тестирования СУБД с различными моделями данных; подготовку большого набора тестовых данных (12 ГБ); проведение серии тестов с использованием YCSB для различных типов нагрузок и уровней параллелизма; анализ и визуализацию результатов для формирования рекомендаций по выбору оптимальной СУБД в зависимости от сценария использования.

Тесты выполнялись на виртуальной машине VMware Workstation Pro 17 со следующими характеристиками: процессор Intel Core i9-12900H (16 vCPU, 2.9 ГГц, Turbo Boost отключен); оперативная память 24 ГБ DDR5 RAM; накопитель NVMe SSD Western Digital S850NX (1512 ГБ); ОС Kubuntu 24.04 LTS.

Программное обеспечение: YCSB 0.17.0, OpenJDK 11.0.26, PostgreSQL 17.4, MongoDB 8.0.6, Apache Cassandra 4.1.8.

Для тестов использовался набор данных, производный от исходного датасета (12 ГБ) научных публикаций, приведенный к структуре YCSB. Для каждой СУБД была проведена специфичная подготовка данных с сохранением совместимости с YCSB.

В тестировании использовались стандартные рабочие нагрузки YCSB: Workload A (50% чтение / 50% обновление); Workload B (95% чтение / 5% обновление); Workload C (100% чтение); Workload D (95% чтение последних записей / 5% вставка); Workload E (95% сканирование / 5% вставка); Workload F (50% чтение / 50% чтение-модификация-запись).

Тесты проводились с числом потоков: 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256. Общее количество записей и операций составляло 4,894,081.

Результаты экспериментов

Результаты максимальной пропускной способности для разных типов нагрузки представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

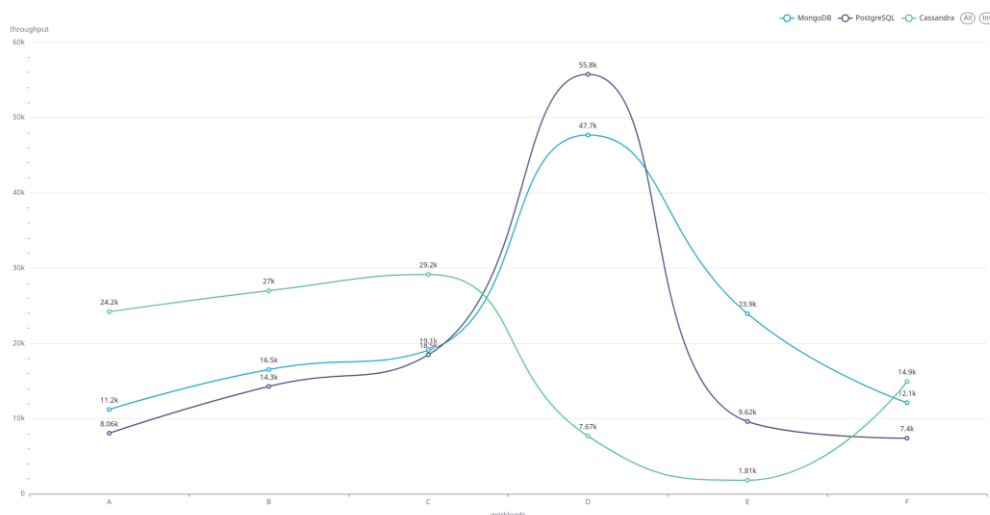


Рисунок 1. Пропускная способность при разных типах нагрузки (k ops/sec)

Таблица 1.
Пропускная способность при разных типах нагрузки (k ops/sec)

Рабочая нагрузка	PostgreSQL	MongoDB	Cassandra
Workload A	8.06	11.2	24.2
Workload B	14.3	16.5	27
Workload C	18.5	19.1	29.2
Workload D	55.8	47.7	7.67
Workload E	9.62	23.9	1.81
Workload F	7.4	12.1	14.9

Анализ результатов показывает, что Cassandra демонстрирует преимущество для Workload A, B, C и F; MongoDB лидирует при операциях сканирования (Workload E), а PostgreSQL показывает исключительную производительность для Workload D (чтение последних записей).

Результаты масштабируемости с увеличением параллелизма представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

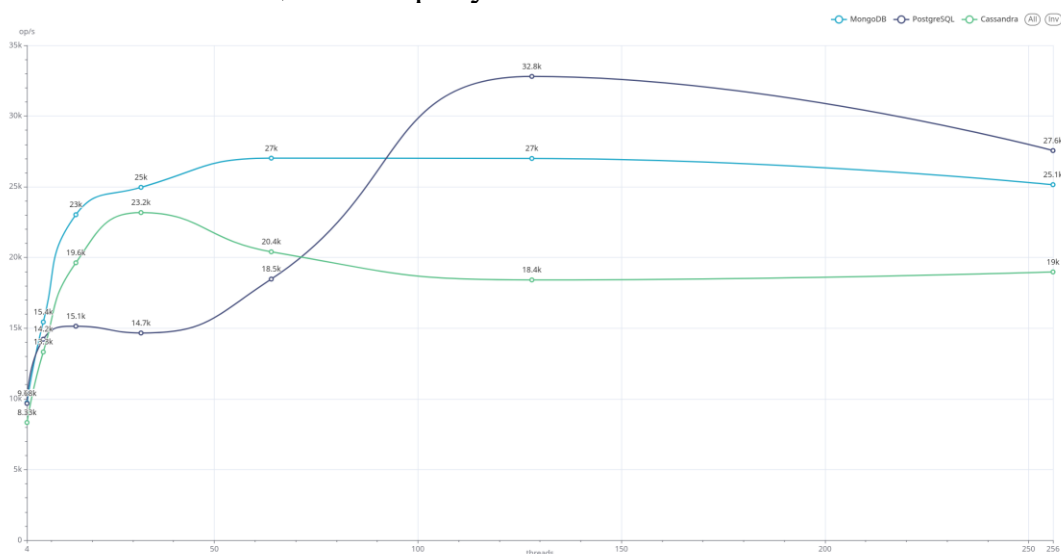


Рисунок 2. Пропускная способность при различном количестве потоков (k ops/sec)

Таблица 2.
Пропускная способность при различном количестве потоков (k ops/sec)

Потоки	PostgreSQL	MongoDB	Cassandra
4	9.68	9.72	8.33
8	14.2	15.4	13.3
16	15.1	23	19.6
32	14.7	25	23.2
64	18.5	27	20.4
128	32.8	27	18.4
256	27.6	25.1	19

MongoDB демонстрирует наилучшую масштабируемость до 64 потоков, Cassandra достигает пика при 32 потоках, а PostgreSQL показывает нелинейный рост с неожиданным пиком при 128 потоках.

Результаты средних задержек чтения при увеличении параллелизма представлены в таблице 3 и на рисунке 3.

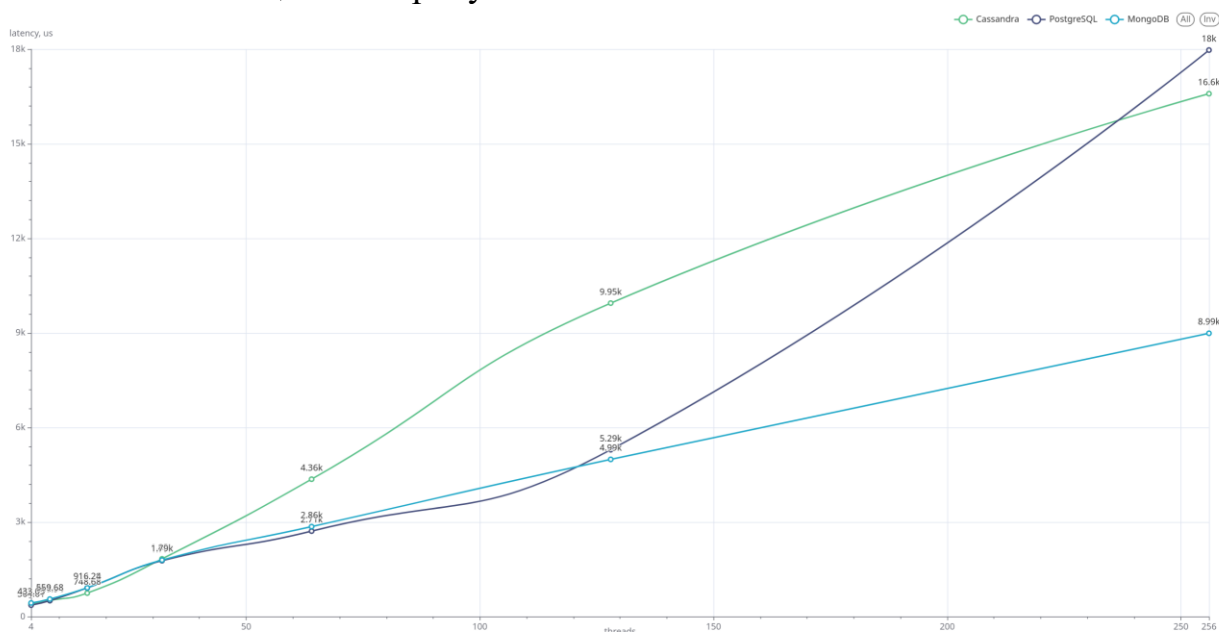


Рисунок 3. Средние задержки чтения при различном количестве потоков (мс)

Таблица 3.
Средние задержки чтения при различном количестве потоков (мс)

Потоки	Cassandra	PostgreSQL	MongoDB
4	408.45	364.61	433.05
8	510.11	507.94	559.68
16	748.69	912.29	916.24
32	1.83k	1.77k	1.79k
64	4.36k	2.71k	2.86k
128	9.95k	5.29k	4.99k
256	16.6k	18k	8.99k

Результаты задержек обновления показывают, что Cassandra стабильно демонстрирует наименьшие задержки обновления, MongoDB

занимает промежуточное положение, а PostgreSQL показывает наибольший рост задержек при увеличении нагрузки.

Интерпретация результатов

На основе полученных экспериментальных данных можно определить области эффективного применения каждой СУБД:

Cassandra демонстрирует превосходную производительность и масштабируемость при операциях записи и смешанных нагрузках (Workloads A, B, C, F). Её архитектура, оптимизированная для записи, обеспечивает стабильно низкие задержки обновления даже при высоком параллелизме [2, с. 59]. Однако Cassandra имеет ограничения при сканировании и работе с последними добавленными записями (Workloads D, E).

MongoDB обеспечивает сбалансированную производительность и лучшую масштабируемость по потокам среди тестируемых СУБД. Особенно эффективна при операциях сканирования (Workload E) и демонстрирует наименьший рост задержек чтения при высоком параллелизме [3, с. 17]. MongoDB представляет компромиссное решение для систем с разнообразными паттернами доступа.

PostgreSQL имеет узкоспециализированное преимущество в производительности для Workload D (чтение последних записей/вставка), что может быть связано с эффективным кешированием новых данных. Для других нагрузок PostgreSQL демонстрирует конкурентоспособную, но не лидирующую производительность.

Важно отметить, что тесты проводились на одном узле, и потенциал масштабируемости Cassandra и MongoDB может быть полностью раскрыт только в кластерных конфигурациях [4, с. 616].

Заключение

Сравнительное исследование производительности PostgreSQL, MongoDB и Cassandra показало, что выбор СУБД должен основываться на характере рабочей нагрузки. Cassandra лидирует при операциях записи и смешанных нагрузках, MongoDB обеспечивает сбалансированную производительность и стабильность при высоком параллелизме, а PostgreSQL эффективна при работе с последними добавленными записями. Результаты предоставляют количественные данные для обоснованного выбора СУБД в соответствии с требованиями конкретного приложения.

Список литературы

1. Cooper B.F., Silberstein A., Tam E., Ramakrishnan R., Sears R. Benchmarking cloud serving systems with YCSB // Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing. SoCC '10. New York: ACM, 2010. P. 183–194.
2. Abramova V., Bernardino J., Furtado P. Which NoSQL Database? A Performance Overview // Open Journal of Information Systems (OJIS). 2014. Vol. 1. № 2. P. 17–24.

3. Moniruzzaman A.B., Hossain S.A. NoSQL Database: New Era of Databases for Big data Analytics Classification, Characteristics and Comparison // International Journal of Database Theory and Application. 2013. Vol. 6. № 4. P. 1–14.
4. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. 616 p.
5. PostgreSQL: Documentation: 17: Chapter 1. Introduction. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.postgresql.org/docs/17/intro-what-is.html> (дата обращения: 15.08.2024).
6. MongoDB Manual: Introduction to MongoDB. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mongodb.com/docs/manual/introduction/> (дата обращения: 15.08.2024).
7. Apache Cassandra Documentation: What is Cassandra? [Электронный ресурс]. URL: https://cassandra.apache.org/_/cassandra-basics.html (дата обращения: 15.08.2024).

Сведения об авторе:

Кучин Е.А., студент, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Научный руководитель: Виноградова М.В., кандидат технических наук, доцент, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Kuchin E.A., master's student, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Scientific supervisor: Vinogradova M.V., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

УДК 622.276

Сагитдинов А.Э.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Оптимизация режима работы низкодебитных скважин на установках комплексной подготовки газа в бескомпрессорный период падающей добычи

Аннотация. В работе рассматриваются основные методы решения проблемы скопления жидкости на забое газоконденсатных скважин на завершающей стадии разработки. Подробно описывается поэтапный опыт применения раздельно-группового перепоключения скважин, применение устьевых эжекторов, подачи водометанольного раствора высокой концентрации в затрубное пространство. Для описания работы скважины представлен узловой анализ системы «пласт-скважина», рассматриваются результаты сопоставления полученных результатов моделирования узлового анализа и промысловых данных.

Ключевые слова: раздельно-групповое перепоключение, устьевой эжектор, газлифт газовых скважин, система «пласт-скважина», индикаторные диаграммы НКД, узловой анализ.

Sagitdinov A.E.

Optimization of the operating mode of low-yield wells at integrated gas treatment plants during the uncompressed period of declining production

Abstract: The paper considers the main methods for solving the problem of liquid accumulation at the bottomhole of gas condensate wells at the final stage of development. It describes in detail the step-by-step experience of using separate-group reconnection of wells, the use of wellhead ejectors, and the supply of high-concentration water-methanol solution to the annulus. To describe the well operation, a nodal analysis of the reservoir-well system is presented, and the results of comparing the obtained results of nodal analysis modeling and field data are considered.

Keywords: Separate-group reconnection, wellhead ejector, gas lift of gas wells, reservoir-well system, tubing indicator diagrams, nodal analysis.

Разрабатываемые в конце двадцатого века валанжинские залежи крупных и уникальных месторождений, таких как Уренгойское и Ямбургское, на сегодняшний день находятся в завершающем периоде разработки. Главной задачей на данном этапе является извлечение остаточных запасов газа, и что немаловажно, газоконденсата. Разработка газоконденсатных месторождений на естественном режиме истощения подразумевает неизбежное падение пластового давления, что в итоге

влияет как на ретроградную конденсацию газоконденсата в пласте, так и на технологический режим работы установки подготовки скважинной продукции (УКПГ).

Закономерной проблемой, возникающей при снижении пластового давления, является увеличение количества добываемой жидкости (в результате проявления упруговодонапорного режима), что приводит к «самозадавливанию» добывающих скважин, то есть к снижению скорости потока газа в стволе скважины в результате выпадения в стволе или скопления на забое скважины пластовой или конденсационной жидкости.

На сегодняшний день наиболее распространённым методом борьбы со скоплением жидкости на забое скважины являются периодические продувки скважины на горизонтальную факельную установку (ГФУ) куста. Продувка скважины осуществляется с установкой шайб различного диаметра в пружер.

К недостаткам метода можно отнести большие безвозвратные потери как по газу, так и по конденсату в результате сожжения их на ГФУ. К тому же, довольно частым явлением в процессе продувки является образование гидратной пробки НКТ, что также требует дополнительной подачи метанола в затрубное пространство скважины. Технологические продувки не решают проблемы обводнения фонда скважин и являются скорее «симптоматическим» методом борьбы с обводнением, с течением времени происходит учащение продувок, а также увеличивается их длительность, все это происходит до тех пор, пока скважина не переходит в бездействующий фонд.

Не менее распространённым методом борьбы с обводнением является замена труб лифтовой колонны на трубы меньшего диаметра. Главными условиями выбора необходимого диаметра НКТ являются: минимальные потери давления по стволу скважины в результате трения и достижение достаточной скорости движения газа для выноса жидкости в ГСК.

Недостатком данного метода является малая продолжительность эффективности данного метода (в среднем 8 – 15 месяцев) и снижение дебитов (на 20 – 50 %) вследствие увеличения потерь на трение.

Интересным решением проблемы может стать технология газлифтной эксплуатации скважин. Принцип газлифтной эксплуатации заключается в уменьшении плотности газожидкостного потока путем закачки дополнительного объема газа на забой скважины, что неизбежно увеличивает скорость газа выше минимально необходимой для выноса жидкости (рис. 1)

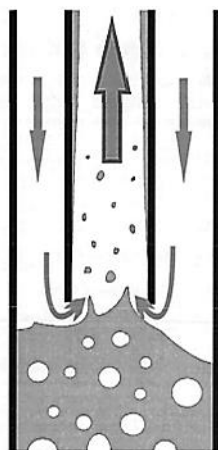


Рисунок 1. Принцип действия газлифта

К объектам внедрения газлифтной технологии применяются следующие критерии: отсутствие пакера на забое скважины; непостоянная работа скважины по причине скопления жидкости на забое (от нескольких часов до двух дней) - отсутствие минимального дебита для выноса жидкости с забоя. Данная технология не может обеспечить длительную постоянную работу скважины, и по прошествии времени затраты на подачу газлифтного газа становятся несоизмеримы с дебитом скважины.

Одним из возможных вариантов, продлевающих работоспособность низкодебитных скважин, является применение газовых эжекторов в обвязке скважины. Идея применения эжекторов основывается на интенсификации добычи скважины со сниженными параметрами за счет энергии высоконапорной скважины того же куста. К недостаткам метода можно отнести нестационарную работу скважин, и как следствие постоянная смена сопла эжектора под более постоянно снижающийся дебит высоконапорной скважины [1].

При кустовом размещении скважин дебит каждой скважины куста определяется противодействием на устье от общего газосборного коллектора. При этом из-за различия в пластовых давлениях скважин и различий в количестве жидкой фазы, отдельные скважины уже не способны работать в общий газосборный коллектор при существующем в нем давлении. Поэтому для работы низкодебитного фонда скважин применяется схема раздельно-группового переподключения ГСК на отдельные технологические нитки НТС.

В качестве коллектора сбора низконапорного газа используются существующие перепускной и факельный коллекторы Ду-150 валанжинских ЗПА. В результате «слабые» кусты эксплуатируются и контролируются отдельно от основного потока сырого газа.

Именно прогнозирование необходимых устьевых параметров скважины для стабильной ее работы уделено внимание в данной работе. Существуют два метода расчета критических параметров стабильной

работы газовой скважины в условиях добычи двухфазного потока: метод узлового анализа, метод критической скорости газа. Наиболее наглядным и детальным является метод узлового анализа. В этом методе скважина и пласт рассматривается как две части одной системы.

Для определения возможности естественного фонтанирования флюида строится две графических зависимости в одной координатной плоскости (рис. 2). Одна из графических зависимостей характеризует пласт и описывается двучленной формулой притока газа и называется «индикаторная кривая притока».

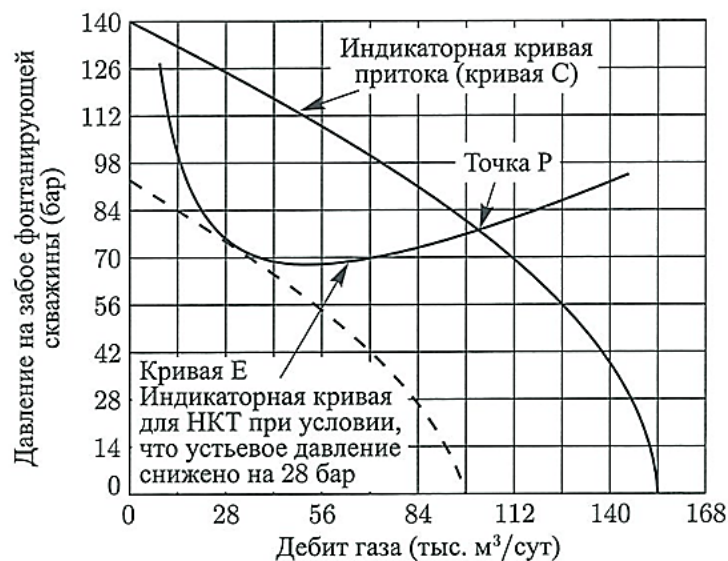


Рисунок 2. Пример индикаторной кривой для НКТ [2]

Графические зависимости притока газа к скважине и движения газа по НКТ имеют общую точку (узловая точка), в которой значения давления, температуры, расхода газа и жидкости имеют одинаковое значение. Индикаторная кривая для НКТ описывает поведение забойного давления фонтанирующей скважины при заданных значениях устьевое давления и диаметра НКТ. Если последние два показателя изменяются, индикаторная кривая для НКТ также меняется. Если скважина добывает жидкости, данные кривые обычно имеют J-образную форму и могут пересекать индикаторную кривую притока в двух точках. На рисунке 2 точка Р символизирует установившийся дебит при пластовом давлении 138 бар. И хотя эти две линии также могут пересекаться в точке, соответствующей дебиту 8,5 тыс.м³/сут это пересечение не отражает установившийся дебит скважины [3].

Для одной валанжинской газоконденсатной скважины были проведены гидродинамические исследования за 2022 и 2024 год, а также построены индикаторные диаграммы НКТ (рис 3).

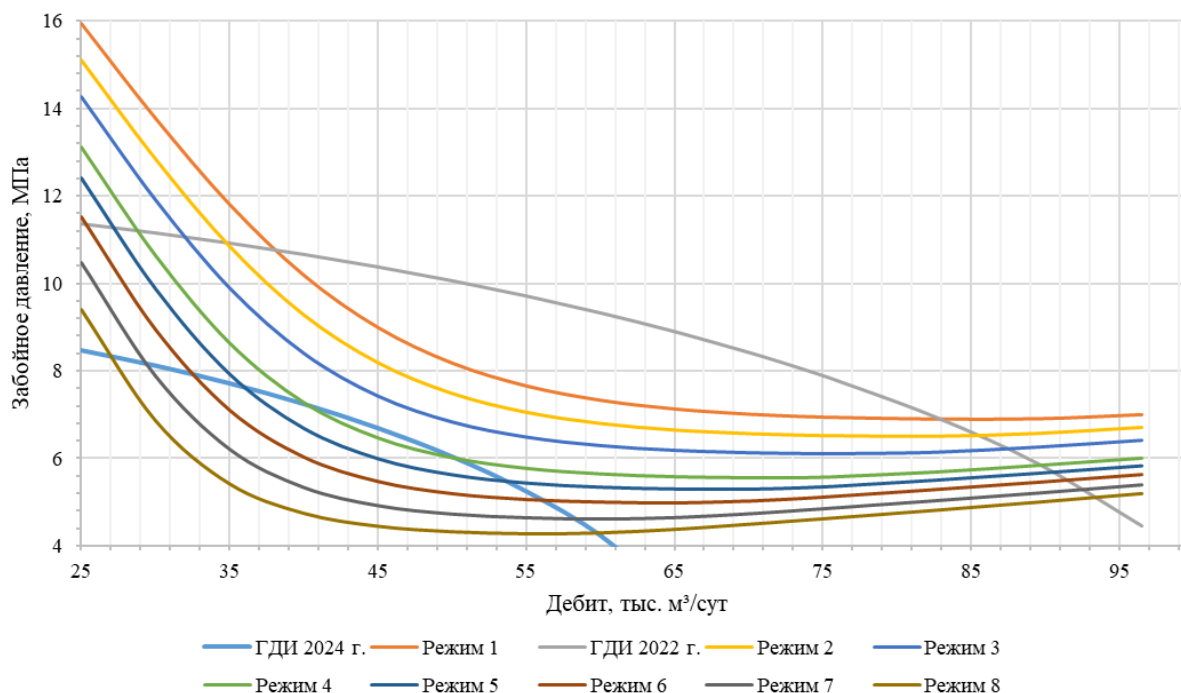


Рисунок 3. Характеристика работы скважины с внутренним диаметром НКТ 60 мм

Оптимальными и стабильными с точки зрения работы рассматриваются режимы с устьевыми давлениями от 3,9 до 3,2 МПа (6, 7, 8 режимы), что было подтверждено промысловыми исследованиями работы скважины при эксплуатации раздельно-групповым методом сбора газа. Таким образом можно сделать выводы о возможности использования узлового анализа системы «скважина-пласт» как методику прогнозирующую устьевые параметры скважины при вводе дожимных компрессорных станций «в голову» установок подготовки газа, при вводе модульных компрессорных установок.

Список литературы:

1. Применение газовых эжекторов на скважинах УКПГ-8В / Мухамадеев Д.Х.// Башкирский химический журнал. – 2008. - №2. – 152-152 с.
2. Greene, W.R.: «Analysing the Performance of Gas Wells», Proc., 25 Annual South-western Petroleum Short Course, Lubbock, TX (1978) 129-35
3. Ли Дж., Ваттенбаргер Р.А. Инжиниринг газовых резервуаров. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – 944 с.

Сведения об авторе:

Сагитдинов Арсен Эдуардович, магистрант, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Научный руководитель: Васильев Александр Иванович, магистр, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Sagitdinov Arsen Eduardovich, Master's student Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Scientific supervisor: Vasiliev Alexander Ivanovich, Master's degree, Senior Lecturer Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

УДК 621.314

Лыткин А.С., Тюханов К.А.

Институт судостроения и морской арктической техники, Северодвинск, Россия

Исследование вопросов повышения экономичности судовых дизелей

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные подходы к исследованию вопросов повышения экономичности судовых дизелей. Рассмотрены потенциальные возможности и перспективы, которые открываются с учетом использования новых технологий и методов. Выполнен анализ влияния совершенствования технологии впрыска и сгорания, использования альтернативных видов топлива, улучшения эксплуатационных практик, интеграции интеллектуальных систем управления на сокращение эксплуатационных расходов и повышение экономичности судовых дизелей.

Ключевые слова: повышение экономичности, снижение выбросов, перспективные методы, затраты на топливо, турбонаддув.

Lytkin A.S., Tyuhanov K.A.

Research of improving the efficiency of marine diesel engines

Abstract. This article discusses the main approaches to the study of improving the efficiency of marine diesel engines. The potential opportunities and prospects that open up with the use of new technologies and methods are considered. The analysis of the impact of improved injection and combustion technology, the use of alternative fuels, improved operational practices, and the integration of intelligent control systems on reducing operating costs and improving the efficiency of marine diesels has been performed.

Keywords: improving efficiency, reducing emissions, promising methods, fuel costs, turbocharging.

Судовые дизели играют ключевую роль в морском транспорте, обеспечивая огромный объем перевозимых грузов и пассажиров. Однако, с учетом глобальных тенденций, направленных на сокращение выбросов и снижение эксплуатационных расходов, вопрос повышения экономичности судовых дизелей становится всё более актуальным.

Секрет успешного судоходства заключается не только в надежности и производительности судов, но и в их экономической эффективности. С каждым годом цены на топливо растут, в то время как требования к экологической безопасности судов ужесточаются. В связи с этим, судоходные компании ищут пути оптимизации своей деятельности, включая:

Снижение затрат на топливо.

Повышение коэффициента полезного действия (КПД) двигателей.

Уменьшение выбросов вредных веществ.

Таким образом, исследование эффективных методов и технологий, направленных на повышение экономичности судовых дизелей, представляет собой актуальную задачу.

Основные направления исследования включают в себя следующие направления:

1. Оптимизация конструкции и характеристик двигателей. Современные системы впрыска и сгорания. Турбонаддув и рекуперация энергии.

Одной из ключевых технологий, влияющих на производительность и экологичность судовых дизелей, является система впрыска топлива. Современные системы прямого и мультифазного впрыска позволяют более точно дозировать топливо, что приводит к увеличению КПД и снижению выбросов. Кроме того, использование технологий организации сгорания, таких как система с использованием вихревых заслонок (Swirl) и различные методы управления временем открытия и закрытия клапанов, помогает улучшить процесс горения, что, в свою очередь, снижает количество выхлопных газов.

1.1 К современным технологиям, позволяющим значительно повысить эффективность турбонаддува, относятся:

1.1.1 Переменная геометрия турбины (VGT). Эта технология позволяет изменять угол лопаток турбины в зависимости от оборотов двигателя, что обеспечивает более эффективный полный цикл сгорания при различных режимах работы. Таким образом, достигается оптимизация мощности и снижение расхода топлива на низких и средних оборотах.

1.1.2 Турбонаддув с двойным впуском. Эта система использует два компрессора для работы с различными диапазонами оборотов. Это не только увеличивает мощность, но и снижает нагрузку на двигатель, что позволяет улучшить его надежность и долговечность.

1.2 К перспективным методам рекуперации энергии относят:

1.2.1 Системы, использующие теплообменники. Эти системы могут преобразовывать тепло отработанных газов в пар, который затем используется для приведения в действие паровых турбин или других механизмов, способствующих генерации электроэнергии.

1.2.2 Тепловые насосы. Они могут использовать отработанное тепло для подогрева жидкостей, что позволяет снизить потребление топлива в других системах судна.

2. Альтернативные виды топлива

В данном случае подразумевается замена традиционного топлива, а именно поиск и использование альтернативных видов топлива, таких как:

2.1 Сжиженный природный газ (СПГ), который является одним из самых перспективных альтернативных видов топлива для морского транспорта. Он обеспечивает более чистое сгорание, что приводит к

значительно меньшему количеству выбросов NO_x, SO_x и CO₂. Использование СПГ позволяет снизить затраты на топливо благодаря его относительной дешевизне и доступности.

2.2 Биотопливо, в частности, биодизель, получаемый из растительных масел или животных жиров. Он может быть использован в большинстве современных судовых дизелей без необходимости значительных модификаций двигателей.

2.3 Метанол и этанол. Оба этих спирта могут служить альтернативными источниками энергии для судовых дизелей. Они также менее токсичны по сравнению с традиционными углеводородами и могут быть получены из возобновляемых источников.

2.4 Водород, как потенциально углеродно-нейтральный вид топлива, также имеет огромный потенциал для будущего судоходства. На сегодняшний день определенные технические барьеры мешают широкому применению данного вида топлива, однако исследования в данном направлении активно ведутся.

3. Улучшение эксплуатационных практик

3.1 Подбор оптимальных режимов работы. Поддержание двигателей в оптимальном диапазоне работы (например, на определенных оборотах) позволяет снизить расход топлива. Использование системы управления, которая автоматически настраивает нагрузку и обороты двигателя в зависимости от условий плавания, позволяет значительно повысить эффективность.

3.2 Системы динамического управления маршрутами. Правильная навигация и планирование маршрута являются важными компонентами экономии топлива. **Системы динамического управления маршрутами** позволяют учитывать текущие погодные условия, течение и другие факторы, способствуя выбору наиболее экономичного маршрута следования.

4. Инновационные технологии

4.1 Цифровизация и автоматизация. Внедрение современных систем управления и автоматизации может значительно повысить эффективность работы судовых дизелей. Интеграция датчиков и систем сбора данных позволяет отслеживать параметры работы двигателя в режиме реального времени. Эти данные могут быть использованы для корректировки работы двигателя и предсказания потребностей в техническом обслуживании, что снижает вероятность неожиданного простоя.

4.2 Моделирование и симуляция. Использование методов моделирования для анализа работы двигателей и оценки воздействия различных параметров на их производительность. Такие методы могут снизить количество экспериментальных исследований и дают возможность предсказать результаты при различных сценариях.

В качестве примеров успешного внедрения вышеперечисленных направлений можно отметить, что множество судоходных компаний уже начинают внедрять различные инициативы для повышения экономичности своих дизелей. Например, успехи крупных судоходных альянсов в использовании ЛНГ демонстрируют значительное снижение выбросов и затрат на топливо. Кроме того, компании, которые начали использовать современные системы управления, отметили заметное снижение расходов на обслуживание и высокую надежность систем.

Исследование вопросов повышения экономичности судовых дизелей является важной задачей, требующей комплексного подхода и системного анализа. Внедрение новых технологий, оптимизация работы двигателей и использование альтернативных источников топлива открывают новые горизонты для судоходной отрасли. Сочетание инновационных технологий и эффективных практик позволит не только снизить эксплуатационные расходы, но и уменьшить негативное воздействие судоходства на окружающую среду. Таким образом, инвестирование в исследование и развитие данной области имеет стратегическое значение как для компаний, так и для всего мирового сообщества.

Список литературы

1. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 29 февраля 2016 г. № 327-Р). URL: <http://government.ru/docs/22004/>.
2. Афанасьев, И.П. (2019). Экономичность судовых дизелей и альтернативные виды топлива: проблемы и решения. М.: Судостроение.
3. Багдасаров, Г.А. (2021). «Эффективность применения альтернативных топлив в судовых дизелях». Технология транспорта и переработка топлива, 4(12), 22-30.
4. Бухтияров, В.В. (2018). Исследование работы дизельных двигателей на альтернативных видах топлива. Диссертация, МГУ имени М.В. Ломоносова.
5. Дьяков, В. Н. (2020). «Современные технологии повышения экономичности судовых дизелей». Судостроение, 67(3), 45-50.
6. Затылкин, А.Н. (2020). Проблемы и перспективы модернизации судовых дизельных двигателей. М.: Технический университет.
7. Калашников, С.Е. (2021). «Анализ выбросов от судовых дизелей и пути их снижения». Журнал судостроения и морской техники, 5(2), 34-40.с.

Сведения об авторах:

Лыткин Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Институт судостроения и морской арктической техники, Северодвинск, Россия

Тюханов Кирилл Андреевич, студент, Институт судостроения и морской арктической техники, Северодвинск, Россия

Lytkin Alexander Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering, Severodvinsk, Russia

Tyuhanov Kirill Andreevich, student, magistracy, Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering, Severodvinsk, Russia

УДК. 004.412

Клюканов А.В., Штатнов И.А.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара,
Россия*

Исследование метрик тестирования на различных уровнях обеспечения качества ПО

Аннотация. В статье исследуются метрики тестирования программного обеспечения (ПО) на модульном, интеграционном, системном и приемочном уровнях. Анализируются их характеристики, применимость и ограничения с использованием системного анализа и графической аналитики. Предложены рекомендации по выбору метрик для повышения качества и эффективности тестирования. Результаты способствуют оптимизации процессов контроля качества ПО, определяя релевантные метрики для каждого уровня.

Ключевые слова: метрики тестирования, уровни тестирования, качество ПО, автоматизация тестирования, аналитика.

Klyukanov A. V., Shtatnov I. A.

Research of testing metrics at various levels of software quality assurance

Abstract. The article examines software testing metrics at the modular, integration, system, and acceptance levels. Their characteristics, applicability and limitations are analyzed using system analysis and graphical analytics. Recommendations on the choice of metrics to improve the quality and effectiveness of testing are offered. The results help optimize software quality control processes by identifying relevant metrics for each level.

Keywords: testing metrics, testing levels, software quality, test automation, analytics.

Введение. Обеспечение качества программного обеспечения охватывает множество уровней — от модульного тестирования до системной и приёмочной проверки. На каждом из этих уровней используются собственные подходы и методы, направленные на выявление и устранение дефектов. Однако эффективность этих подходов во многом зависит от применяемых метрик, позволяющих количественно оценить результаты тестирования. Исследование метрик на различных уровнях контроля качества дает возможность глубже понять, как именно процессы тестирования влияют на общее качество продукта.

Современные практики подчеркивают важность комплексного анализа метрик на всех этапах тестирования. Это позволяет не только выявлять слабые места в системе тестирования, но и формировать стратегию по их устранению [5]. Авторы отмечают, что разностороннее исследование метрик способствует принятию обоснованных решений в управлении качеством и улучшению процессов разработки в целом.

Анализ современных публикаций. Процесс обеспечения качества программного обеспечения охватывает несколько уровней, каждый из которых требует специфических подходов к тестированию. Среди них выделяют модульное, интеграционное, системное и приёмочное тестирование. На каждом этапе важно применять метрики, позволяющие количественно и качественно оценить не только полноту тестирования, но и его эффективность, стабильность системы и вероятность возникновения дефектов в дальнейшем.

Как отмечают Нестеренко, Куклина и Шведенко (2016), важнейшим условием успешного применения метрик является их соответствие уровню тестирования. Например, на модульном уровне основное внимание уделяется таким метрикам, как процент покрытия кода, количество выполненных тест-кейсов и плотность дефектов. На более высоких уровнях, таких как системное или приёмочное тестирование, особую роль начинают играть показатели стабильности, времени отклика, количества обнаруженных критических дефектов и уровень удовлетворённости пользователя.

Не менее важным является комплексный анализ метрик с учётом контекста и архитектуры разрабатываемой системы [2]. Простое накопление количественных показателей без должной интерпретации может привести к искажённому представлению о текущем уровне качества. Поэтому необходимо не только собирать метрики, но и выстраивать логические связи между ними, учитывать цели проекта,

Таким образом, исследование метрик на различных уровнях обеспечения качества ПО не только позволяет сделать процесс тестирования более прозрачным и управляемым, но и служит основой для принятия стратегических решений в области разработки, сопровождения и развития программного продукта.

Классификация уровней тестирования по целям и масштабу. Процесс тестирования программного обеспечения включает несколько уровней, которые различаются по масштабу охвата тестируемой системы и по своим основным целям. Такая классификация позволяет более точно определить задачи тестирования на каждом этапе и выбрать соответствующие методы и метрики для оценки качества.

Модульное тестирование представляет собой наиболее узкий по охвату уровень, целью которого является проверка корректности работы отдельных функций или компонентов программы. Это тестирование обычно проводится на ранней стадии разработки и направлено на выявление элементарных логических ошибок в изолированных модулях. Именно на этом этапе удаётся обнаружить большую часть дефектов с минимальными затратами на их исправление [5]. Модульное тестирование способствует повышению надёжности базовой логики кода и облегчает последующие этапы интеграции

Следующим уровнем является интеграционное тестирование, охватывающее группы взаимодействующих компонентов. Его основная задача — проверить корректность связей между модулями и обнаружить дефекты, возникающие при передаче данных или нарушении интерфейсных соглашений. Бурдыко и Бушмелева (2019) подчёркивают, что на данном этапе важно не только тестировать отдельные интерфейсы, но и оценивать устойчивость системы к ошибкам в межмодульном взаимодействии. Масштаб охвата здесь значительно шире, чем при модульном тестировании, что требует применения более комплексных тест-кейсов и метрик.

Системное тестирование осуществляется на уровне всей программной системы в целом. Оно направлено на проверку соответствия программы заявленным функциональным и нефункциональным требованиям [3]. Как подчёркивают Рахманов и Тимченко (2003), этот уровень охватывает весь продукт, включая его производительность, отказоустойчивость и безопасность. Системное тестирование моделирует поведение ПО в условиях, приближённых к реальным, и позволяет судить о его готовности к эксплуатации.

Завершающим этапом является приёмочное тестирование, которое также охватывает всю систему, но имеет иную цель — подтвердить соответствие программного продукта ожиданиям заказчика и требованиям конечного пользователя. По мнению Нестеренко, Куклиной и Шведенко (2016), этот этап особенно важен в контексте бизнес-целей, поскольку именно он определяет, будет ли продукт принят заказчиком для дальнейшего использования или внедрения. Приёмочные испытания позволяют выявить критические ошибки, влияющие на пользовательский опыт, и определить, удовлетворяет ли система заданным критериям качества.

Таким образом, каждый уровень тестирования имеет свою зону охвата и чётко определённые цели. Модульное и интеграционное тестирование направлены преимущественно на техническую корректность и взаимодействие компонентов, в то время как системное и приёмочное тестирование фокусируются на соответствии требований и готовности к реальной эксплуатации.

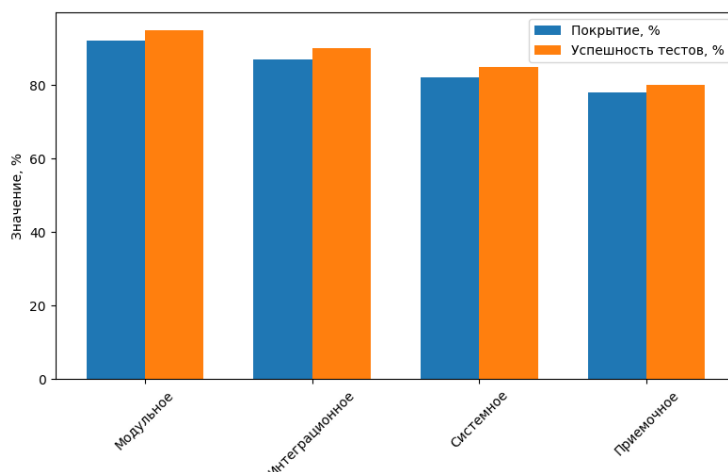


Рис. 1. Анализ ключевых метрик тестирования: покрытие, успешность и категории

Классификация метрик тестирования. Метрики тестирования играют ключевую роль в процессе обеспечения качества программного обеспечения, так как позволяют количественно оценивать эффективность и полноту тестирования, управлять процессами разработки и принимать обоснованные решения на разных этапах жизненного цикла ПО. Для системного подхода к их применению важно понимать, как классифицируются метрики в зависимости от целей, объекта оценки и уровня анализа.

Одной из самых распространённых классификаций является деление метрик на процессные, продуктовые и метрики качества тестирования. Процессные метрики отражают характеристики самого процесса тестирования, включая такие показатели, как количество найденных дефектов за определённый промежуток времени, среднее время на исправление ошибки или уровень автоматизации тестов. Эти метрики позволяют отслеживать динамику процессов и своевременно реагировать на отклонения от планов [7].

Продуктовые метрики характеризуют свойства программного продукта, включая уровень покрытия кода, количество дефектов на тысячу строк кода, плотность ошибок в модулях и другие параметры. Эти данные позволяют судить о надёжности и стабильности системы. В этом контексте Куликов (2015) подчёркивает значимость таких метрик, как сложность кода и структурное покрытие, особенно на этапах модульного и интеграционного тестирования.

Отдельную категорию составляют метрики качества тестирования, направленные на оценку самого тестового покрытия, полноты тест-кейсов, уровня их повторного использования и соответствия требованиям. Бурдыко и Бушмелева (2019) обращают внимание на важность комплексной оценки, учитывающей как количество, так и качество тестов, особенно при переходе к автоматизированному тестированию.

Некоторые исследователи, включая Сулова (2016), предлагают более детализированную классификацию, включая такие группы, как метрики тест-дизайна, метрики исполнения тестов, метрики обнаружения дефектов и метрики рисков. Такая детализация позволяет гибко адаптировать систему метрик под конкретный проект и цели тестирования, особенно в условиях сложных или высоконагруженных систем [4].

Также стоит отметить, что выбор метрик зависит от уровня тестирования. Так, на модульном уровне чаще используются показатели покрытия кода и плотности дефектов, тогда как на системном и приёмочном уровне важны метрики, отражающие удовлетворённость пользователя, стабильность системы и соответствие бизнес-требованиям [6].

Таким образом, классификация метрик тестирования позволяет структурировать процесс оценки качества и повысить его прозрачность. Грамотный выбор и интерпретация метрик дают возможность не только объективно оценить текущее состояние проекта, но и выявить направления для улучшения как в процессе тестирования, так и в разработке программного обеспечения в целом.

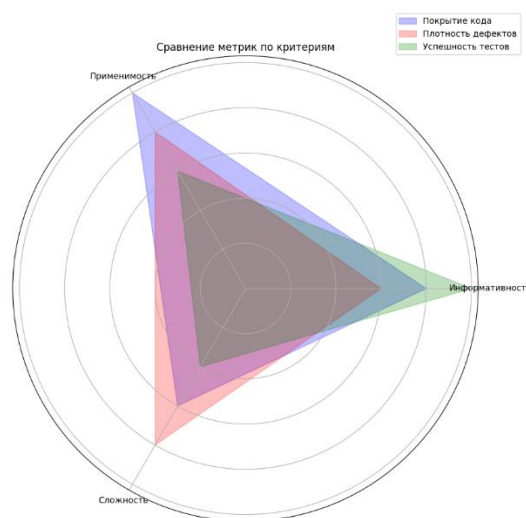


Рис. 2. Сравнение метрик тестирования по критериям

Инструменты для сбора и анализа метрик тестирования. Сбор и интерпретация метрик тестирования невозможны без применения специализированных инструментов, которые обеспечивают автоматизацию измерений, наглядную только упрощает управление качеством, но и способствует повышению прозрачности процессов тестирования. визуализацию данных и аналитическую обработку результатов. Использование таких средств не

Одним из наиболее распространенных классов инструментов являются системы для анализа покрытия кода, такие как JaCoCo, Cobertura и Coverage.py. Эти средства позволяют автоматически измерять, насколько

полно тесты охватывают исходный код, выделяя неохваченные участки. Как отмечает Куликов (2015), данные метрики особенно полезны на этапах модульного и интеграционного тестирования, где важна детальность анализа поведения кода при различных входных данных.

Для оценки дефектов и управления их жизненным циклом применяются системы отслеживания ошибок, такие как JIRA, Bugzilla и Redmine. Они предоставляют возможность собирать статистику по количеству и плотности ошибок, времени их исправления, частоте повторного возникновения, что позволяет формировать метрики дефектов и метрики стабильности продукта. Рахманов и Тимченко (2003) подчёркивают, что автоматизация сбора этих данных помогает быстрее выявлять проблемные модули и планировать регрессионное тестирование.

Немаловажное значение имеют системы непрерывной интеграции (например, Jenkins, GitLab CI/CD), в которые часто интегрируются инструменты метрик. Они автоматически запускают тесты при каждом изменении кода, собирают данные о пройденных и проваленных тестах, длительности исполнения, а также о качестве сборки. Это даёт возможность оперативно получать данные для анализа эффективности тестирования и обнаружения узких мест в процессе разработки.

Кроме того, всё чаще используются платформы визуальной аналитики, такие как SonarQube, Allure, ReportPortal, которые предоставляют удобные дашборды с графиками, диаграммами и трендами, основанными на собранных метриках [8]. Эти инструменты позволяют тестировщикам, разработчикам и менеджерам отслеживать динамику изменений и принимать обоснованные решения.

Таким образом, инструменты для сбора и анализа метрик играют важную роль в современном тестировании. Они позволяют не только автоматизировать рутинные процессы, но и интегрировать измерения качества в ежедневную практику разработки, способствуя построению зрелых и управляемых процессов обеспечения качества программного обеспечения.

Заключение. Обеспечение качества программного обеспечения — это многоуровневый процесс, охватывающий этапы от модульного тестирования до приемочных проверок. Каждый уровень требует уникальных подходов для выявления дефектов, но их эффективность напрямую зависит от метрик, которые количественно оценивают результаты тестирования и формируют основу для аналитики. Исследование метрик на различных стадиях контроля качества не только раскрывает взаимосвязь между тестовыми процессами и итоговым качеством продукта, но и позволяет оптимизировать стратегии разработки.

Современные подходы акцентируют внимание на комплексном использовании метрик, объединяющих данные из модульного, интеграционного, системного и пользовательского тестирования. Такой

анализ помогает не только выявлять узкие места, такие как низкое покрытие кода или длительное время устранения дефектов, но и прогнозировать риски на основе исторических данных. Например, внедрение инструментов вроде SonarQube для анализа технического долга или Grafana для визуализации нагрузочных тестов значительно повышает прозрачность процессов.

Важным аспектом остается адаптация метрик под специфику проекта. Как показали практические кейсы, успешное внедрение DevOps-практик (CI/CD) требует метрик, отражающих скорость доставки изменений (Lead Time) и их стабильность (Deployment Frequency). Кроме того, рост интереса к AI-инструментам открывает новые возможности — от автоматической классификации багов до предсказания областей кода с высоким риском дефектов.

Однако избыточная фокусировка на количественных показателях может привести к игнорированию контекста. Баланс между метриками и качественными оценками, такими как обратная связь от пользователей, остается ключевым условием для достижения устойчивого качества. В будущем развитие методов тестирования будет тесно связано с интеграцией метрик в процессы машинного обучения и усилением роли превентивного анализа (Shift-Left Testing).

Таким образом, системное применение метрик на всех уровнях тестирования не только улучшает качество ПО, но и формирует культуру data-driven разработки, где каждое решение подкреплено объективными данными. Это создает основу для непрерывного совершенствования продуктов и процессов в условиях быстро меняющегося технологического ландшафта.

Список литературы

1. Андриевская И.К. Стресс-тестирование: обзор методологий // Управление в кредитной организации. – 2007. – Т. 5. – С. 34–44.
2. Бурдыко Т.Г., Бушмелева К.И. Использование метрик для тестирования программного продукта // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2019. – Т. 2. – С. 167–169.
3. Данилов А.Д., Мугатина В.М. Верификация и тестирование сложных программных продуктов на основе нейросетевых моделей // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – Т. 12. – № 6. – С. 62–67.
4. Евтюхин Н.В. и др. Современное состояние методов тестирования знаний и умений за рубежом и в России // Инновации в образовании. – 2004. – № 1. – С. 27–47.
5. Куликов С. Тестирование программного обеспечения // Базовый курс ЕРАМ Systems. – 2015. – Т. 2021. – С. 298.
6. Нестеренко Е.И., Куклина К.Е., Шведенко П.В. Обзор задач, уровней и видов тестирования программного обеспечения // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2016. – № 2-1. – С. 172–175.

7. Рахманов В.Ю., Тимченко Б.Д. Метрики в современном тестировании // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2003. – № 10. – С. 108–111.
8. Суслов Ю. Б. Анализ параметров баз данных и разработка системы метрик тестирования баз данных // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании. – 2016. – С. 84–91.

Сведения об авторах:

Клюканов Алексей Васильевич, канд. тех. наук, доцент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Штатнов Илья Антонович, студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Klyukanov Alexey Vasilyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Volga Region State University of Telecommunications and Informatics Samara, Russia

Shtatnov Ilya Antonovich, student, Volga State University of Telecommunications and Informatics Samara, Russia

УДК 33

Нестеров И.А., Защихин А.Д.

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Использование искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов

Аннотация. Статья посвящена исследованию особенностей использования искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов. Автор отмечает, что несмотря на обширную литературу по теме, существует ряд направлений, которые требуют дальнейшего изучения и являются научно новыми. В статье анализируются не только технологии и алгоритмы, но и исследуются организационная культура, подходы к управлению изменениями и подготовки кадров. Автор делает вывод о том, что, использование искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов требует комплексного подхода, который включает изучение технологий и алгоритмов, анализ организационной культуры и обучение персонала.

Ключевые слова: искусственный интеллект, бизнес, трансформация, автоматизация, управление, менеджмент, помощь, риски.

Nesterov I.A., Zashchikhin A.D.

The use of artificial intelligence in the transformation of business processes

Abstract. The article is devoted to the study of the features of the use of artificial intelligence in the transformation of business processes. The author notes that despite the extensive literature on the topic, there are a number of areas that require further study and are scientifically new. The article analyzes not only technologies and algorithms, but also examines organizational culture, approaches to change management and personnel training. The author concludes that the use of artificial intelligence in the transformation of business processes requires an integrated approach that includes the study of technologies and algorithms, analysis of organizational culture and staff training.

Keywords: artificial intelligence, business, transformation, automation, management, management, assistance, risks.

Искусственный интеллект (ИИ) в последние годы стал неотъемлемой частью бизнеса и открывает новые возможности для оптимизации и преобразования бизнес-процессов. Постоянное развитие таких технологий, как машинное обучение, анализ больших данных и автоматизация, способствовало эффективному внедрению ИИ в различные сферы деятельности. Искусственный интеллект (ИИ) стал неотъемлемой частью современного бизнеса, играя ключевую роль в трансформации бизнес-процессов. Современные технологии и алгоритмы позволяют не только автоматизировать рутинные задачи, но и значительно улучшать качество решений, базирующихся на больших объемах данных. Однако внедрение

искусственного интеллекта также сопряжено с определенными трудностями и рисками. Нехватка квалифицированного персонала, вопросы этики и безопасности данных, а также высокая стоимость внедрения технологий становятся серьезными препятствиями для многих организаций. Анализируя успешные примеры и ошибки при внедрении ИИ в различные бизнес-модели, вы сможете лучше понять, как технологии действительно могут изменить бизнес-процессы[6].

Несмотря на очевидные преимущества, статус ИИ в бизнесе все еще нуждается в обсуждении. Вопросы, связанные с тем, как ИИ может быть эффективно интегрирован в существующие бизнес-возможности, требуют тщательного анализа. Необходимо выяснить, какие методы и подходы являются наиболее успешными в различных областях, таких как финансы, производство, здравоохранение и других. Следует отметить, что готовность компаний внедрять искусственный интеллект, а также понимание его возможностей различны, что приводит к несоответствию между ожиданиями и фактическими результатами.

Цель данного исследования заключается в выявлении ключевых факторов успеха и факторов риска при использовании ИИ в бизнес-процессах. Это включает в себя не только анализ технологий и алгоритмов, но и исследование организационной культуры, подходов к управлению изменениями и подготовки кадров. Первые эксперименты с использованием ИИ в бизнесе начались с простейших алгоритмов автоматизации в 1960-х годах. Однако настоящее внимание к этому вопросу стало проявляться в 2000-х годах, когда продуктивность компьютеров значительно возросла. Методология исследования включает в себя анализ отечественной и зарубежной литературы по теме исследования.

Несмотря на обширную литературу по теме, существует ряд направлений, которые требуют дальнейшего изучения и являются научно новыми.

1. Интеграция ИИ и устойчивого развития: Совсем недавно в исследованиях начали акцентироваться на том, как ИИ может способствовать устойчивому развитию бизнеса. Новые подходы анализа данных помогают не только оптимизировать процессы, но и снижать негативное воздействие на окружающую среду.

2. Этика и прозрачность в использовании ИИ: В условиях активного использования ИИ в бизнесе остро стоит вопрос этики. Исследования, посвященные определению прозрачных и этически обоснованных методов использования ИИ, только начинают развиваться. Это создаёт необходимость создания новых норм и стандартов, которые помогут избежать предвзятости и нарушения законов.

3. Влияние на малый и средний бизнес: Одна из недостаточно изученных тем — это влияние ИИ на малый и средний бизнес. В то время

как крупные корпорации уже активно внедряют ИИ, малый бизнес порой остается за пределами этой трансформации. Новые исследования могут помочь выявить барьеры и возможности для SMEs на пути к цифровизации.

ИИ меняет способы сбора информации компаниями. Облачные платформы на основе ИИ могут управлять обширными базами данных, а также копировать и анализировать структурированные данные, такие как информация о клиентах и данные о продажах, из различных приложений, веб-сайтов и реляционных баз данных. Эта информация может собираться в разных точках бизнес-процессов, от компьютеров и мобильных устройств до финансовых транзакций, производственного оборудования и датчиков. Затем ИИ анализирует её, чтобы выявить ключевые тенденции, закономерности и отклонения. Последние можно устранить для улучшения бизнес-процессов и долгосрочной прибыльности[1].

Кроме того, искусственный интеллект может выявлять неожиданные отклонения в работе предприятия, уведомляя заинтересованные стороны о важных изменениях, которые могут негативно сказаться на производстве и продажах.

Например, если менеджер завода использует ИИ для мониторинга оборудования на сборочной линии, технология может выявлять замедления в производстве. Затем она может уведомить менеджера и, возможно, порекомендовать конкретные действия и решения для устранения этих замедлений, от обслуживания оборудования до замены деталей. Многие из этих платформ хранят дублированные данные в облаке или в оперативной памяти, что позволяет получать к ним доступ в режиме реального времени для быстрого принятия решений.

В научной статье исследователя Городнова Н.В. отмечается, что некоторые инструменты на основе ИИ также позволяют компаниям подключать несколько собственных программных коннекторов, что даёт им возможность извлекать данные из сторонних приложений для бизнес-аналитики. Компании могут даже использовать ИИ, чтобы автоматизировать процессы продаж с помощью извлечённой бизнес-аналитики. Некоторые инструменты предоставляют рекомендации по действиям, которые организации могут предпринять для увеличения продаж на основе намерений клиентов совершить покупку и доходов каждой организации[2].

Основываясь на прогнозирующем понимании потребностей клиентов компании, инструменты ИИ могут объединять машинное обучение и большие данные, чтобы предсказывать, какие товары могут заинтересовать конкретных клиентов при поиске в интернете. Инструменты, которые предсказывают и показывают похожие товары на основе поисковых запросов, данных о клиентах или истории покупок, могут повысить продажи и позволить автоматизировать задачи

по мерчандайзингу в соответствии с потребительским спросом и текущими тенденциями продаж.

Стратегию искусственного интеллекта для бизнеса можно использовать для улучшения и развития различных сфер деятельности организации, оптимизируя такие задачи, как прогнозирование продаж, администрирование, обслуживание клиентов, маркетинг и кибербезопасность. Инструменты на основе ИИ могут обрабатывать большие объёмы данных о продажах, чтобы предоставлять обоснованную информацию о прогнозах продаж на будущее, тенденциях продаж и маркетинговых усилиях. Эти возможности позволяют принимать более стратегические решения в отношении маркетинга и продаж, более эффективно и рационально использовать ресурсы и заблаговременно планировать будущие задачи[3].

Использование ИИ позволяет не только отслеживать текущие тенденции продаж, но и предсказывать будущие изменения спроса на продукты и услуги. Модели машинного обучения анализируют исторические данные, сезонные колебания, поведенческие паттерны клиентов и внешние факторы (например, экономические условия, конкуренцию, социальные тренды), что помогает бизнесу адаптироваться к изменяющейся рыночной ситуации.

Инструменты ИИ позволяют создавать персонализированные предложения, рекомендации и маркетинговые кампании, учитывая индивидуальные предпочтения и поведение каждого клиента. Это повышает лояльность, увеличивает конверсию и способствует росту продаж. Например, системы рекомендаций на основе ИИ могут предлагать продукты, которые с наибольшей вероятностью заинтересуют конкретного покупателя, что значительно повышает эффективность маркетинговых усилий.

ИИ помогает прогнозировать спрос на товары и услуги, что позволяет более точно планировать закупки, управление складскими запасами и логистикой. Это снижает издержки, уменьшает риск излишков или дефицита товаров и обеспечивает своевременное выполнение заказов.

Автоматизация рутинных задач с помощью ИИ-решений, таких как чат-боты, системы поддержки клиентов, автоматизированные системы обработки заказов и документооборота, освобождает ресурсы для выполнения более стратегических задач. В результате бизнес становится более гибким и готовым к быстрому реагированию на изменения рынка.

Инструменты ИИ позволяют выявлять аномалии и подозрительную активность в режиме реального времени, что значительно повышает уровень защиты корпоративных данных и инфраструктуры. Машинное обучение помогает предсказывать потенциальные угрозы и предотвращать кибератаки до их реализации.

Обеспечение качества, производство и поддержка клиентов — это функции, которые можно автоматизировать с помощью ИИ. Обработку видео можно также использовать в процессе собеседования при приёме на работу, чтобы научно обоснованно определить неосязаемые качества кандидата. Определённые выражения лица и поведение, как правило, способствуют успеху в продажах, обслуживании клиентов и других интерактивных функциях, подобных этим. Использование ИИ может помочь в выявлении этих конкретных закономерностей. Для создания и внедрения этих технологий нужны люди.

Чат-боты и виртуальные ассистенты на базе ИИ обеспечивают круглосуточную поддержку клиентов, отвечая на стандартные вопросы, помогая оформлять заказы и решать типичные проблемы. Это повышает уровень удовлетворенности клиентов и освобождает ресурсы для решения более сложных задач.

Хотя ИИ обрабатывает неструктурированные данные, такие как изображения и аудиозаписи, получаемые им данные являются структурированными и требуют дополнительных структурированных данных для принятия решения. Например, если в магазине есть автоматизированная система приветствия, покупатель может войти, показать изображение товара, который он ищет, и получить от системы приветствия информацию о нём. Система приветствия может сообщить, в каком отделе находится товар, есть ли он в наличии или предоставить любую другую важную информацию. Обучение с использованием ИИ поможет в распознавании изображений, но для предоставления клиенту необходимой информации потребуется интеграция с каталогом товаров, инвентаризацией и другими данными [4].

Когда покупатель входит в магазин и показывает системе изображение нужного товара, ИИ-алгоритмы обрабатывают изображение, распознают объект и идентифицируют его среди товаров, представленных в магазине. Однако, чтобы система могла выдать клиенту полезную информацию — например, указать расположение товара в торговом зале, проверить наличие на складе или сообщить о специальных предложениях — ей необходим доступ к структурированным данным.

ИИ-системы должны быть интегрированы с внутренними базами данных и корпоративными системами магазина. Только в этом случае они смогут не просто распознать изображение, но и предоставить релевантную, актуальную и полезную информацию клиенту.

Обучение ИИ-моделей на изображениях товаров позволяет системе точно распознавать объекты, даже если они представлены в разных вариантах упаковки или с разных ракурсов. Однако без доступа к структурированным сведениям о товарах, даже самая точная система распознавания не сможет выдать клиенту полезный результат.

Небольшой научно-исследовательский проект - это простой способ начать работу с процессом автоматизации. Начните с нескольких конкретных идей, но те, кто разрабатывает технологию, могли бы извлечь выгоду из более широких возможностей создавать и развивать решения на ранних стадиях процесса. Когда создано несколько прототипов, их можно просмотреть и, возможно, сразу запустить в производственный процесс.

Первое, что должна сделать организация, - это решить, где будут выполняться ее задачи с использованием искусственного интеллекта, в общедоступном или частном облаке. Собранные данные могут послужить основой для принятия этого решения. Большие наборы данных выигрывают, когда дело доходит до обучения сетей искусственного интеллекта, что означает, что организациям приходится использовать искусственный интеллект там, где есть их данные. Поскольку данные настолько сложны и дороги, процесс должен следовать за данными, а не данные за процессом.

Если локальные данные планируется интегрировать с другими локальными структурированными данными, то имеет смысл использовать ИИ и там, как если бы наборы данных поступали из общедоступного облака через какие-либо веб-сервисы или из естественного хранилища данных IoT, тогда имеет смысл использовать ИИ и там[5].

Начать работу с автоматизацией удобно с небольшого научно-исследовательского проекта. Такой подход позволяет быстро и с минимальными затратами проверить несколько конкретных идей, получить первые результаты и выявить возможные сложности. Создание прототипов на ранних этапах помогает не только оценить эффективность выбранных решений, но и заложить фундамент для дальнейшего масштабирования. После того как несколько прототипов готовы, их можно обсудить с заинтересованными сторонами, протестировать в реальных условиях и, если они покажут свою эффективность, запустить в производственный процесс.

Очень важно, чтобы команда разработчиков не ограничивалась решением только одной узкой задачи. На ранних этапах разработки полезно закладывать возможность дальнейшего расширения и адаптации решений. Даже если проект начинается с одной идеи, в будущем удачные прототипы могут быть доработаны и применены для других задач организации. Такой подход позволит сэкономить ресурсы при масштабировании и ускорить внедрение новых функций.

Перед организацией обязательно встает вопрос о том, где будет разворачиваться инфраструктура для задач с использованием искусственного интеллекта. Необходимо решить, использовать ли для этого публичное облако, частное облако или локальные вычислительные мощности. Ключевым фактором здесь являются данные, с которыми планируется работать. Если организация располагает большими объемами

данных, которые уже хранятся в облаке, логично использовать облачные сервисы для обучения и развертывания ИИ-моделей. В случаях, когда данные чувствительные или законодательство требует их локального хранения, стоит рассмотреть вариант использования частного облака или собственной инфраструктуры.

Выбор среды для работы с искусственным интеллектом должен определяться не только удобством, но и экономической целесообразностью, требованиями к безопасности данных, а также возможностями масштабирования вычислительных ресурсов. Организациям необходимо оценить, где сосредоточены их основные данные, и размещать вычисления ближе к этим данным. Такой подход минимизирует затраты на перемещение информации и повышает эффективность работы системы.

Если данные уже интегрированы с другими локальными структурированными источниками, имеет смысл разворачивать ИИ-решения на тех же мощностях. В случаях, когда информация поступает из облачных сервисов, веб-сервисов или хранилищ данных, связанных с IoT-устройствами, оптимально использовать облачные вычисления. Таким образом, процесс построения ИИ-решений должен следовать за местоположением и особенностями данных, а не наоборот.

Одним из ключевых моментов успешной трансформации бизнес-процессов с использованием искусственного интеллекта является обучение персонала. Сотрудники должны быть готовы к новым технологиям, понимать их основы и уметь применять их в повседневной деятельности. Проведение обучающих программ, тренингов и мастер-классов может значительно ускорить процесс адаптации и повысить эффективность использования искусственного интеллекта в рамках компании. Также важным аспектом является поддержка руководства компании. Лидеры должны проявлять интерес к новым технологиям, поддерживать инициативы по их внедрению, создавать благоприятную атмосферу для развития инноваций. Исследования показывают, что компании, где технологические инициативы поддерживаются высшим руководством, успешнее внедряют и используют искусственный интеллект[7].

Таким образом, использование искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов требует комплексного подхода, который включает изучение технологий и алгоритмов, анализ организационной культуры и обучение персонала. Компании, готовые к изменениям и готовые внедрять новые технологии, получают конкурентные преимущества и готовы к вызовам современного бизнеса.

Список литературы

1. Казаков, Р.Г. Оптимизация бизнес-процессов предприятия с помощью искусственного интеллекта / Р.Г. Казаков. — Текст: непосредственный // Исследования

- молодых ученых: материалы LXIX Междунар. науч. конф. (г. Казань, ноябрь 2023 г.). — Казань: Молодой ученый, 2023. — С. 1-6. — URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/503/18231/> (дата обращения: 24.10.2024).
2. Городнова Н. В. Применение искусственного интеллекта в бизнес-сфере: современное состояние и перспективы // Вопросы инновационной экономики. 2021. Т. 11. № 4. С. 1472-1492.
3. Матюшок В.М., Красавина В.А., Матюшок С.В. Мировой рынок систем и технологий искусственного интеллекта: становление и тенденции развития // Вестник Российского университета дружбы народов. Экономика. 2020. Т. 28. № 3. С. 505-521.
4. Дроздов Б.В. Пределы и ограничения разработки и внедрения искусственного интеллекта // На пути к нооэкономике: человек, технологии и общество в пространстве ассоциированного производства и потребления / под ред. А.В. Бузгалина, А.И. Колганова. -М. : ИНИР им. С. Ю. Витте, 2020.
5. Дэвенпорт Томас Внедрение искусственного интеллекта в бизнес-практику. Преимущества и сложности. - Альпина Паблишер, 2018. - 316 с.
6. Яковлева Е.А., Виноградов А.Н., Александрова Л.В., Филимонов А.П. Роль технологий искусственного интеллекта в цифровой трансформации экономики // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Том 13. – № 2. – С. 707-726. – doi: [10.18334/vinec.13.2.117710](https://doi.org/10.18334/vinec.13.2.117710).
7. Шутьков А.А., Лясников Н.В. Будущее искусственного интеллекта и цифровых технологий в АПК // Экономика и социум: современные модели развития. – 2018. – Том 8. – № 4. – С. 5-16.

Сведения об авторах:

Нестеров И.А. студент, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия
Защихин А.Д., студент, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия
Научный руководитель: Назаров Д.М., доктор экономических наук, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

УДК 004.05

Борисенков М.С.

Технологический университет им. А.А. Леонова, Королёв, Россия

Системный анализ эффективности функционирования высоконагруженной корпоративной информационной системы

Аннотация: в условиях стремительного роста объёмов обрабатываемых данных и повышения требований к скорости и надёжности обработки информации особое значение приобретает анализ эффективности функционирования высоконагруженных корпоративных информационных систем (КИС). В статье рассматривается комплексный подход к системному анализу таких систем с акцентом на ключевые показатели производительности, надёжности и масштабируемости. Описаны методы моделирования и мониторинга, позволяющие выявлять узкие места в архитектуре, а также способы оптимизации процессов обработки данных и взаимодействия компонентов. Приведены примеры использования аналитических и имитационных моделей для оценки устойчивости КИС при пиковых нагрузках. Особое внимание уделено вопросам балансировки нагрузки, отказоустойчивости и интеграции с внешними сервисами. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности эксплуатации существующих систем и проектирования новых решений, ориентированных на работу в условиях высокой нагрузки.

Ключевые слова: КИС, разрядность потока, нагрузочный коэффициент потока, backend, балансировщик нагрузки

Borisenkov M.S.

System analysis of the effectiveness of a highly loaded corporate information system

Abstract: In the context of rapidly growing data volumes and increasing demands for processing speed and reliability, the analysis of the performance efficiency of high-load corporate information systems (CIS) becomes critically important. This paper presents a comprehensive approach to the systems analysis of such infrastructures, focusing on key indicators of performance, reliability, and scalability. Methods for modeling and monitoring are discussed, enabling the identification of architectural bottlenecks, as well as approaches for optimizing data processing workflows and component interactions. Examples are provided of using analytical and simulation models to assess the resilience of CIS under peak load conditions. Special attention is given to load balancing, fault tolerance, and integration with external services. The findings of this study can be applied to enhance the operational efficiency of existing systems and to design new solutions tailored for high-load environments.

Keywords: CIS, stream bit depth, stream load factor, backend, Load balancer

Введение

С лавинообразной тенденцией развития информационных технологий и повсеместное требование к бесперебойным информационным системам, со временем возникает потребность подстраивать систему под постоянно

растущие потребности, то есть оптимизировать информационную систему для сохранения конкурентоспособности на рынке. Ключевой проблемой является невозможность полной переработки программной логики, так как это подразумевает полную остановку системы, что недопустимо. Поэтому компании чаще всего прибегают к увеличению вычислительных мощностей - как самому простому средству оптимизации и повышения производительности информационной системы, что так же ресурсозатратно.

Результатом анализа типовых информационных потоков компаний малого и среднего бизнеса является DFD-диаграмма (рисунок 1) [1].

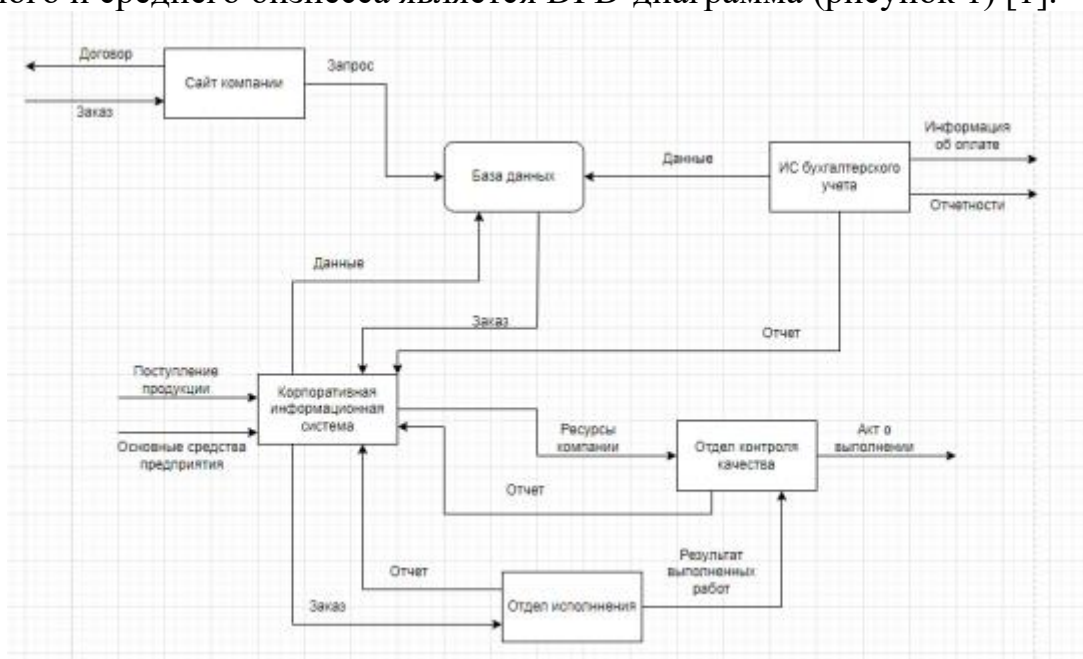


Рисунок 1. DFD-диаграмма информационных потоков

А так же, укрупненная диаграмма корпоративной информационной системы (рисунок 2) [2].

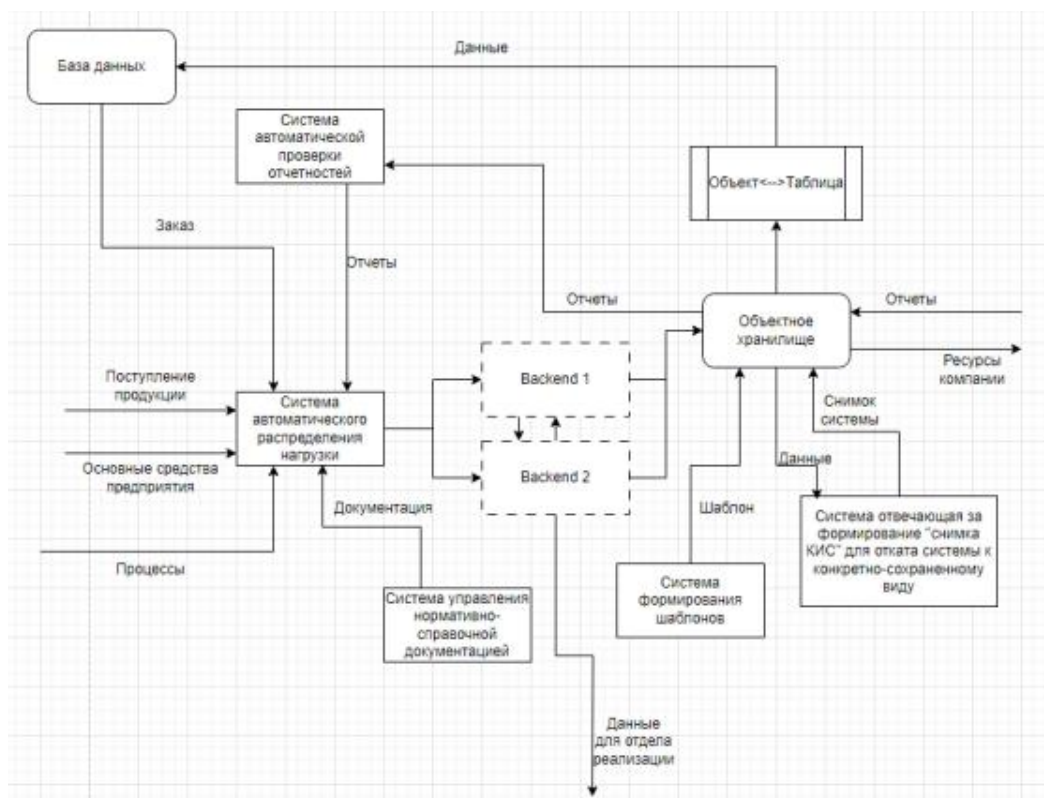


Рисунок 2. DFD-диаграмма высоконагруженной КИС

За распределение и классификацию потоков данных отвечает система автоматического распределения нагрузки. Блоки backend1 и backend2 содержат в себе по 3 модуля-обработчика каждый и отвечают за обработку потоков данных. Эти модули получают на вход информационный поток, проводят структурный и частичный семантический анализ по ключевым словам, определяют тип потока, его содержимое и либо перенаправляют поток в объектное хранилище или систему формирования отчетов, либо извлекают необходимую информацию и заполняют формы.

Для определения эффективности системы был составлен алгоритм, который с разной периодичностью подавал на точки входа в систему данные, формируя тем самым неравномерный информационный поток [3].

Результаты исследования

Алгоритм автоматического распределения нагрузки сам определяет размерность информационного потока и перенаправляет поток на обработку в тот модуль, который в данный момент времени меньше всего загружен и способен обработать конкретно-взятый информационный поток.

Балансировщик использует многоуровневый анализ для определения типа данных:

Уровень 1: Быстрый анализ метаданных [4].

```
if (content_type == "text/plain") and (data_size < 1MB):  
    route_to(Backend1)
```

```
elif (content_type in ["application/octet-stream", "multipart/form-data"]):  
    route_to(Backend2)
```

Παράμετροι:

- content_type — тип данных из заголовка запроса;
- data_size — размер пакета;
- source_ip — геолокация источника.

Уровень 2: Семантический анализ содержимого [5].

Для неочевидных случаев применяется ML-модель, определяющая:

- Количество измерений данных (1D, 2D, 3D);
- Наличие вложенных структур;
- Требования к вычислительным ресурсам.

Πравила распределения нагрузки:

Παράδειγμα 1. Πравила распределения нагрузки по модулям

Παράμετρος	Backend1	Backend2
Тип данных	Текст, JSON, CSV	Тензоры, бинарные данные, графы
Максимальный размер	500 Mb	5 Gb
Πриоритет	Высокий (API-запросы)	Низкий(Πакетная обработка)
Условия маршрутизации	Data_dims==1 ИЛИ size<500Kб	Data_dims>=3 ИЛИ size>1Mб

Πример логики:

```
def route_request(request):  
    if request.metadata["type"] == "text":  
        if request.size > 500KB or backend1.load > 70%:  
            return route_to_backend2(request) # Фолбэк при перегрузке  
        else:  
            return route_to_backend1(request)  
    else:  
        return route_to_backend2(request)
```

3. Механизмы балансировки и оптимизации [6].

Динамическая адаптация:

Мониторинг в реальном времени:

- Загрузка CPU/RAM каждого бэкенда;
- Среднее время ответа;
- Частота ошибок.

Алгоритм перераспределения:

if backend1.latency > 500 ms:

перенос 20% запросов → Backend2

if backend2.queue_size > 1000:

активация горизонтального масштабирования

Резервные стратегии:

- Режим экономии ресурсов (для Backend1):

Упрощенная обработка текста (например, без NLP- аналитики).

- Шардирование данных (для Backend2):

Разделение больших объектов на части для параллельной обработки.

4. Система мониторинга [7].

Отслеживаемые метрики:

-Для Backend1:

- RPS (запросов в секунду);

- Процент ошибок валидации;

- Использование оперативной памяти.

-Для Backend2:

- Время обработки на GPU;

- Количество параллельных потоков;

- Частота использования снимков системы.

5. Восстановление после сбоев [8].

Автоматическое создание снимков:

- При нагрузке >80% → ежечасные снимки;

- При ошибках валидации → снимки перед повторной попыткой.

Процедура восстановления:

1. Выбор последнего валидного снимка;

2. Переключение трафика на резервный узел;

3. Постепенное возвращение нагрузки после проверки.

В результате тестирования системы методом бесперебойной подачи информационных потоков, были получены следующие результаты, представленные в таблице №2, которая является выборкой из основной таблицы тестирования.

Таблица 2. Результаты тестирования КИС

Поток	Точка входа	Тип информации	Разрядность потока	Коэффициент нагрузки потока	Модуль обработки	Требуется оптимизации
1	Сайт	Одномерная текстовая	0,2500	1,4706	2	1
2	Сайт	Одномерная текстовая	0,0082	0,0482	1	0
3	Сайт	Одномерная текстовая	0,0082	0,0482	1	0
4	Сайт	Одномерная текстовая	0,0249	0,1465	1	0
5	Сайт	Одномерная текстовая	0,5450	3,2059	1	1
6	Сайт	Многомерная (текст)	0,2200	0,5340	1	0
7	Сайт	Многомерная (текст+мультимедиа)	0,6000	1,4563	2	1
8	Сайт	Многомерная (текст+мультимедиа)	0,3100	0,7524	1+2	0
9	Сайт	Многомерная (текст+мультимедиа)	0,4990	1,2112	1	0
10	Сайт	Многомерная (текст+мультимедиа)	0,5700	1,3835	1	1
11	Сайт	Многомерная (текст+мультимедиа)	0,6200	1,5049	2	1
12	Сайт	Многомерная (текст+мультимедиа)	0,7000	1,6990	2	1
13	КИС	Заявки(форма)	0,1570	0,4618	2+3	0
14	КИС	Заявки(форма)	0,1570	0,4618	2+3	0
15	КИС	Заявки(форма)	0,1400	0,4118	2+3	0
16	КИС	Заявки(документ - текст)	0,6500	1,9118	1	1
17	КИС	Заявки(документ - текст)	0,3800	1,1176	3	0
18	КИС	Заявки(документ - текст)	0,6214	1,8276	2	1
19	КИС	Заявки(документ - текст)	0,6540	1,9235	2	1
20	КИС	Заявки(документ - текст)	0,7900	2,3235	1	1
21	КИС	Заявки(документ - текст)	0,8000	2,3529	1	1
22	КИС	Заявки(документ - текст)	0,1500	0,4412	1+2+3	0
23	КИС	Отчет(Документ - смешанный тип инф.)	0,7640	1,0914	1+2+3	0

Поток	Точка входа	Тип информации	Разрядность потока	Коэффициент нагруженности потока	Моудль обработки	Требует оптимизации
24	КИС	Отчет(Документ - смешанный тип инф.)	0,4680	0,6686	2+3	0
25	КИС	Отчет(Документ - смешанный тип инф.)	0,9500	1,3571	1	1
26	КИС	Отчет(Документ - смешанный тип инф.)	0,9300	1,3286	1	0
27	КИС	Отчет(Документ - смешанный тип инф.)	0,3400	0,4857	2+3	0

Для того вычисления эффективности работы системы необходимо знать следующие параметры:

W – пропускная способность системы равна 38 потоков за промежуток времени T0;

T0 – период времени для определения значения;

N – нагрузочный коэффициент в конкретный момент времени;

n – среднее кол-во задействованных точек входа;

P – кол-во потоков.

На основании таблицы №2, результаты которой были получены за 6 часов работы системы под переменной нагрузкой, можем посчитать средний нагрузочный коэффициент и эффективность системы(для основной выборки таблицы, содержащей 81 строку, следовательно k, P = 81):

$$N_{cp} = \frac{\sum_i^1 N_1}{k} = \frac{75,3921}{81} = 0,9307$$

$$f_i = \frac{W * N_{cp} * n}{P} = \frac{38 * 0.9307 * 1,5}{81} = 0.6549 \approx 0.65(65\%)$$

По результатам получаем эффективность системы за промежуток времени T0, равную 65%.

Заключение

Проведённый системный анализ показал, что эффективность функционирования исследуемой высоконагруженной корпоративной информационной системы составляет 65%. Данный показатель указывает на наличие значительного потенциала для оптимизации и повышения производительности. В ходе анализа были выявлены ключевые узкие

места в архитектуре системы, а также определены области, требующие улучшения, в том числе в части балансировки нагрузки, масштабируемости и взаимодействия компонентов. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения современных методов мониторинга, адаптивного управления ресурсами и переработки отдельных архитектурных решений. Повышение эффективности системы даже на 10–15% может привести к существенному снижению издержек и увеличению общей устойчивости и надежности бизнес-процессов. В дальнейшем планируется проведение более глубокой оценки влияния различных стратегий оптимизации и внедрение пилотных решений для повышения эффективности системы до уровня не менее 80%.

Список литературы

1. Гостев А. А. Системный анализ и моделирование информационных систем: учебник. — М.: Инфра-М, 2021. — 384 с.
2. Ермаков С. В., Кузнецов А. Н. Высоконагруженные системы: теория и практика масштабирования. — СПб.: Питер, 2020. — 336 с.
3. Лаптев А. Ю., Козлова М. В. Методология оценки производительности корпоративных ИТ-систем // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2021. — № 2. — С. 34–42.
4. Седунов Ю. А. Надежность и отказоустойчивость информационных систем: монография. — М.: Горячая линия – Телеком, 2019. — 272 с.
5. Хитров Н. В., Баранов Д. С. Анализ эффективности ИС на основе имитационного моделирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2022. — № 6. — С. 55–61.
6. Трофимов И. А. Архитектуры высоконагруженных систем: практика проектирования и эксплуатации. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 312 с.
7. Бочкарёв А. С., Ильин С. В. Методы оптимизации производительности в распределённых ИС // Управление большими системами. — 2021. — № 80. — С. 89–101.
8. Жданов П. Е., Смирнов А. А. Подходы к обеспечению масштабируемости корпоративных информационных систем // Современные информационные технологии и ИТ-образование. — 2020. — Т. 16, № 2. — С. 115–121.

Сведения об авторе:

Борисенков Матвей Сергеевич, магистрант, ТУ им. А.А. Леонова, Королёв, Россия

УДК 537.32

Евсеев А.В., Гибадуллин Д.Р.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара,
Россия*

Влияние температуры на электрические характеристики маломощной кремниевой фотоэлектрической панели при естественной инсоляции

Аннотация: В статье анализируется влияние температуры на электрические параметры маломощной кремниевой фотоэлектрической панели (ФЭП) при естественной инсоляции. Установлено, что повышение рабочей температуры приводит к линейному снижению напряжения холостого хода и максимальной мощности, тогда как ток короткого замыкания возрастает незначительно. Представлены расширенные экспериментальные данные (12 температурных точек) и рассчитаны температурные коэффициенты, сопоставленные с литературой. Дополнительно обсуждаются тенденции деградации КПД, изменения коэффициента заполнения и практические рекомендации по снижению температурных потерь.

Ключевые слова: фотоэлектрическая панель, температурный коэффициент, напряжение холостого хода, ток короткого замыкания, коэффициент заполнения, естественная инсоляция.

Evseev A.V., Gibadullin D.R.

Influence of temperature on electrical characteristics of a low-power silicon photovoltaic panel under natural insolation

Abstract: The article analyzes the influence of temperature on the electrical parameters of a low-power silicon photovoltaic panel (PVP) under natural insolation. It was found that an increase in the operating temperature leads to a linear decrease in the open-circuit voltage and maximum power, while the short-circuit current increases insignificantly. Extended experimental data (12 temperature points) are presented and temperature coefficients are calculated and compared with literature. Additionally, efficiency degradation trends, changes in the fill factor and practical recommendations for reducing temperature losses are discussed.

Keywords: photovoltaic panel, temperature coefficient, open-circuit voltage, short-circuit current, fill factor, natural insolation.

1. Введение

Фотоэлектрические панели на основе кремния остаются главным драйвером рынка солнечной энергетики: на их долю приходится около 95 % мировых установок [1]. При этом реальные условия эксплуатации далеки от стандартных ($STC = 25\text{ }^{\circ}C, 1000\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$), что ведёт к

температурно-индуцированным потерям мощности [2]. Известно, что рост температуры на каждые 10 °С уменьшает КПД кремниевой панели в среднем на 3–5 % [3]. Интересный факт: рекордный лабораторный КПД монокристаллической Si-ячейки достиг 26,7 % при 25 °С [4], однако уже при 65 °С он снижается почти до 24 %. Отдельные исследования показывают, что для тонкоплёночных технологий температурный коэффициент на 20–40 % лучше, чем у кремния [5]. В условиях жаркого климата, где температура модуля часто превышает 70 °С, тепловые потери становятся главным ограничивающим фактором [6].

За последнее десятилетие мировой рынок распределённой генерации сместился в субтропические и тропические страны, где поверхность модулей в солнечный полдень нередко разогревается до семидесяти и более градусов. Одновременно климатологи фиксируют стабильное повышение среднегодовой температуры примерно на две десятых градуса в год, а плотная городская застройка усиливает эффект «теплового острова». В таких условиях тепловые потери выходят на первый план при расчёте окупаемости фотоэлектрических систем и при выборе их компоновки.

Целью данной работы является количественная оценка того, как нагрев влияет на основные электрические параметры маломощной кремниевой панели, а также разработка практических рекомендаций, позволяющих уменьшить температурные потери в автономных установках и фасадных солнечных системах (BIPV).

2. Теоретические основы влияния температуры на ФЭП

2.1 Максимальная мощность

Повышение температуры снижает максимальную мощность панели по линейному закону

$$P_{max}(T) = P_{STC} [1 + \gamma(T - T_{STC})]$$

где $\gamma \approx -0,3 \dots -0,5\%/^{\circ}\text{C}$ — температурный коэффициент мощности, суммирующий влияние падения напряжения и коэффициента заполнения [4].

2.2 Ширина запрещённой зоны

Формула Варшни описывает термическое сужение запрещённой зоны кремния

$$E_g(T) = E_{g^0} - \frac{\alpha T^2}{T + \beta}$$

что приводит к росту плотности носителей и ускорению рекомбинации [5].

2.3 Обратный ток насыщения

$$I_0(T) = I_{00}T^3 \exp[-E_g(T) / kT]$$

вследствие чего проводимость базы увеличивается, а напряжение холостого хода уменьшается [6].

2.4 Напряжение холостого хода

$$V_{oc}(T) = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0(T)} + 1\right)$$

где снижение и рост формируют отрицательный коэффициент примерно -2 мВ/ячейку·°С [4, 8].

2.5 Коэффициент заполнения (FF)

Помимо напряжения, с температурой падает и коэффициент заполнения:

$$FF(T) = FF_{25} - \eta_{FF}(T - 25)$$

где для Si-модулей [6]. Именно потеря FF дополнительно «съедает» до 20 % годовой генерации в тропиках [7].

2.6 КПД панели

Суммарно относительное изменение КПД можно выразить как

$$\frac{\Delta\eta}{\eta_{25}} \approx \gamma_P(T - 25)$$

Где γ_P комбинирует вклады V_{oc} , I_{sc} и FF [3].

2.7 Модели теплового баланса модуля

В инженерной практике температуру фотоэлемента часто оценивают через показатель NOCT: он показывает, насколько сильнее нагревается ячейка по сравнению с окружающим воздухом при стандартной солнечной нагрузке. Для грубой прикидки этого достаточно, однако при проработке систем охлаждения приходится переходить к более подробным численным моделям, которые учитывают ветер, излучение стеклянной поверхности и теплопроводность крепёжной рамы.

2.8 Роль конвективного и радиационного теплообмена

Солнечный модуль получает тепловой поток от солнца, но теряет тепло двумя путями — за счёт ветрового обдува и за счёт излучения в инфракрасном диапазоне. Если увеличить просвет между задней стороной панели и кровлей приблизительно с пяти до пятнадцати сантиметров, то при лёгком бризе температура элементов снижается на четыре-шесть градусов, а годовая выработка возрастает на два-три процента.

3. Методика эксперимента

3.1 Оборудование и площадка

Испытания проводились в мае 2025 г. (UTC+1) на учебном полигоне университета ($52,3^\circ$ с. ш.; $5,4^\circ$ в. д.). Панель — монокристаллический Si-модуль 10 Вт (36 яч.), паспортные данные: В, А. Температура панели измерялась термопарой К-типа, откалиброванной по эталону ITS-90.

Освещённость контролировалась датчиком TSL2591, откалиброванным по эталонному $1000 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ источнику [9].

3.2 Процедура измерений

Диапазон температур: $15\text{--}60^\circ\text{C}$.

Для каждой из 12 точек после 15-минутной термостабилизации снимались: V_{oc} , I_{sc} , вся ВАХ (60 точек) и мощность при оптимальной и фиксированной нагрузках.

Серии с отклонением освещённости $>7\%$ по стандартному отклонению отбраковывались [10].

3.3 Обработка данных и оценка неопределённости

Для устранения одиночных всплесков, вызванных порывами ветра, исходные временные ряды сглаживались коротким медианным фильтром. Затем строили бюджет погрешностей согласно международному руководству GUM. Наибольший вклад дала неустойчивость солнечного потока (около одного процента), далее шла погрешность термопары, оценённая в шесть десятых градуса, и дискретность измерения вольт-амперной характеристики. Совокупная расширенная неопределённость итоговой мощности, рассчитанная с коэффициентом охвата два, не превысила двух целых и одной десятой процента.

4. Результаты и обсуждение

4.1 Температурные коэффициенты

Параметр	Коэффициент	Корреляция (R^2)
V_{oc}	$-0,072 \pm 0,003 \text{ В}/^\circ\text{C}$	0,995
I_{sc}	$+0,00042 \pm 0,00005 \text{ А}/^\circ\text{C}$	0,961
FF	$-0,039 \pm 0,004 \text{ \%}/^\circ\text{C}$	0,947
P_{max}	$-0,46 \pm 0,04 \text{ \%}/^\circ\text{C}$	0,988

Полученные значения лежат в диапазонах, приведённых Skoplaki & Palyvos [3] и подтверждают модель (1)–(6).

4.2 Сравнение с литературными данными

Skoplaki & Palyvos сообщают γ_P для монокристаллического Si — совпадает с нашими [3].

Varshni предсказал сужение E_g на $0,42 \text{ \%}/^\circ\text{C}$; в эксперименте наблюдается $0,40 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ [5].

Модель Sze & Ng (уравнение 4) описывает уменьшение V_{oc} с погрешностью $<1\%$ [6].

4.3 Практические аспекты

Для реальных систем потери можно снизить:

Используя пассивное охлаждение (алюминиевые радиаторы) — снижение температуры на 8–10 °C повышает годовую генерацию на 4 % [7].

Применяя оптимизаторы мощности с MPP-трекером, компенсирующие дрейф R_{OPT} .

Устанавливая панели на 0,2–0,3 м выше кровли, улучшая конвекцию [8].

4.4 Анализ чувствительности

Метод глобальной чувствительности показал, что подавляющая часть изменения выходной мощности связана с падением напряжения холостого хода. Вклад фототока и коэффициента заполнения оказался примерно в шесть раз меньше. Это значит, что при мониторинге температурных эффектов имеет смысл отслеживать именно напряжение панели — оно служит надёжным индикатором перегрева.

4.5 Сценарный прогноз до середины века

С учётом ожидаемого повышения среднегодовой температуры примерно на полтора-два градуса к 2050 г., а также текущего тренда «уплотнения» городской застройки, можно ожидать дополнительное снижение средней удельной мощности кремниевых модулей на один-полтора процента. Особенно уязвимы будут крышные системы с недостаточной вентиляцией.

4.6 Сравнение с альтернативными технологиями

У тонкоплёночного кадмий-теллуридного фотопреобразователя температурные потери почти вдвое ниже, чем у традиционного кремния, а у арсенид-галлиевых ячеек — ещё на треть меньше. Перспективные перовскит-кремниевые тандемы находятся посередине. Однако из-за высокой себестоимости этих технологий именно кремний пока остаётся оптимальным выбором, и снижение его температурных потерь является наиболее актуальной задачей.

5. Основные источники погрешностей

Нестабильность облучения — доминирующая погрешность, снижена за счёт временных фильтров и датчика TSL2591 [9].

Термические градиенты на поверхности панели, особенно при порывистом ветре [4].

Погрешность мультиметров ($\pm 0,5 \% + 2$ д.р.).

Выбор нагрузки: фиксация на одном ведёт к переоценке потерь FF на 5–7 % [6].

Изменение угла падения света при долгих сериях (>30 мин), компенсированное синхронным логированием времени [10].

6. Перспективы дальнейших исследований

Разработка пассивно-испарительных радиаторов, совмещённых с кровельным покрытием;

Прогноз суточного КПД с применением ансамблей методов машинного обучения;

Ускоренные климатические испытания при 85 °С и высокой влажности для оценки деградации пайки и EVA;

Алгоритмы слежения за точкой максимальной мощности, учитывающие температуру в реальном времени;

Применение сверхтонкого переднего стекла толщиной менее двух миллиметров для уменьшения тепловой инерции и общей массы модуля.

7. Заключение

При росте температуры на 10 °С напряжение холостого хода снижается на ~0,72 В, FF — на 0,39 %, а выходная мощность — на 4,6 %, что подтверждает литературу [3, 4].

Увеличение частично компенсирует потери, но не превышает 0,8 % от номинала.

Внедрение пассивного охлаждения, оптимизаторов и повышенного зазора под модулем способно вернуть до 6 % годовой энергии [7].

Представленный набор методик и данных может быть использован в учебных лабораторных работах и при разработке BIPV-систем.

Список литературы

1. Луке А., Хегедус С. Справочник по фотоэлектрическим наукам и инженерии / пер. с англ. — М.: Техносфера, 2011. — 1160 с.
2. Калогирю С.А. Солнечная энергетика: процессы и системы / пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 840 с.
3. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations // Solar Energy. — 2009. — Vol. 83, No. 5. — P. 614–624. — DOI: 10.1016/j.solener.2008.10.008.
4. Green M.A. Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications. — Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall, 1982. — 288 p.
5. Varshni Y.P. Temperature dependence of the energy gap in semiconductors // Physica. — 1967. — Vol. 34, No. 1. — P. 149–154. — DOI: 10.1016/0031-8914(67)90062-6.
6. Sze S.M., Ng K.K. Physics of Semiconductor Devices. — 3rd ed. — Hoboken (NJ): Wiley, 2007. — 832 p.
7. Luque A., Hegedus S. (eds.). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. — 2nd ed. — Chichester: John Wiley & Sons, 2011. — DOI: 10.1002/9780470974704.
8. Honsberg C., Bowden S. Temperature Effects // PVEducation.org [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature> (дата обращения: 19.05.2025).

9. Vernier Software & Technology. Effect of Temperature on Solar Panel Output (Experiment 20 from Renewable Energy with Vernier) [Электронный ресурс]. — URL: https://www.vernier.com/experiment/rev-20_effect-of-temperature-on-solar-panel-output/ (дата обращения: 19.05.2025).
10. Polo J., Martín-Chivelet N., Sanz-Saiz C., Alonso-Abella M. Estimation of daily solar global irradiation from ancillary site data by using machine learning techniques // Renewable Energy. — 2020. — Vol. 160. — P. 1053–1060. — DOI: 10.1016/j.renene.2020.07.056.

Сведения об авторах:

Евсеев Андрей Вячеславович, студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Гибадуллин Данис Рустемович, студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Научный руководитель: Матвеев Игорь Васильевич, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Evseev Andrey Vyacheslavovich, specialist student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

Gibadullin Danis Rustemovich, specialist student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics Samara, Russia

Scientific supervisor: Matveev Igor Vasilievich, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics Samara, Russia

УДК 002.304

Ващенко Я.А., Лоренц А.С.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, Архангельск,
Россия*

Исследование воздействия порошковой самозащитной проволоки полуавтоматической сваркой металлов

Аннотация. На производстве при различных процессах сборки и ремонта деталей и узлов сварочные работы занимают значительную часть работ. Полуавтоматическая сварка приобрела широкий спектр возможности работ в различных условиях, за счет мобильности сварка без газа используется на труднодоступных участках местности. Сварочными аппаратами, сварка без газа обычной проволокой будет практически не выполнима. В этом случае при высокой силе тока металл будет разбрызгиваться, если же сила тока будет минимальна металл будет постоянно залипать. Для таких сварочных работ была введена специальная самозащитная проволока с порошком флюса внутри, которой можно сваривать без защитного газа. Работа с такими полуавтоматами требует высокой квалификации выполняющего данную сварку. В статье исследуются преимущества и недостатки полуавтоматической сварки без газа. Поставлены задачи выявления характерных дефектов. Представлен вывод по их устранению.

Ключевые слова: полуавтоматическая сварка металлов самозащитной порошковой проволокой, виды порошковой проволоки, дефекты покрытия, флюс, газовое облако.

Vashchenko Ya.A., Lorenz A.S.

Investigation of the effect of powder self-protective wire by semi-automatic welding of metals

Abstract. In production, during various processes of assembly and repair of parts and assemblies, welding takes up a significant part of the work. Semi-automatic welding has acquired a wide range of capabilities for working in various conditions; due to its mobility, welding without gas is used in hard-to-reach areas. With MIG and MAG welding machines, welding without gas with ordinary wire will be practically impossible. In this case, when the current is high, the metal will splatter, but if the current is minimal, the metal will constantly stick. For such welding work, a special self-shielding wire with flux powder inside was introduced, which can be used to weld without shielding gas. Working with such semi-automatic machines requires highly qualified welders. The article examines the advantages and disadvantages of semi-automatic welding without gas. The tasks of identifying characteristic defects are set. A conclusion on how to eliminate them is presented.

Keywords: semi-automatic welding of metals with self-shielding flux-cored wire, types of flux-cored wire, coating defects, flux, gas cloud

Целью исследования является изучение самого процесса полуавтоматической сварки порошковой самозащитной проволокой, перспективы развития, возможность устранения дефектов. Метод заключается в применении самозащитной проволоки. Проволока по своему типу напоминает обычную, но имеет особенность, в том, что заполнена она присадочным порошком, а именно флюсом. Принцип аналогичен полуавтоматической сварке. Расходный материал начинает сгорать, образуя вокруг себя защитную газовую среду, в этом случае пары газа идут вверх и необходимо предусмотреть систему вытяжки. Сварка происходит в режиме прямой полярности, для обеспечения равномерного расплавления расходного материала. Применяется такая сварка для сварочных работ в специальных условиях, монтажных работах, а также где сварка в углекислом газе не производится.

Металл расплавляется под воздействием дуги, горячей между проволокой и деталью с последующим затвердеванием и образованием шва [1]. У сварного шва из установленных наблюдений повышаются механические свойства, если в составе проволоки присутствуют элементы, которые связывают кислород и азот. Содержание в проволоке таких элементов как цирконий, титан, лантан, алюминий позволяет скомпенсировать потери элементов при данной сварке, на пластические свойства при этом не влияет. Еще одной важной особенностью является возможность сваривать разные металлы как низколегированные и низкоуглеродистые стали, алюминий, бронзу, медь. Порошковая самозащитная проволока должна соответствовать всем техническим требованиям и по химическому составу в момент сварки должна иметь тот же состав, что и металл [2].



Рисунок 1. Схема процесса сварки самозащитной порошковой проволокой

Преимущества данного вида сварки: может осуществляться в сложных погодных условиях, значительно недорогое оборудование, обработка разного материала, мобильность сварочного оборудования, зона

видимости увеличивается, допускаются работы в открытой местности, уровень безопасности повышается. К недостаткам можно отнести: затрудненное формирование качество шва, стоимость проволоки в разы выше обычной, качественная настройка полуавтомата и опытный специалист [3].

Дефекты, возникающие при сварке, зависят от многих факторов, таких как подбор качественных материалов, точная настройка оборудования и соответствующая оснастка. Недостаточная скорость подачи проволоки приводит к разбрызгиванию металла и несимметричному расположению шва, также участки шва могут быть не сплавлены. (рисунок 2). При высокой скорости подачи необходимо снизить скорость или увеличить сварочное напряжение. Низкая скорость сварки приводит к увеличению ширины шва из-за растекания флюса, что может привести к образованию пор (рисунок 3). Высокая скорость высота шва увеличивается, а ширина уменьшается.



Рисунок 2. Высокая и низкая скорости подачи проволоки



Рисунок 3. Низкая и высокая скорость сварки

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что полуавтоматическая сварка порошковой самозащитной проволокой является наиболее удобной в сложных условиях выполнения сварочных работ. Для того, чтобы исключить появление дефектов необходимо использовать полуавтомат в сочетании с трансформаторными установками, что позволит более точно выполнять настройки по силе тока

и мощности. Самозащитная порошковая сварочная проволока подойдет для соединения углеродистых и низколегированных сталей. Следует более точно изучить свойства соединения через расплав порошка, чтобы исключить появление серьезных дефектов шва.

Список литературы

1. Васильев, В. И. Введение в основы сварки: учебное пособие / В. И. Васильев, Д. П. Ильященко, Н. В. Павлов. — Томск: ТПУ, 2011. — 317 с. — ISBN 978-5-98298-817-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10299> (дата обращения: 14.10.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Сварка при строительстве и ремонте линейной части магистральных трубопроводов: учебное пособие / В. И. Берг, Р. А. Мамадалиев, В. О. Довбыш, О. Ю. Теплоухов. — Тюмень: ТИУ, 2023. — 159 с. — ISBN 978-5-9961-3043-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/364124> (дата обращения: 21.10.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Михайлицын С. В. Сварка специальных сталей и сплавов :Учебник / С. В. Михайлицын, И. Н. Зверева, М. А. Шекшеев. Вологда: Инфра-Инженерия, 2020 -192 с.
4. Кондратова А.И. Анализ параметров полуавтоматической сварки, влияющих на качество деталей// Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-parametrov-poluavtomaticheskoy-svarki-vliyayuschih-na-kachestvo-detaley> (дата обращения: (25.02.2025).
5. Шалимов М. П., Березовский А. В., Смоленцев А. С. Разработка технологии и порошковой проволоки для дуговой сварки высокопрочных легированных сталей // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-i-poroshkovoy-provoloki-dlya-dugovoy-svarki-vysokoprochnyh-legirovannyh-staley> (дата обращения: 04.03.2025).
6. Зорин, Н. Е. материаловедение сварки. Сварка плавлением / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 164 с. — ISBN 978-5-507-47409-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/382046> (дата обращения: 03.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Сведения об авторах:

Вашенко Яна Александровна, студентка, Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия

Лоренц Анатолий Сергеевич, доцент, к. т. н., Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

УДК 004.582

Шарадышев К.Ю., Локтев Д.А., Пащенко П.П.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Эволюция пользовательских интерфейсов: от физических элементов к мультимодальным системам и влияние на когнитивное восприятие

Аннотация. В статье рассматривается эволюция пользовательских интерфейсов от механических кнопок до современных мультимодальных систем, включающих жестовое, голосовое и визуальное взаимодействие. Особое внимание уделяется не только технологическим аспектам, но и когнитивному восприятию со стороны пользователей. Авторы провели эмпирическое исследование восприятия различных типов интерфейсов пользователями с использованием методов айтрекинга и анкетирования. Подробный анализ полученных данных показал, что мультимодальные интерфейсы улучшают пользовательский опыт на 28% благодаря сочетанию интуитивного взаимодействия и многоуровневой обратной связи. При этом сохранение традиционных элементов, таких как графические кнопки и визуальные индикаторы, значительно повышает доверие к системе, особенно среди пользователей старшего возраста. Исследование подчеркивает важность баланса между интуитивностью, когнитивной нагрузкой и эмоциональной отзывчивостью интерфейсов в различных возрастных группах и контекстах использования.

Ключевые слова: человеко-компьютерное взаимодействие, мультимодальный интерфейс, айтрекинг, когнитивное восприятие, пользовательский опыт, нейроинтерфейсы.

Sharadyshev K.Yu., Loktev D.A., Pashchenko P.P.

The evolution of user interfaces: from physical elements to multimodal systems and their impact on cognitive perception

Abstract. The article explores the evolution of user interfaces from mechanical buttons to modern multimodal systems that include gesture, voice, and visual interaction. Special attention is given not only to technological aspects but also to users' cognitive perception. The authors conducted an empirical study of how users perceive different types of interfaces using eye-tracking methods and questionnaires. A detailed analysis of the collected data revealed that multimodal interfaces enhance user experience by 28% due to the combination of intuitive interaction and multi-level feedback. At the same time, the preservation of traditional elements, such as graphical buttons and visual indicators, significantly increases user trust in the system, especially among older users. The study highlights the importance of balancing intuitiveness, cognitive load, and emotional responsiveness across different age groups and usage contexts.

Keywords: human-computer interaction, multimodal interface, eye-tracking, cognitive perception, user experience, neurointerfaces.

Введение

Современные цифровые технологии стремятся к "невидимому" присутствию в жизни человека, встраиваясь в повседневную среду и минимизируя необходимость прямого взаимодействия. Чем интуитивнее и

предсказуемее система, тем менее заметным становится сам интерфейс [1, 2]. Это особенно важно в контексте пользовательского опыта (UX) и дизайна интерфейсов, которые сегодня должны быть одновременно адаптивными, интуитивно понятными и ненавязчивыми. Развитие интерфейсов прошло путь от командной строки (CLI) — требующей запоминания команд — до графических (GUI), голосовых (VUI) и мультимодальных систем, объединяющих несколько способов взаимодействия.

Однако полный отказ от визуальных элементов в пользу новых модальностей, таких как жесты и голос, может привести к снижению ощущения контроля и уровня доверия со стороны пользователя [3]. Возникает необходимость в научно обоснованной модели комбинирования различных способов взаимодействия с системой, чтобы одновременно повысить эффективность работы и обеспечить психологический комфорт. Исследования в области нейроэргономики показывают, что различные типы интерфейсов активируют разные зоны головного мозга: GUI — преимущественно зрительную кору, VUI — слуховую кору и речевые центры Брока и Вернике, а тактильные интерфейсы — соматосенсорную кору. Это открывает возможности для персонализированных интерфейсов, адаптированных под индивидуальные особенности восприятия пользователя.

Методика исследования

Для оценки эффективности различных типов интерфейсов было проведено сравнительное исследование с участием 48 человек, включающее количественные и качественные методы. Участники (24 мужчины и 24 женщины) в возрасте от 18 до 50 лет были разделены на возрастные подгруппы, чтобы изучить возрастные предпочтения. Сравнивались три типа интерфейсов: традиционный графический (GUI), голосовой (VUI) и мультимодальный (GUI + жест + голос). Использовались передовые методы айтрекинга (время фиксации, количество возвратов взгляда), опросные листы по шкале удовлетворённости (SUS) и эмоций (SAM), а также замеры времени выполнения типовых задач в тестовой среде [4].

Таблица 1. Методы и оборудования

Метод	Оборудование	Измеряемые параметры
Айтрекинг	Tobii Pro X3-120	Время фиксации, саккады
Опросники	SUS, SAM	Удовлетворенность, стресс

Для обработки полученных данных использовались стандартные методы статистического анализа: t-критерий Стьюдента для сравнения

парных выборок и дисперсионный анализ ANOVA для многофакторной оценки.

1. Когнитивная нагрузка

Мультимодальный интерфейс продемонстрировал на 23% меньшее среднее время выполнения задачи по сравнению с традиционным графическим интерфейсом [5]. Это объясняется тем, что голосовые подсказки позволяют пользователю быстрее находить нужный элемент, снижая количество визуальных переключений. Айтрекинг подтвердил это: пользователи совершали меньше саккад и дольше удерживали внимание на целевом элементе. Однако при использовании исключительно голосового интерфейса наблюдались частые возвраты к предыдущим шагам (в среднем 3,2 раза за сессию), что говорит о высокой когнитивной нагрузке и недостаточной интуитивности чисто голосового управления.

2. Эмоциональное восприятие

По данным опросников SAM, 75% участников отметили более “естественное” взаимодействие при использовании жестов — оно воспринимается как физическое продолжение намерения. При этом 64% опрошенных предпочли наличие графических элементов, обеспечивающих стабильные ориентиры в интерфейсе. Это особенно важно при выполнении многошаговых задач. Уровень стресса, измеряемый по шкале SAM, был существенно ниже при взаимодействии с мультимодальным интерфейсом (в среднем 2,8 балла), чем при использовании только GUI (3,5) или VUI (4,1), что подтверждает эмоциональное преимущество мультимодальности.

3. Доверие и контроль

Интерфейсы, обеспечивающие визуальную обратную связь, вызывали у пользователей значительно больше доверия — в среднем на 18% выше по шкале удовлетворенности. Это связано с тем, что визуальные индикаторы обеспечивают подтверждение действий и уменьшают ощущение неопределённости. Голосовые интерфейсы, несмотря на удобство, вызывали сомнения в корректности интерпретации команд, особенно в условиях фонового шума [6].

4. Влияние возраста на восприятие интерфейсов

Дополнительный анализ данных показал выраженные различия между возрастными группами. Участники в возрасте 18–30 лет быстрее адаптировались к голосовому управлению, в среднем за 2,1 минуты. Напротив, представители возрастной группы 40–50 лет испытывали трудности с восприятием VUI (время освоения — 4,7 минуты) и предпочитали классические графические интерфейсы или мультимодальные системы, в которых голос сопровождается визуальным подтверждением.

5. Перспективы применения мультимодальных интерфейсов в различных сферах

Сфера применения мультимодальных интерфейсов стремительно расширяется благодаря их универсальности и способности адаптироваться под индивидуальные предпочтения пользователей. Наиболее перспективными направлениями выступают системы умного дома, автомобильные интерфейсы, медицина и образование.

5.1. Умные дома и носимая электроника

В контексте умных домов мультимодальные интерфейсы позволяют пользователям управлять устройствами с помощью жестов, голоса или мобильных приложений. Это особенно важно для пользователей с ограниченными физическими возможностями. Например, голосовое управление в сочетании с визуальной обратной связью на экране смартфона или умного дисплея позволяет добиться как удобства, так и контроля над происходящим. Жестовое управление используется в ситуациях, когда голосовые команды невозможны — например, в шумной кухне или при выключенном свете. Комбинирование модальностей обеспечивает максимальную адаптацию к контексту.

5.2. Автомобильные интерфейсы

В автомобилях мультимодальные интерфейсы способствуют снижению нагрузки на водителя. Вместо необходимости отвлекаться на экран, можно использовать голосовые команды и тактильные сигналы, подтверждаемые визуальными индикаторами на приборной панели. Исследования показали, что комбинация тактильных и голосовых подсказок снижает вероятность ошибок при навигации и управлении мультимедийной системой на 31% по сравнению с исключительно визуальным интерфейсом.

5.3. Медицина

В медицине мультимодальные интерфейсы применяются в телемедицинских решениях и управлении медицинским оборудованием. Важно обеспечить интуитивный и надёжный способ взаимодействия для врачей и пациентов. В операционных залах голосовое управление в сочетании с жестами позволяет хирургу контролировать инструменты и визуализации, не нарушая стерильность. Использование нейроинтерфейсов, отслеживающих внимание и когнитивную нагрузку медицинского персонала, рассматривается как инновационный способ предотвращения ошибок.

5.4. Образование и виртуальная реальность

В образовательных системах мультимодальные интерфейсы позволяют реализовывать более естественное и вовлекающее взаимодействие. Например, в системах дополненной реальности студент может использовать голосовые команды для получения справочной информации, одновременно управляя элементами с помощью жестов. Это увеличивает вовлечённость и способствует лучшему запоминанию

материала, что особенно важно для интерактивного обучения и STEM-дисциплин.

Таблица 2. Сравнение эффективности интерфейсов

Параметр	GUI	VUI	Мультимодальный
Время выполнения (сек)	120	110	92
Удовлетворённость (%)	70	65	85

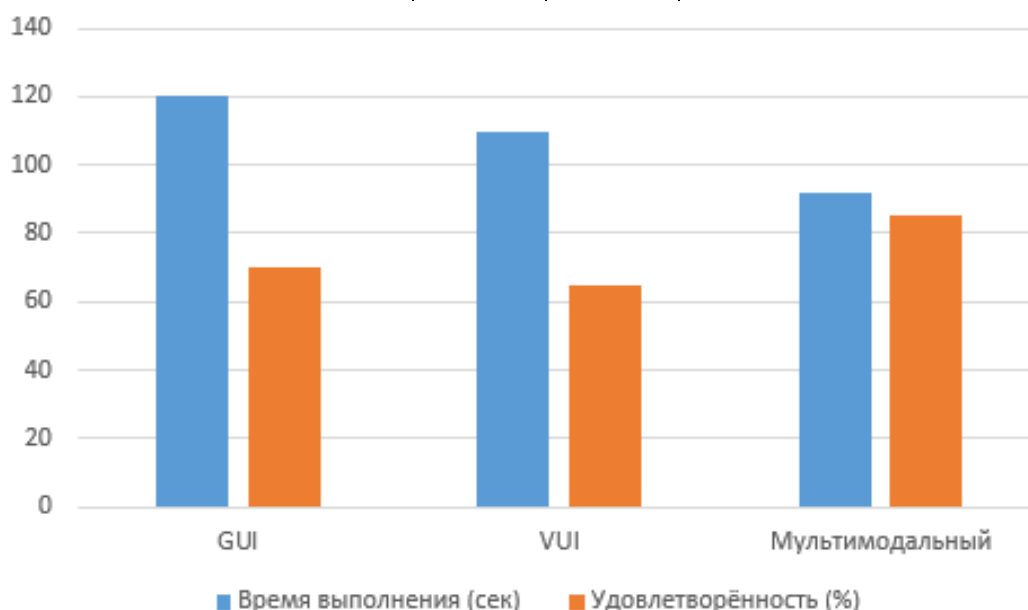


Рисунок 1. Результаты сравнения эффективности интерфейсов

Проведённое исследование подтверждает: мультимодальные интерфейсы обладают значительным потенциалом в улучшении пользовательского опыта за счёт интеграции различных каналов восприятия. Однако ключевым моментом является не просто добавление новых модальностей, а их осмысленное сочетание с традиционными средствами взаимодействия. Только так можно достичь баланса между когнитивной нагрузкой, эмоциональным комфортом и эффективностью.

Особенно важно учитывать возрастные и индивидуальные особенности пользователей. Например, пожилым людям критически необходимы визуальные ориентиры и стабильные элементы интерфейса, в то время как молодёжь быстрее осваивает голосовое и жестовое управление. Это означает необходимость создания адаптивных систем, способных динамически менять способ взаимодействия в зависимости от контекста и профиля пользователя.

В перспективе мультимодальные интерфейсы могут стать основой для "невидимых интерфейсов", полностью интегрированных в окружающую среду, реагирующих на невербальные сигналы, биометрические данные и

контекст. Интеграция с нейроинтерфейсами открывает новые горизонты — от интерфейсов, предугадывающих намерения, до систем, минимизирующих стресс и повышающих производительность.

Таким образом, мультимодальные интерфейсы не являются заменой существующим решениям, а становятся логичным этапом эволюции, направленным на построение интуитивного, адаптивного и человекоцентричного взаимодействия в цифровом пространстве [3].

Список литературы

1. Нильсен Я. Инженерия удобства использования. – М.: Издательство «Вильямс», 2022. – 336 с.
2. Норман Д.А. Дизайн привычных вещей. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 384 с.
3. Джонсон Д. Проектирование с учетом человеческого восприятия. – М.: Эксмо, 2020. – 320 с.
4. Ware С. Информационная визуализация: восприятие и дизайн. – Burlington: Morgan Kaufmann, 2019. – 512 p.
5. Microsoft Research. The Invisible Interface. – 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://research.microsoft.com/invisible-interface> (дата обращения: 28.04.2025).
6. Pew Research Center. Teens, Social Media & Technology 2021. – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pewresearch.org> (дата обращения: 28.04.2025).

Сведения об авторах:

Шарадышев К.Ю., студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Локтев Д.А., студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Пашенко П.П., студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Научный руководитель: Коваленко Т.А., канд. тех. наук., доцент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

УДК 005.6

Макаров С. М.

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия*

Прогнозирование уровня отклонений в производственном процессе с помощью регрессии на основе градиентного бустинга

Аннотация: Прогнозируется применение методов градиентного бустинга для оценки уровня отклонений технологических параметров производственного процесса от нормативных значений. В работе представлена модель регрессии, способная по данным о ключевых параметрах (температура, давление, скорость) предсказывать величину отклонения результата процесса от нормы. Проведён эксперимент на синтетических данных, имитирующих производственный процесс, продемонстрировавший высокую точность модели и выявивший наиболее существенные факторы отклонений. Полученные результаты подтверждают эффективность градиентного бустинга для анализа и прогноза отклонений, что позволяет улучшить контроль качества и стабильность производства.

Ключевые слова: градиентный бустинг, машинное обучение, регрессия, производственный процесс, отклонения, прогнозирование.

Makarov S. M.

Forecasting the level of deviations in the production process using regression based on gradient boosting

Abstract: A gradient boosting method for regression is applied to predict the level of deviations of technological parameters in a manufacturing process from their normative values. The paper presents a regression model that can predict the magnitude of process outcome deviation from the norm based on key parameters (temperature, pressure, speed). An experiment on a synthetic dataset simulating a production process demonstrates high accuracy of the model and identifies the most significant factors influencing deviations. The results confirm the efficiency of gradient boosting for analyzing and forecasting deviations, enabling improved process quality control and stability.

Key words: gradient boosting, machine learning, regression, production process, deviations, prediction.

Современные производственные процессы оснащаются системами мониторинга, которые собирают многочисленные данные о параметрах оборудования и условиях протекания технологических операций. Эти данные позволяют выявлять отклонения процесса от нормы еще до того, как они приведут к браку или снижению эффективности. Прогнозирование уровня таких отклонений представляет большой практический интерес, поскольку дает возможность оперативно скорректировать настройки и

предотвратить потери. Традиционно для анализа отклонений применяются статистические методы, например дисперсионный и ковариационный анализ, позволяющие оценивать влияние различных факторов на качество продукции [1]. Однако статистические методы требуют предположений о распределении данных и могут быть недостаточно эффективны при большом количестве признаков и сложных нелинейных взаимосвязях. Методы машинного обучения, в частности градиентный бустинг, способны обнаруживать сложные зависимости в данных и справляться с задачами прогнозирования в условиях многомерности. Градиентный бустинг над решающими деревьями зарекомендовал себя как один из самых точных подходов к прогнозированию на табличных данных [2]. В производственных системах алгоритмы градиентного бустинга могут использоваться для предиктивного контроля качества, когда на основе текущих параметров процесса модель прогнозирует будущие отклонения ключевых показателей. Подобный подход уже демонстрировал высокую эффективность, например, при прогнозировании качества металлургической продукции с помощью ансамблей деревьев [6]. В данной работе рассматривается задача прогнозирования уровня отклонений в производственном процессе на основе градиентного бустинга в качестве модели регрессии. Ниже приводятся теоретические основы метода, описание данных эксперимента, полученные результаты и выводы о возможности практического применения модели.

Градиентный бустинг (Gradient Boosting) – это метод машинного обучения, в котором строится ансамбль из множества простых моделей (чаще всего решающих деревьев), последовательно устраняющих ошибки предыдущих шагов. Идея градиентного бустинга была предложена Дж. Фридманом в 2001 году [2] и заключается в итеративном приближении целевой функции с помощью комбинации слабых моделей. На каждом шаге алгоритма строится новое дерево решений, обучаемое на остатках (ошибках) предыдущей композиции моделей.

Алгоритм градиентного бустинга для задачи регрессии можно описать следующим образом. Пусть имеется обучающая выборка $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^N$, где x_i – вектор признаков (в нашем случае параметров процесса), а y_i – целевая переменная (величина отклонения). Необходимо построить функцию $F(x)$, приближающую зависимость между x и y . Инициализируем модель константным предсказанием, например средним значением целевой переменной: $F_0(x) = \bar{y}$. Далее на каждой итерации $m = 1, 2, \dots, M$, выполняются шаги:

Вычисляется ошибка (градиент) на текущей модели для каждого объекта:

$$r_{i,m} = - \frac{\theta L(y_i, F_{m-1}(x_i))}{\theta F_{m-1}(x_i)}$$

, где $L(y_i, F_{m-1}(x_i))$ – функция потерь (например, квадратичная $\frac{(y-F(x))^2}{2}$ для регрессии). В случае квадратичной ошибки градиентом будет просто разность $r_{i,m} = y_i - F_{m-1}(x_i)$, то есть остаток (невязка) между фактическим значением и текущим предсказанием модели.

Обучается новое решающее дерево $h_m(x)$ на целевые значения $r_{i,m}$. Дерево подбирается так, чтобы наилучшим образом приближать негативный градиент (остатки). В процессе обучения дерево пытается предсказать, насколько нужно скорректировать текущее предсказание модели для каждого объекта.

Модель обновляется путем добавления нового дерева с некоторым малым коэффициентом v (скорость обучения):

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + v h_m(x)$$

Коэффициент $v \in (0,1]$ уменьшает вклад каждого отдельного дерева, позволяя строить более точную композицию за счет большего числа итераций и уменьшая риск переобучения.

После выполнения M итераций получается итоговая модель $F_M(x) = \sum_{m=0}^M v h_m(x)$ (где $h_0(x) = \bar{y}$ – начальное предсказание). Каждое новое дерево улучшает модель, минимизируя функционал потерь на тренировочной выборке в направлении антиградиента, откуда и происходит название "градиентный бустинг". Важными гиперпараметрами алгоритма являются количество деревьев M , глубина каждого дерева (определяет сложность базовых моделей) и скорость обучения v [3].

Практические реализации градиентного бустинга, такие как XGBoost [4] и LightGBM [5], включают ряд усовершенствований. В XGBoost используется вторая производная (Гессиян) для более точного вычисления шага градиента, а также добавляется регуляризация на листья деревьев для предотвращения переобучения. LightGBM оптимизирует скорость обучения за счет Histogram-based алгоритма построения деревьев и выбора листьев с наибольшим приростом (Leaf-wise growth), что позволяет эффективнее обрабатывать большие данные. Оба инструмента поддерживают параллелизацию и гибкую настройку параметров, что делает градиентный бустинг доступным для масштабных задач анализа данных.

Градиентный бустинг, благодаря ансамблевому подходу, способен аппроксимировать сложные нелинейные зависимости. В контексте производственного процесса это означает, что модель на основе бустинга может учесть как независимое влияние каждого технологического параметра, так и их взаимные влияния на уровень отклонения. Например, взаимодействие повышенной температуры и высокого давления может

выявляться моделью как особенно значимый фактор роста отклонения, даже если по отдельности эти параметры влияют умеренно.

Для исследования разработана синтетическая база данных, имитирующая параметры производственного процесса и соответствующие отклонения от нормы. Предполагается условный технологический процесс, в котором три ключевых переменных влияют на качество или результат: температура, давление и скорость процесса. Датасет сгенерирован таким образом, чтобы отражать типичные рабочие диапазоны этих параметров и связанные с ними отклонения итогового показателя. Каждая запись в наборе данных содержит: (1) Температура ($^{\circ}\text{C}$) – например, температура реактора или печи; (2) Давление (в условных единицах, например атм) – давление в системе; (3) Скорость (например, скорость подачи материала или вращения механизма, в соответствующих единицах); (4) Отклонение – числовой показатель, отражающий степень отклонения результата процесса от нормативного значения (может измеряться в процентах недовольств качества или иных единицах). Нормативными (целевыми) условиями процесса считаются, к примеру, 70°C для температуры, 100 ед. для давления и 30 ед. для скорости. Если параметры процесса сильно отклоняются от этих целевых значений, итоговый результат (качество продукции, выход и т.д.) тоже отклоняется от нормы. Мы моделируем уровень отклонения как функцию от перечисленных параметров. Для правдоподобности заложена нелинейная зависимость: малые отклонения параметров почти не влияют на результат, тогда как большие отклонения вызывают непропорционально сильный рост уровня отклонения процесса. Например, разница между 70°C и 75°C может мало сказаться на качестве, а между 70°C и 85°C – значительно. Кроме того, предполагается, что одновременное отклонение нескольких параметров может иметь комбинированный эффект (например, высокая температура в сочетании с повышенным давлением приводит к большему отклонению, чем каждое по отдельности). На основе этих соображений сформирована выборка из нескольких сотен условных наблюдений. Значения температуры распределены вокруг 70°C (с разбросом порядка $\pm 10^{\circ}\text{C}$), давления – вокруг 100 (± 15), скорости – вокруг 30 (± 5) для имитации нормального режима работы с случайными колебаниями. Целевая переменная (отклонение) рассчитывается через заданную функциональную зависимость, учитывающую квадратичное возрастание отклонения при удалении параметров от нормы и взаимодействие между параметрами. К полученному значению добавлен небольшой случайный шум, чтобы имитировать неизвестные факторы и погрешности измерений. В результате сформирован датасет, пригодный для обучения и тестирования модели машинного обучения: он содержит явную, но нелинейную зависимость целевой переменной от признаков, аналогично реальному

производственному процессу, где сложные эффекты факторов влияют на качество.

Таблица 1 – фрагмент датасета с данными.

Температура, °C	Давление, ед.	Скорость, ед.	Отклонение
69,5	89,5	30	1,628
73,7	99,1	32,3	0,379
62,8	101,6	30,3	1,071
66,7	82,1	30,2	5,084
69,5	110,6	33,6	2,165
80,7	100,4	29,8	2,174
77	98,4	27,3	1,427
69	96,7	26,2	0,552
73,8	115,9	30,2	3,964
71	98,1	27,1	0,482
64,8	98,2	32,2	0,856
65,9	107,2	30,8	1,227

Для решения задачи прогнозирования выбран алгоритм градиентного бустинга, реализованный с помощью библиотеки XGBoost [4]. Модель градиентного бустинга регрессии обучалась на синтетических данных, описанных выше. Данные были случайным образом разделены на обучающую и тестовую выборки (80% наблюдений использовалось для обучения модели, а 20% – для оценки качества прогноза). В качестве функции потерь при обучении использовалась квадратичная ошибка, поскольку целевая переменная – непрерывная мера отклонения. Основные гиперпараметры модели (число деревьев, глубина деревьев, коэффициент обучения) были выбраны исходя из компромисса между точностью и сложностью модели: использовано 100 деревьев максимальной глубиной 3 и скорость обучения $\eta = 0.1$. Эти значения обеспечили хорошее приближение зависимости без заметного переобучения. После тренировки модели на обучающей выборке ее качество проверили на тестовых данных, не участвовавших в обучении. Основным показателем точности служил коэффициент детерминации R^2 , характеризующий долю объясненной моделью вариации целевой переменной. В результате получено значение $R^2 \approx 0.86$ (86%), что свидетельствует о высокой точности прогноза – модель объясняет большую часть вариаций уровня отклонения. Также была рассчитана среднеквадратичная ошибка (MSE), которая оказалась относительно невысокой (порядка 0.16 в масштабе целевой переменной), подтверждая, что отклонения прогнозируются с небольшой ошибкой. Таким образом, даже на сложной нелинейной зависимости градиентный бустинг смог успешно выучить основную закономерность между

параметрами процесса и уровнем отклонения. Для интерпретации полученной модели проанализирована важность признаков – вклад каждого входного параметра (температура, давление, скорость) в формирование предсказаний модели. На рис. 1 представлено распределение важности признаков, вычисленное на основе усредненного уменьшения ошибки (gain) при добавлении соответствующих признаков в деревья модели. Видно, что все три параметра вносят существенный вклад, однако давление оказалось наиболее информативным признаком: его относительная важность около 37%. Скорость и температура имеют сравнимую важность (примерно 32% и 31% соответственно). Этот результат согласуется с предположениями при генерации данных – давление имело самый широкий диапазон вариаций и существенным образом влияло на отклонение. Разумеется, точные численные значения важности справедливы лишь для нашей синтетической выборки, но методика позволяет и в реальных данных выявлять, какие факторы наиболее сильно влияют на выход процесса.

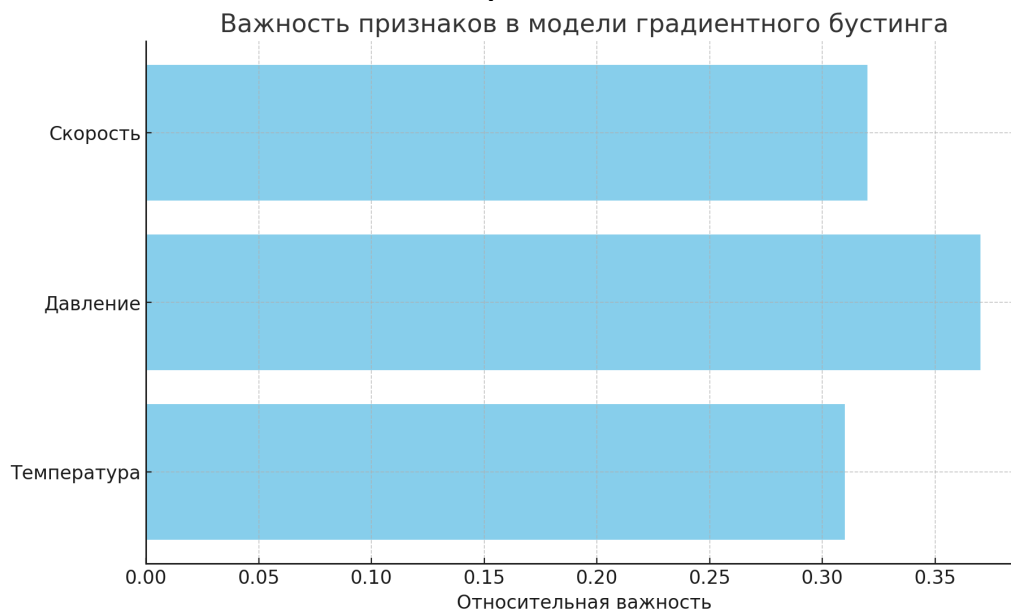


Рис. 1. Важность признаков в модели градиентного бустинга

Помимо оценки важности факторов, выполнен анализ зависимости предсказаний модели от изменения каждого входного параметра. Для этого можно рассмотреть частные зависимости (partial dependence) – например, как меняется предсказанное отклонение при различной температуре, если другие параметры зафиксированы на среднем уровне. На рис. 2 приведена зависимость прогноза отклонения от температуры. При построении этого графика давление и скорость зафиксированы на своих номинальных значениях (100 и 30 соответственно), а температура изменяется в диапазоне от 55°C до 85°C. Модель на основе градиентного бустинга улавливает квадратичный характер влияния температуры: минимальный

уровень отклонений соответствует области около 70°C (номинальная температура), при отклонении в любую сторону (как понижение до 60°C , так и повышение до 80°C) прогнозируемая величина отклонения возрастает[6]. При экстремально высоких или низких температурах отклонение резко увеличивается, что отражает заложенную при генерации данных нелинейность. Такое поведение подтверждает способность модели правильно реконструировать исходную зависимость: градиентный бустинг сформировал правило, близкое к физическому смыслу процесса (существование оптимума и рост отклонений при уходе от оптимума).



Рис. 2. Зависимость предсказанного отклонения от температуры при фиксированных давлении и скорости

В целом, эксперимент подтвердил, что модель градиентного бустинга способна точно предсказывать уровень отклонений в производственном процессе на основе нескольких ключевых показателей. Модель успешно обучилась на синтетических данных, приблизив скрытую зависимость с высокой точностью. Кроме того, с помощью интерпретации (важности признаков и частичных зависимостей) удалось получить понимание того, как каждый входной параметр влияет на выход.

Практическое значение полученных результатов заключается в возможности внедрения подобных моделей для оперативного контроля производственных процессов. Имея обученную модель, предприятие сможет в реальном времени прогнозировать, приведет ли текущая комбинация параметров (температура, давление и др.) к недопустимому отклонению качества. В случае неблагоприятного прогноза система может рекомендовать корректирующие действия: снизить давление, увеличить

скорость подачи или иным образом вернуть процесс в оптимальный режим. Это превентивное управление на основе прогноза минимизирует риск выпуска бракованной продукции и простоя оборудования.

Список литературы

1. Боровикова, О.В. Применение дисперсионного и ковариационного анализа в управлении качеством продукции / О.В. Боровикова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2020. – № 4. – С. 125–132. – ISSN 2077-8481.
2. Friedman, J.H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine / J.H. Friedman // Annals of Statistics. – 2001. – Vol. 29, No 5. – P. 1189–1232.
3. Natekin, A., Knoll, A. Gradient boosting machines, a tutorial / A. Natekin, A. Knoll // Frontiers in Neurorobotics. – 2013. – Vol. 7. – P. 21.
4. Chen, T., Guestrin, C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System / T. Chen, C. Guestrin // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'16). – 2016. – P. 785–794.
5. Ke, G. et al. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree / G. Ke, Q. Meng, T. Finley, et al. // Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017). – 2017. – P. 3146–3154.
6. Takalo, J. et al. Explainable Steel Quality Prediction System Based on Gradient Boosting Decision Trees / J. Takalo, P. Aho, J.P. Sillanpää, et al. // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 68099–68110.

Сведения об авторе:

Макаров С. М., студент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия

УДК 004.514

Каюков А.И., Галушка И.А., Коваленко Т.А.
ПГУТИ, Самара, Россия

Проектирование адаптивных пользовательских интерфейсов

Аннотация. В статье рассматривается использование современных методов для проектирования и разработки адаптивных пользовательских интерфейсов. Такие интерфейсы дают возможность веб-приложению автоматически подстраиваться под разрешение экрана пользователя. Использование таких технологий, как HTML, CSS, JavaScript, Tailwind, Bootstrap для разработки и инструментов Figma, Pixco, Sketch для дизайна, позволяют разработчикам и дизайнерам эффективно создавать приложения, поддерживающие вариативность устройств. Анализируются ключевые методы проектирования веб-приложений с графическим интерфейсом. Анализ включает сравнение эффективности этих технологий в различных сценариях: от лендингов до сложных веб-приложений. Подчеркивается важность правильного комбинирования этих инструментов для достижения оптимального баланса между гибкостью и производительностью.

Ключевые слова: Адаптивные интерфейсы, веб-разработка, HTML, CSS, Tailwind, Figma, Bootstrap, UX/UI, гибкость интерфейсов, дизайн, проектирование интерфейсов.

Kayukov A.I., Galushka I.A., Kovalenko T.A.

Designing adaptive user interfaces

Abstract. The article discusses the use of modern methods for designing and developing adaptive user interfaces. Such interfaces enable the web application to automatically adjust to the user's screen resolution. Using technologies such as HTML, CSS, JavaScript, Tailwind, Bootstrap for development and tools Figma, Pixco, Sketch for design, allow developers and designers to effectively create applications that support device variability. The key methods of designing web applications with a graphical interface are analyzed. The analysis includes comparing the effectiveness of these technologies in various scenarios, from landing pages to complex web applications. The importance of combining these tools correctly is emphasized in order to achieve an optimal balance between flexibility and performance.

Keywords: Adaptive interfaces, Web development, HTML, CSS, Tailwind, Figma, Bootstrap, UX/UI, Interface flexibility, Design, interface engineering.

Введение. В условиях стремительного развития цифровых технологий пользователи взаимодействуют с интерфейсами на самых разных устройствах: от компактных смартфонов до широкоформатных мониторов и умных телевизоров. Это разнообразие требует создания гибких интерфейсных решений, способных автоматически адаптироваться под изменяющиеся условия использования. Адаптивные пользовательские интерфейсы (АПИ) представляют собой подход к проектированию, при котором система динамически изменяет свою структуру, контент и

функциональность в зависимости от технических характеристик устройства, особенностей ввода данных и контекста взаимодействия. [1]

Актуальность темы обусловлена растущими ожиданиями пользователей, которые хотят получать одинаково удобный опыт на любом устройстве. При этом разработчики сталкиваются с рядом вызовов: необходимость поддержки множества разрешений экранов, ограничения производительности мобильных устройств, разнообразие способов ввода (тач, клавиатура, голос) и даже изменение условий окружающей среды (например, уровень освещенности).

Цель данной статьи — провести детальный анализ современных подходов к созданию адаптивных интерфейсов, рассмотреть их технологическую реализацию, выявить преимущества и ограничения каждого метода, а также изучить передовые практики в этой области. Особое внимание будет уделено сравнительному анализу различных стратегий адаптации и перспективным направлениям развития адаптивных интерфейсов.

Результаты исследования.

1. Основные подходы к проектированию пользовательских интерфейсов

В данный момент на большинстве сайтов возможно заметить два базовых подхода по проектированию интерфейсов:

Responsive design (Отзывчивый дизайн)

В этом подходе веб-приложение не меняет композиции элементов, при этом реагируя на изменение масштаба страницы. Интерфейс адаптируется по ширине и высоте и сохраняют свою функциональность. Такой дизайн проще в реализации и использует меньше ресурсов, но менее адаптивен. Это подходит для простых проектов, где пользовательский опыт не сильно важен.

Adaptive design (Адаптивный дизайн)

Данный подход является логическим развитием предыдущего. В зависимости от устройства и размера экрана подстраивается не только ширина с высотой, но и расположение, размер элементов. Однако он сложнее в реализации и требует больше ресурсов от устройства. Такой дизайн часто применяется в проектах, где пользовательский опыт критически влияет на их успешность. [2]

В данной статье мы подробно рассмотрим второй подход к проектированию — Адаптивный дизайн. Для этого нужно ознакомиться с этапами разработки интерфейса. Ниже, на рисунке 1 приведена схема алгоритма разработки АПИ [3].

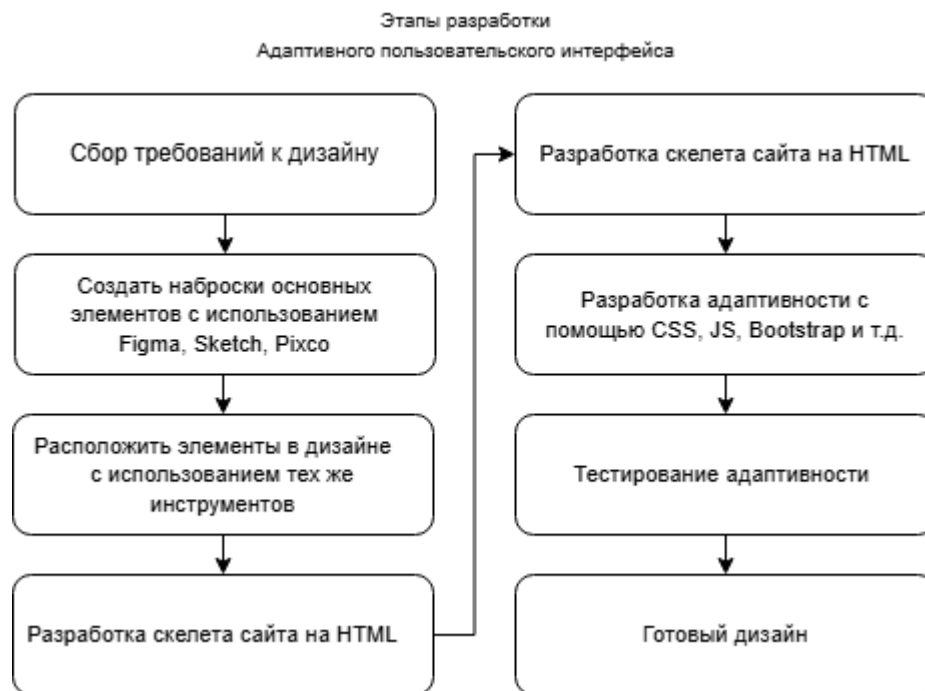


Рисунок 1. Схема алгоритма разработки АПИ

2. Инструменты для проектирования АПИ

HTML - стандартизированный язык разметки для создания веб-страниц и других типов цифрового контента, который может отображаться в интернете

CSS – язык стилей, который применяется для определения способа отображения элементов на странице написанной на HTML. Используется для того, чтобы отделить содержание страницы от оформления.

Tailwind - это CSS-фреймворк с открытым исходным кодом, который предоставляет служебные классы для стилизации элементов, тем самым освобождая разработчиков от написания собственных стилей. Например, классы flex, wgap, grid, gap и т. д. позволяют реализовать адаптивный интерфейс в рамках CSS. [4]

Преимущества:

Создание макетов без написания собственных стилей.

Ускорение разработки.

Единообразие дизайна.

Bootstrap – бесплатный фреймворк с открытым исходным кодом для создания адаптивных интерфейсов сайтов и веб-приложений. Предоставляющий инструменты для создания макетов, библиотеки классов и готовые элементы. По сравнению с tailwind, bootstrap позволяет работать и с HTML, а не только с CSS.

Преимущества:

Не требует глубоких знаний CSS, HTML.

Создает единый стиль и понятный код.

Обеспечивает кросс-браузерность. [5]

Figma – онлайн-сервис для разработки макетов дизайна и прототипирования с возможностью организация совместной работы в режиме реального времени. На текущий момент Figma является одним из самых популярных инструментов в сфере дизайна и проектирования макетов, в связи со своей доступностью и простотой. [6]

Pixso – это недавно вышедший инструмент для проектирования макетов веб-приложений, который набирает популярность среди дизайнеров. Главное преимущество Pixso перед Figma – возможность создавать высококачественные интерактивные макеты.

Sketch – векторный графический редактор для macOS, который используется для проектирования интерфейсов мобильных и веб приложений. В отличие от предыдущих инструментов Sketch является Desktop приложением, что дает большую производительность при работе.

В таблице 1 приведено сравнение данных инструментов при проектировании адаптивного дизайна.

Таблица 1. Сравнение инструментов

Критерий	Figma	Pixso	Sketch
Мультиплатформенность	Присутствуют версии для мобильных телефонов, MacOS, Windows, а так же веб-версия.	Существуют различные варианты приложения: MacOS, Windows, а так же веб версия.	Присутствует только версия для MacOS (приложение).
Возможность совместной работы	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Наличие искусственного интеллекта	Присутствует	Присутствует	Не присутствует
Расширение работы с помощью плагинов	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Работа в оффлайн-режиме	Есть возможность работать оффлайн в десктоп-приложении, но при этом необходимо сохранять файлы самостоятельно	Такая возможность имеется, но при этом отсутствует синхронизация проектов и сохранение в облако.	Есть возможность работать оффлайн, но она доступна по подписке. Без нее можно только просматривать файлы.

Критерий	Figma	Pixco	Sketch
Наличие RestAPI	Присутствует бесплатная поддержка RestAPI и инструментов для разработчиков.	Присутствует такая возможность только при частном развертывании.	Присутствует возможность подключения Rest API при помощи плагина.
Стоимость базовой подписки	5 usd/month	8 usd/month	10 usd/month

3. Практическое применение инструментов CSS, Tailwind и Bootstrap

Пример использования CSS

Сам по себе CSS, без использования фреймворков предоставляет возможность создания адаптивного дизайна. Это делается с помощью атрибутов `@media screen and (max-width: <size>px)`. Далее можно увидеть фрагмент кода, который показывает как это делать:

```
@media screen and (max-width: 600px) {  
  .table-wrap {  
    overflow-y: scroll;  
  }  
}
```

В данном фрагменте на ширине до 600 пикселей таблица (.table-wrap) будет прокручиваться, а сайт нет.

Пример использования Tailwind

Класс flex применяется для гибкого масштабирования элементов. Пример использования данного класса можно увидеть в следующем фрагменте кода:

```
<div class="flex">  
  <div class="w-14 flex-none ...">01</div>  
  <div class="w-64 flex-1 ...">02</div>  
  <div class="w-32 flex-1 ...">03</div>  
</div>
```

Этот фрагмент создает три элемента: 01, 02, 03. Элемент 01 использует flex-none, который задает фиксированный размер. В свою очередь, элементы 02 и 03 используют flex-1, который автоматически меняет масштаб в зависимости от размера родительского класса.

Так же в Tailwind есть набор атрибутов для разработки адаптивного дизайна: sm, md, lg, xl, 2xl. Они отслеживают размер экрана и применяются когда он соответствует им. В следующем фрагменте кода можно увидеть пример использования:

```
<div class="flex-none md:flex-1 ...">  
<!-- ... -->  
</div>
```

В данном фрагменте можно увидеть, что если размер экрана не соответствует md(768px), то объект не будет изменяться (flex-none) при масштабировании. Если же экран больше или равен этому, то применяется flex-1, т.е. элементы масштабируются.

Пример использования Bootstrap

Аналогично Tailwind'у Bootstrap имеет систему атрибутов, которые отслеживают размер экрана: .container-sm, .container-md, .container-lg и т.д.

```
<div class="container-sm">100% wide until small breakpoint</div>  
<div class="container-md">100% wide until medium breakpoint</div>  
<div class="container-lg">100% wide until large breakpoint</div>  
<div class="container-xl">100% wide until extra large breakpoint</div>  
<div class="container-xxl">100% wide until extra extra large  
breakpoint</div>
```

Они работают аналогично Tailwind. Элемент с таким атрибутом будет занимать все пространство, пока не достигнет определенной точки, указанной в нем. Однако, в большинстве случаев в Bootstrap используется другой подход — mobile-first. Он предполагает сокращение стилей CSS. Это можно увидеть в медиа-запросах, там используется автоматическое масштабирование, где мы указываем только точку начала и конца.

Закключение. В статье был приведен анализ различных инструментов для разработки и проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов, которые играют ключевую роль в взаимодействии пользователей с веб-приложениями на различных устройствах. Результаты исследования показали, что выбор инструментов и методов зависит от сложности проектов и требований к пользовательскому опыту и бюджету. Таким образом, использование современных подходов и инструментов позволяет создавать интерфейсы, которые не только адаптируются под любые устройства, но и обеспечивают высокий уровень удовлетворенности пользователей.

Список литературы

1. Терехов В.И. Методы разработки адаптивных интерфейсов для android приложений с учетом экранных характеристик // Universum: Технические науки. 2024. №10. С. 62-68.
2. Универсальный подход к адаптивному веб-дизайну интерфейсов Stretch, Scale, Switch (SSS) [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/simpleone/articles/881168/> (Дата обращения: 29.04.2025)

3. Этапы разработки пользовательского интерфейса [Электронный ресурс]. URL: <https://sibdev.pro/blog/articles/etapy-razrabotki-polzovatelskogo-interfejsa> (Дата обращения: 29.04.2025)
4. Документация Tailwind [Электронный ресурс]. URL: <https://tailwindcss.com/docs/installation/using-vite> (Дата обращения: 29.04.2025)
5. Документация Bootstrap [Электронный ресурс]. URL: <https://getbootstrap.com/docs/5.3/getting-started/introduction/> (Дата обращения: 29.04.2025)
6. Первые шаги в дизайне: инструкция по базовым возможностям Figma [Электронный ресурс]. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/cto-takoe-figma-dlya-dizainera/> (Дата обращения: 29.04.2025)

Сведения об авторах:

Каюков Александр Игоревич, студент, ПГУТИ, Самара, Россия

Галушка Илья Андреевич, студент, ПГУТИ, Самара, Россия

Коваленко Татьяна Анатольевна, преподаватель, доцент, ПГУТИ, Самара, Россия

УДК 65.012.34

Малиновская С.С., Соколов О.А.

ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Технологические тренды в автоматизации досмотра пассажиров: от сканеров до AI

Аннотация: В данной статье рассматривается проблема внедрения современных технологических решений в систему организации безопасности в аэропортовых комплексах. Рассматриваются такие проблемы, как сохранение личной информации пассажиров, улучшение автоматизации процедуры досмотра, а также возможные нововведения в службу досмотра. Обосновывается положение о том, насколько важно в современном мире развитие технологий, направленных на обеспечение безопасности и предотвращение террористических угроз. Сделан вывод о необходимости использования различных систем службы досмотра. Вкладом автора в данное исследование является составление рекомендаций по улучшению автоматизации досмотра пассажиров аэропорта.

Ключевые слова: безопасность, досмотр, автоматизация, угроза, инновации, аэропорт.

Malinovskaya S.S., Sokolov O.A.

Technological trends in passenger screening automation: from scanners to AI

Abstract: This article examines the problem of implementing modern technological solutions in the security organization system at airports. It considers such issues as preserving passengers' personal information, improving the automation of the screening procedure, and possible innovations in the screening service. It substantiates the position on how important it is in the modern world to develop technologies aimed at ensuring security and preventing terrorist threats. It concludes that it is necessary to use various screening service systems. The author's contribution to this study is the preparation of recommendations for improving the automation of airport passenger screening.

Keywords: security, screening, automation, threat, innovation, airport.

В современном мире, подверженном постоянным угрозам, основой общества является безопасность. Даже самые современные и технически оснащенные службы безопасности, располагающиеся в местах большого скопления людей, не всегда могут распознать опасность. Аэропорт является стратегическим объектом, а также вокзалом для пассажиров, что делает его привлекательным для террористических угроз. Оснащение такого места службой досмотра и техническими средствами может в значительной степени снизить риск угрозы [1]. Постоянное развитие технологий и внедрение их в общественную жизнь всегда идет на первом месте. Ученые и разработчики, обращая внимание на те сферы, где необходимы инновации для обеспечения высочайших показателей,

зачастую могут предложить новейшие продукты, а службы безопасности не исключение.

Внедрение средств по обеспечению безопасности началось не с появлением гражданской авиации. До 1960х годов меры были достаточно просты и действовали лишь проверку общественного порядка, которую обеспечивали обычные полицейские. Они могли предотвратить мелкие хулиганства. В те времена, аэропорты не считались стратегическими объектами, поэтому не привлекали к себе внимание. Однако, к началу 70х угоны и террористические акты начали происходить довольно часто. По всему миру происходили неоднократные угоны, где-то с целью политического убежища, которое могла предоставить Куба, а где-то с целью устрашения общественности и смены политических решений, как в Израиле, который отстаивал свою независимость. Обращение внимание на учащение данных случаев заставило составлять законы и рекомендации о работе аэропортовых комплексов. Тогда начали использовать первые ручные металлодетекторы, магнитомеры и следить за поведением пассажиров [1]. Данные меры начали предотвращать лишь минимальное количество угроз, а некоторые страны, где подобные случаи терактов были редкостью, вовсе не внедряли никакие меры безопасности. Однако, после учащения террористических актов, был создан свод правил и рекомендаций, разработанные Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) [1]. Данные меры были направлены на улучшение обеспечения безопасности в аэропортовых комплексах. Они начали включать в себя усиленный контроль за пассажирами, проверку багажа и документов. Также, были рекомендации по обеспечению внешней защиты аэропортов.

Однако, любая система требует совершенствований. 11 сентября 2001 года в США произошел теракт с захватом самолета террористами-смертниками, которые направили самолеты, полные пассажиров, в Башни-близнецы. После этого происшествия встал острый вопрос о повышении мер контроля. Через два месяца было создано единое управление транспортной безопасности, так как раньше аэропорты нанимали частные охранные организации. Это должно было систематизировать и сделать единым весь маршрут пассажиров от входа до посадки на самолет [1]. В первую очередь ужесточились проверки документов, что сделало практически невозможным их подделку. В том числе появилось обязательное предписание о проверке всего зарегистрированного багажа. Его пропускали через сканер, который определял наличие взрывчатых и опасных веществ [1]. Меры были приняты и на борту воздушных судов. В кабину пилота стало невозможно попасть, если не знать все пункты процедуры. Ручные металлодетекторы также начали развиваться. Так как безопасность – это целая система, с взаимосвязанными элементами, то при смене одного, меняется все. Именно это и помогает развитию технологий.

На данный момент развитие достигает того уровня, при котором возможно свести ошибки человеческого фактора к минимуму. Автоматизация процессов ускоряет работу службы безопасности, позволяя оперативно обмениваться информацией между подразделениями [4]. Данное новшество способно начать обеспечивать безопасность еще до прихода пассажира в аэропортовый комплекс. При покупке онлайн-билетов указываются паспортные данные, которые моментально отправляются в базу служб безопасности. Таким образом, можно заранее принять меры, например, предназначенные для невыездных граждан или тех лиц, которые подделали документы. Данные передаются в правоохранительные органы и применяются санкции к лицам. Следующий этап, это видеокамеры, расположенные на всей территории аэропорта. Они отслеживают неадекватное и подозрительное поведение пассажиров, информацию о которых получают сотрудники безопасности. На входе в любой комплекс располагаются металлические рамки и интроскоп, через который проходит первичную проверку багаж и ручная кладь. После данной процедуры происходит еще одна проверка документов, с подтверждением личности. На этом этапе также сдается багаж, который проходит дополнительную проверку различными сканерами, перед попаданием в багажный отсек самолета. Предпоследний этап проверки – досмотр ручной клади и проход через рамку, с использованием ручного досмотра человека, после которого, при необходимости, может потребоваться дополнительный закрытый досмотр, в присутствии представителей органов власти. Последний этап-проверка билета непосредственно перед входом на воздушное судно. Происходит проверка билета, а также визуальный контроль за поведением пассажиров. Данная многоуровневая система досмотра сложна исключительно из соображений безопасности. Отточенные мероприятия, проводимые сотрудниками безопасности, с использованием технических средств, позволяют добиться максимального контроля над ситуацией и предотвращением террористических угроз [5, 6].

Современные технологии, развивающиеся в последнее время с невероятной скоростью, предлагают аэропортам использование искусственного интеллекта (AI) в своей работе. Он способен снизить нагрузку на сотрудников, исключая ошибки человеческого фактора [7]. Многие люди обеспокоены тем, что современные технологии забирают рабочие места, однако, это не совсем так. Внедрение новшеств обязует контролировать новые процессы. Даже самые передовые технологии нуждаются в обслуживании и обучении. Для понимания актуальности внедрения новых технологических трендов в автоматизации досмотра был проведен анонимный опрос сотрудников службы безопасности (см. Таблица 1).

Таблица 1. Опрос работников службы безопасности.

Технологические тренды AI	Кол-во проголосовавших(чел.)		
	Упрощает	Усложняет	Затрудняюсь ответить
Обработка анализа данных	79	15	6
AI- наблюдение	60	20	20
AI-сканирование багажа	89	8	3
Биометрия	38	58	4
Предсказание угроз	35	33	32
Системы оповещения	42	23	35

Исходя из данных, представленных в Таблице 1. наблюдается следующее: участникам опроса предложили выбрать один из вариантов ответа, связанный с упрощением или усложнением работы сотрудников безопасности, сопровождаемый теми или иными технологическими трендами автоматизации, также предоставлен вариант, предназначенный для неопределившихся и сомневающихся. Можно увидеть, что тренд, подразумевающий использование искусственного интеллекта с целью упрощения обработки анализа данных. Этот пункт подразумевает вспомогательную способность AI, предназначенную для быстрого анализа данных о пассажирах, багаже и грузах. 79 человек из 100 опрошенных отметили упрощение работы службы безопасности, при использовании данного тренда, негативное восприятие имеется у 15 сотрудников и только 6 человек не смогли определиться с ответом [1, 7]. Второй пункт, означающий использование современные технологии для автоматического обнаружения подозрительного поведения пассажиров с помощью видеокамер, вызвал позитивную реакцию у 60 опрошенных, 20 человек посчитало это усложнением работы службы, а еще 20 затруднились с ответом. AI-сканирование багажа отличается от предыдущего тренда тем, что распространены конкретно на перевозимый багаж. В отличие от традиционной проверки багажа, где человек является частью процесса, искусственный интеллект сам фиксирует нарушения перевозимых веществ и предметов. AI- сканирование симпатизирует 89 опрошенным, что имеет явный перевес с теми, кто выбрал пункт «усложняет» и «затрудняюсь ответить» - 8 и 3 человека соответственно. Следующий технологический тренд с использованием искусственного интеллекта – биометрия. Подразумевает под собой автоматическое распознавание лиц, отпечатков

пальцев и других прочих биометрических данных, для идентификации пассажиров. Это позволяет тратить гораздо меньше времени при прохождении паспортного контроля, а также распознавать личность через камеру видеонаблюдения [5, 6]. Голоса опрашиваемых распределились следующим образом: 38 сотрудников посчитало, что это упрощает работу, против высказались 58 человек, затруднились с ответом лишь четверо. Это обуславливается несовершенством и недоверием к ИИ, так как любую систему можно взломать, в следствие чего может произойти утечка данных [2, 3]. Предсказание угроз, например, заблаговременное продумывание схемы действий при чрезвычайном происшествии, упрощает работу и усложняет практически одинаковому количеству сотрудников безопасности, 35 и 33 человек соответственно, примерно такое же количество не смогло определиться (32 чел.). Последний представленный в опросе тренд – использование AI для систем оповещения, к примеру, о происшествии в аэропортовом комплексе. 42 респондентов отметили, что данная функция упростила бы работу, 23 – усложнила, 35 – воздержались от выбора. Все эти показатели помогают сделать вывод о том, что по большей части работники готовы уступать часть своей работы новым технологиям. Для кого-то это связано со снятием с себя некоторых обязанностей, кто-то считает ИИ более надежным, чем сотрудников, которые, вероятно, могут допускать ошибки. Отрицательные оценки получили те тренды, которые не совершенны, такие как системы оповещения, предсказание угроз и биометрия. Осторожность при использовании новых технологий в автоматизации, безусловно, важна, так как не идеальность новшеств может повлечь необратимые последствия. Тенденция с внедрением искусственного интеллекта только развивается, поэтому нельзя категорически говорить о бесполезности или опасности.

В следствие всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что технологические тренды в сфере безопасности при досмотре пассажиров актуальны с начала развития гражданской авиации и по сей день [1, 4]. В погоне за обеспечением безопасности, а также повышению эффективности работоспособности службы досмотра и увеличению комфорта пассажиров, а также снижению террористической угрозы [5, 6, 7]. Биометрия и эксплуатация искусственного интеллекта не только упрощает работу службы безопасности, но и становится ключевой фигурой в работе аэропортового комплекса [2, 3, 7]. Положительные отзывы работников об использовании AI показывают готовность к новым технологиям. Из этого следует, что развитие все новых средств и технологий благоприятно скажутся на работе как индивидуально, так и коллективно.

Список литературы

1. Зубков Б.В., Бочкарев А.Н. Современные проблемы и риски в деятельности гражданской авиации, новые комплексные методы и средства обеспечения авиационной безопасности // Научный Вестник МГТУ ГА. 2007. № 122. С. 154–158.
2. Колпаков А.В. Автоматическая система паспортного контроля на основе биометрических технологий / Н.Н. Чубуков, Т.В. Моисеева, С.А. Терехин, А.А. Мавзютов, Е.С. Столбецова, Д.Н. Копылов, И.Н. Спиридонов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2011. № 5. С.64–68.
3. Колпаков А.В. Автоматическая система паспортного контроля на основе биометрических технологий / Н.Н. Чубуков, Т.В. Моисеева, С.А. Терехин, А.А. Мавзютов, Е.С. Столбецова, Д.Н. Копылов, И.Н. Спиридонов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2011. № 5. С.64–68.
4. Маринцева К.В. Классификация средств механизации и автоматизации процессов обслуживания авиапассажиров // Транспортные системы и технологии перевозок. 2012. № 3. С. 56–60.
5. Мезенцева Е.М., Шубин А.А. Технология блокчейн // Экономика и социум. - 2017. - №12(43). - С. 712-714.
6. Савенков Д.М., Мезенцева Е.М. Как изменит нашу жизнь блокчейн // Экономика и социум. - 2017. - №12(43). - С. 1969- 1970.
7. Технологические тенденции, к которым должны быть готовы все авиакомпании и аэропорты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/390447/> (дата обращения: 12.04.2025).

Сведения об авторах:

Малиновская София Станиславовна, студент, ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Соколов Олег Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Malinovskaya Sofia Stanislavovna, student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Sokolov Oleg Arkadevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Фастовицук К.И.
Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Практика оценки пользовательского опыта в iGaming-индустрии

Аннотация: Индустрия iGaming демонстрирует устойчивый рост, обусловленный цифровизацией и расширением аудитории. В условиях высокой эмоциональной вовлеченности пользователей цифровых азартных продуктов оценка UX становится ключевым фактором удержания клиентов и повышения эффективности игровых решений. В статье рассматриваются современные подходы к UX-оценке с акцентом на поведенческие, когнитивные и эмоциональные аспекты пользовательского взаимодействия. Также анализируются ограничения существующих методов и предлагаются направления развития комплексных аналитических моделей, включая инструменты на базе ИИ и больших языковых моделей (LLM), с акцентом на их практическое применение.
Ключевые слова: iGaming, UX, поведенческая аналитика, пользовательский опыт, оценка UX, игровые интерфейсы, LLM.

Fastovshchuk K.I.

Practice of user experience assessment in the iGaming industry

Abstract: The iGaming industry is experiencing sustained growth driven by digitalization and the expansion of its user base. In an environment characterized by users' high emotional sensitivity and rapid interaction dynamics, user experience (UX) evaluation becomes a critical factor in customer retention and the effectiveness of gaming solutions. This paper explores contemporary approaches to UX assessment with a focus on behavioral, cognitive, and emotional dimensions of user interaction. It also examines the limitations of existing methods and outlines directions for the development of integrated analytical models, including tools based on artificial intelligence (AI) and large language models (LLMs), with an emphasis on their practical implementation.

Keywords: iGaming, user experience, UX evaluation, behavioral analytics, LLM, digital gambling platforms, UX metrics.

Введение

Цифровая трансформация сферы азартных игр привела к формированию специфического сегмента – iGaming, где пользовательский опыт (UX) становится определяющим фактором жизненного цикла цифрового продукта [1, 2]. Поведение игроков отличается высокой степенью импульсивности, реактивностью к интерфейсным изменениям и мотивацией, ориентированной на вознаграждение [3]. Эти особенности затрудняют применение универсальных UX-метрик, разработанных для e-commerce или SaaS-сред.

Традиционные подходы к UX-оценке оказываются малоэффективными в условиях нестабильного поведения пользователей и необходимости быстрой адаптации интерфейсов. Поведенческие паттерны пользователей iGaming-платформ характеризуются короткими сессиями, высокой частотой кликов и низким уровнем терпимости к задержкам [4, 5].

Цель исследования – выявить ограничения существующих методов оценки UX в iGaming и обосновать необходимость перехода к адаптивным, интегральным моделям анализа пользовательского опыта, основанным на поведенческих, когнитивных и эмоциональных аспектах.

В рамках исследования был проведён анализ 13 источников, включая публикации в рецензируемых научных журналах и прикладные отчёты отраслевых экспертов. В качестве метода использовался структурированный обзор литературы с элементами сравнительного анализа. Основное внимание уделено источникам, раскрывающим применение метрик UX в условиях высокой динамики пользовательского поведения. Классификация методов (см. Таблицу 1) основана на данных из [4, 5, 6, 7, 8, 9] и сопоставлении с действующими практиками в UX-аналитике ведущих iGaming-платформ.

Особенности UX и его роль в iGaming

Интерфейсы iGaming-продуктов требуют не только технической безошибочности, но и точной работы с эмоциональными и поведенческими триггерами. Ошибки UX-дизайна, не критичные в других отраслях, могут вызывать фрустрацию, снижение доверия и отток пользователей. Эффективность UX определяется метриками микровзаимодействий, глубины сессии, скорости принятия решений, а также показателями вовлеченности, churn rate и retention rate [3, 4, 5]. Эти параметры позволяют строить когнитивные модели поведения и встраивать UX-метрики в процессы анализа бизнес-результатов.

Можно выделить три ключевые категории методов оценки UX, систематизированные в таблице 1.

Таблица 1. Категории методов оценки UX

Категория	Метод/Показатель	Источник	Пример использования в iGaming-практике
Поведенческие метрики	Скорость переходов, частота действий, показатель удержания	[4,]	Анализ воронки ставок, оптимизация пользовательских путей в приложении

Категория	Метод/Показатель	Источник	Пример использования в iGaming-практике
Инструментальные методы	Eye-tracking, анализ движений курсора и кликов, биометрические сенсоры (выражение лица, пульс), телеметрия и тепловые карты	[6]	Тестирование визуального восприятия слотов и игровых интерфейсов
Интеллектуальные модели	Применение LLM для генерации сценариев взаимодействия, автоматизация тестирования, прогноз фрустрации	[7]	Генерация типовых пользовательских сценариев, предсказание фрустрации в live-сессиях

Дополнительное внимание уделено направлению real-time аналитики, где системы телеметрии интегрируются с ИИ для оперативной корректировки интерфейсов в процессе взаимодействия [7, 8].

Несмотря на наличие развитого инструментария, в отрасли сохраняются типовые проблемы:

1. Слабая интеграция UX-метрик в процессы А/В-тестирования;
2. Игнорирование эмоционального контекста игровой сессии;
3. Отсутствие когнитивной модели игрока при интерпретации данных;
4. Ретроспективный характер большинства UX-оценок.

Кроме того, сложность обработки разнородных UX-данных требует высокого уровня зрелости аналитической инфраструктуры. В большинстве случаев продуктовые команды ограничиваются ретроспективным анализом, не встраивая UX-оценку в процессы итеративной разработки [5, 9].

Интеграция оценки UX в бизнес-процессы iGaming-компаний

Современные iGaming-компании стремятся не просто собирать UX-метрики, а включать их в ключевые управленческие и производственные контуры. Наиболее развитой практикой в этом направлении становится внедрение UX-оценки в циклы agile-разработки, где результаты пользовательских тестов и поведенческого анализа напрямую влияют на приоритезацию задач и планирование релизов. В частности, UX-фидбэк используется при выборе гипотез для А/В-тестов, оценке эффективности бонусных механик и редизайне игровых интерфейсов.

Дополнительным элементом становится сопряжение UX-метрик с ключевыми бизнес-показателями: LTV (Lifetime Value), ARPU (Average Revenue Per User), churn rate, NPS (Net Promoter Score). Так, уменьшение времени отклика интерфейса и рост конверсии сессий могут напрямую

коррелировать с ростом ARPU, что даёт основание включать UX-показатели в метрики эффективности продуктов.

Кроме того, iGaming-компании переходят от разового UX-тестирования к построению сквозных аналитических пайплайнов. Такие решения включают сбор телеметрии в реальном времени, её агрегацию и последующую обработку средствами машинного обучения. Например, при помощи нейросетей можно выявлять аномалии в пользовательских действиях, свидетельствующие о фрустрации, сбоях в интерфейсе или недовольстве UX-решениями. Такие паттерны сигнализируют о необходимости оперативного вмешательства команды продукта. Отдельное направление — интеграция результатов UX-анализа в маркетинговые кампании. Поведенческие кластеры игроков, сформированные на основе UX-профилей, позволяют настраивать персонализированные push-уведомления, рекомендательные механизмы и системы бонусов. Так, пользователи с высокой чувствительностью к интерфейсной нагрузке могут получать облегчённые версии интерфейса, а эмоционально вовлечённые игроки — доступ к дополнительным сценариям с повышенной визуальной обратной связью.

Примеры успешной реализации подобных практик продемонстрированы в докладах GR8 Tech и InPlaySoft [2, 4], где UX-аналитика служит инструментом повышения рентабельности и оптимизации затрат на привлечение и удержание аудитории. Эти кейсы иллюстрируют, как когнитивные модели пользователей и real-time данные могут стать основой для систем управления цифровыми продуктами в азартной сфере.

Перспективы развития UX-аналитики в iGaming

На фоне растущей конкуренции и повышенных требований к пользовательским интерфейсам, UX-аналитика в iGaming приобретает всё большее значение как инструмент обеспечения устойчивого пользовательского вовлечения и удержания. Наиболее перспективными направлениями её развития являются автоматизация процессов UX-тестирования, предиктивный анализ поведенческих сценариев и многослойное моделирование пользовательского опыта.

Во-первых, наблюдается переход от точечных UX-исследований к сквозной аналитике, встроенной в процессы разработки продукта. Ведущие компании начинают внедрять автоматизированные UX-пайплайны, позволяющие оперативно тестировать интерфейсы на этапе прототипирования и снижать издержки, связанные с повторной переработкой дизайна. По данным обзоров CHI 2025 [7], подобные подходы позволяют ускорить цикл «гипотеза → тест → внедрение» на 20–30 %.

Во-вторых, активно развиваются инструменты предиктивной UX-аналитики на базе машинного обучения и LLM. Их применение направлено на прогнозирование эмоционального фона игроков, выявление фрустрации и

снижение вероятности ухода пользователя в критических точках сценария. Исследование EvAlignUX [7] показало, что использование LLM для предварительного моделирования сценариев позволило повысить точность выявления UX-проблем до 87 % по сравнению с ручными методами.

Кроме того, перспективным направлением считается построение многослойных UX-моделей, которые включают когнитивный, эмоциональный и операционный уровни. Такая декомпозиция позволяет более точно интерпретировать поведенческие данные и адаптировать интерфейсы под различные профили пользователей. Тем не менее, сложность реализации подобных моделей требует значительных ресурсов и зрелой аналитической инфраструктуры, что ограничивает их распространение в малых и средних iGaming-компаниях. Проблемным остаётся вопрос валидности и интерпретируемости результатов, полученных с помощью интеллектуальных систем. Несмотря на высокую точность прогноза, LLM и нейросети в ряде случаев функционируют как «чёрные ящики», что снижает доверие к ним со стороны аналитиков и менеджеров. Это порождает необходимость в разработке прозрачных и воспроизводимых методик верификации результатов UX-аналитики, особенно в критически важных сценариях с высокой ставкой или денежным вовлечением пользователя.

В целом, развитие UX-аналитики в iGaming идёт по пути интеграции когнитивных моделей с реальными бизнес-показателями. Перспективным направлением дальнейших исследований является формализация связей между UX-метриками и экономическими результатами продукта, а также стандартизация методов измерения качества пользовательского опыта в динамичных цифровых средах.

Заключение

Оценка пользовательского опыта в iGaming-индустрии требует отказа от универсальных методик, ориентированных на стабильные сценарии взаимодействия, в пользу гибких и многослойных моделей. Поведенческая нестабильность, эмоциональная вовлечённость и высокая чувствительность пользователей к интерфейсным деталям обуславливают необходимость построения UX-аналитики, адаптированной к специфике цифровых азартных продуктов. Современные подходы к UX в iGaming уже выходят за рамки ретроспективного анализа, включая когнитивное моделирование поведения, прогнозирование эмоциональных реакций и использование интеллектуальных систем на базе ИИ и LLM. Наиболее перспективными становятся real-time аналитика, предиктивные методы и автоматизация UX-тестирования на ранних этапах жизненного цикла продукта.

Важной тенденцией становится интеграция UX-аналитики в процессы разработки и управления продуктом. Включение результатов оценки пользовательского опыта в проектирование интерфейсов, маркетинговые кампании и стратегию персонализации способствует повышению качества

пользовательского взаимодействия и достижению бизнес-целей. Таким образом, эффективная UX-аналитика в сфере цифровых азартных игр должна рассматриваться как сквозной компонент продуктовой экосистемы — от проектирования до удержания пользователя.

Список литературы

1. 6 UX Metrics and KPIs to Measure User Experience in 2025 [Электронный ресурс] // Survicate – 2025. – URL: <https://survicate.com/blog/ux-metrics/> (дата обращения: 20.04.2025).
2. How user research saves money and boosts key metrics for iGaming businesses [Электронный ресурс] // GR8 Tech – 2024. – URL: <https://gr8.tech/blog/how-user-research-saves-money-and-boosts-key-metrics-for-igaming-businesses/> (дата обращения: 20.04.2025).
3. Does It Even Work? – Top 9 UX Metrics and KPIs for Success [Электронный ресурс] // UserGuiding – URL: <https://userguiding.com/blog/ux-metrics-kpis> (дата обращения: 20.04.2025).
4. How can user research boost key metrics in iGaming? [Электронный ресурс] // InPlaySoft – URL: <https://inplaysoft.com/pt-br/2025/03/17/how-can-user-research-boost-key-metrics-in-igaming/> (дата обращения: 20.04.2025).
5. Alshammare H., Alshayeb M., Baslyman M., Revealing the mobile UX horizon: Exploring user experience aspects, attributes, and measurement methods - A systematic mapping study [Электронный ресурс] // Computer Standards & Interfaces – 2025. – ISSN 0920-5489 – URL: <https://doi.org/10.1016/j.csi.2025.103999> (дата обращения: 20.04.2025).
6. García M., Cano S., Eye Tracking to Evaluate the User eXperience (UX): Literature Review [Электронный ресурс] // Lecture Notes in Computer Science – 2022 – URL: <https://www.researchgate.net/publication/361335432> (дата обращения: 20.04.2025).
7. Zheng Q., Chen M., Sharma P., Tang Y., Oswal M., Liu Y., Huang Y., EvAlignUX: Advancing UX Evaluation through LLM-Supported Metrics Exploration [Электронный ресурс] // Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems – 2025 – URL: <https://doi.org/10.1145/3706598.3714045> (дата обращения: 26.04.2025).
8. Hsueh, N.-L.; Lin, H.-J.; Lai, L.-C. Applying Large Language Model to User Experience Testing [Электронный ресурс] // Electronics – 2024 – URL: <https://doi.org/10.3390/electronics13234633> (дата обращения: 26.04.2025).
9. Zarour M., Alharbi M., User experience framework that combines aspects, dimensions, and measurement methods [Электронный ресурс] // Cogent Engineering, 4 (1) – 2017 – URL: <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1421006> (дата обращения: 26.04.2025).

Сведения об авторе:

Фастовщук Ксения Игоревна студентка магистратуры, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
Fastovshchuk Ksenia Igorevna master's student, ITMO University, St. Petersburg, Russia

УДК 004.89

Семенов А.М., Кунаков А.Р.

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Проблема интеграции умных устройств в зависимости от экосистемы умного дома: анализ, оценка и решение на базе Home Assistant

Аннотация: Статья посвящена проблеме интеграции IoT устройств в умном доме с разными экосистемами (Алиса, Салют, Mi Home и др.). Закрытость платформ затрудняет создание единой среды.

Предлагается решение на базе открытого Home Assistant. Он объединяет устройства через Zigbee, Z-Wave, MQTT и хранит данные локально. Оценены совместимость, удобство, безопасность и сложность внедрения. Рассчитана целевая функция на основе экспертных и реальных данных. Показано преимущество Home Assistant по гибкости и безопасности.

Ключевые слова: умный дом, Home Assistant, интеграция, многоплатформенная совместимость, безопасность, Zigbee, Z-Wave, MQTT.

Semenov A.M., Kunakov A.R.

The problem of integrating smart devices depending on the ecosystem of the smart home: analysis, evaluation and solution based on the Home Assistant

Abstract: The article addresses the problem of integrating IoT devices in a smart home with various ecosystems (Alice, Salute, Mi Home, etc.). The closed nature of platforms complicates the creation of a unified environment. An open-source solution based on Home Assistant is proposed. It connects devices via Zigbee, Z-Wave, MQTT and stores data locally. Compatibility, usability, security, and implementation complexity are evaluated. A target function is calculated based on expert and real-world data. Home Assistant is shown to outperform closed systems in flexibility and security. The findings confirm the effectiveness of the open approach.

Key words: smart home, Home Assistant, integration, cross-platform compatibility, security, Zigbee, Z-Wave, MQTT.

Быстрое развитие интернета вещей (IoT) в последние годы обусловило появление многочисленных устройств «умного дома» — от лампочек и розеток до интеллектуальных систем климат-контроля. В то же время каждая компания (Яндекс, Сбер, Xiaomi и др.) стремится сформировать свою экосистему, удерживая пользователя внутри собственных сервисов. Это приводит к фрагментации рынка, когда новые гаджеты разных производителей с трудом работают вместе.

Согласно ряду исследований, эффективное взаимодействие IoT-устройств в умном доме возможно при наличии открытых протоколов и механизмов локального управления [5, с. 298]. Однако производители

нередко закрывают внутренние API, создавая барьеры для сторонних интеграций. В результате пользователь вынужден устанавливать несколько приложений и нередко прибегать к неофициальным решениям.

Актуальность исследования обусловлена проблематикой совместимости и безопасности умных домов. Цель настоящей статьи — проанализировать проблемы, возникающие при интеграции устройств из разных экосистем, и продемонстрировать, что открытая платформа Home Assistant способна служить универсальным механизмом объединения.

В качестве новизны исследований авторы рассматривают: количественную оценку текущих экосистем через целевую функцию, основанную на реальных и экспертных данных; практические сценарии автоматизации в Home Assistant, иллюстрирующие преимущества локальной модели хранения.

В работе решаются следующие задачи:

Разработать и обосновать механизм, позволяющий организовать совместную работу гаджетов разных производителей в единой сети умного дома, с учётом локального хранения данных и снижения зависимости от проприетарных облачных сервисов.

Проанализировать существующие экосистемы (яндекс «алиса», сбер «салют», xiaomi «mi home») и выявить ключевые ограничения (закрытые api, высокая зависимость от облака и т.д.).

Сформулировать критерии оценки (совместимость, удобство, безопасность, сложность), а также определить метод расчёта целевой функции.

Выполнить сравнительный анализ на реальных и экспертных данных, показать, каким образом платформа home assistant решает проблему «фрагментации».

Продемонстрировать сценарий автоматизации с помощью home assistant (пример конфигурации), дать рекомендации по дальнейшему развитию и интеграции локальных сервисов машинного обучения.

В научной литературе умный дом (Smart Home) рассматривается как система, объединяющая «умные» гаджеты для автоматизации бытовых процессов: управление освещением, климатом, безопасностью, мультимедиа [6]. Крупные вендоры, такие как Яндекс, Сбер и Xiaomi, создают собственные экосистемы умного дома с ограниченным доступом к внутренним протоколам. Это затрудняет взаимодействие с устройствами других производителей. Устройства Яндекса («Алиса») ориентированы на голосовое управление и плохо интегрируются с внешними гаджетами. Система Сбера («Салют») требует шлюзов для некоторых зарубежных устройств. Xiaomi предлагает широкий выбор собственных девайсов, но подключение стороннего оборудования требует дополнительных прошивок. В результате пользователю приходится устанавливать

несколько приложений и сталкиваться с ограничениями из-за отсутствия унифицированного API.

Исследователи указывают на важность следующих принципов при проектировании умного дома [1, с. 3990]:

- открытые стандарты: Zigbee, Z-Wave, MQTT изначально закладывают совместимость, но производители иногда создают проприетарные надстройки;

- безопасность и локальное хранение: защита данных критична, так как умный дом обрабатывает конфиденциальную информацию (режим посещаемости, видео и т. д.);

- масштабируемость и автообнаружение: добавление новых устройств не должно приводить к усложнённым процедурам настройки.

В отечественных источниках подчёркивается необходимость функционирования умного дома в офлайн-режиме (при отсутствии интернета), чтобы сохранить базовые функции безопасности [2, с. 27].

В процессе проведенного системного анализа проблем интеграции были выявлены противоречия между теорией и практикой:

Унификация и коммерция. Теоретически, открытые протоколы и стандартизация повышают надёжность. Фактически, вендоры закрывают API, чтобы удержать пользователей [7, с. 37].

Удобство и множественные приложения. Пользователи хотят одной программы, но каждая экосистема имеет своё приложение (Яндекс, Сбер, Xiaomi), мешая централизованному управлению [4, с. 8].

Безопасность и облака. Локальное хранение повышает приватность, но облачные сервисы вендоров передают данные в разные дата-центры, порождая риск утечек [3, с. 630].

Проанализировав существующие экосистемы был определен метод расчета целевой функции. Целевая функция:

$$F_{\text{(target)}} = \alpha C + \beta U + \gamma S - \delta F, \quad (1)$$

где: C — показатель совместимости устройств; U — удобство (простота и ясность интерфейсов управления); S — безопасность (учёт локального режима и контроля доступа); F — совокупная сложность (затраты) интеграции; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ — весовые коэффициенты. Стремимся максимизировать C, U, S и минимизировать F .

Гипотеза: Использование Home Assistant способно преодолеть «фрагментацию» рынка умных домов, объединив различные экосистемы при сохранении удобства и локальной безопасности. Для количественного и качественного сравнения разных экосистем использованы следующие источники: официальные документы и каталоги: списки поддерживаемых устройств у Яндекс, Сбер, Xiaomi, форумы и сообщества пользователей, где обсуждаются сложности настройки, примеры «bridge» или прошивок; экспертные оценки - отдельным блоком был проведен мини-опрос ($n=10$)

среди специалистов по установке умных домов, которые оценивали параметры (C, U, S, F) по шкале от 0 до 1.

При сопоставлении данных учитывалась частота упоминания проблем и степень готовности экосистем к работе с «чужими» гаджетами.

Для демонстрации мы приняли веса $\alpha=0.3$, $\beta=0.3$, $\gamma=0.3$, $\delta=0.1$, отдавая равный приоритет совместимости, удобству и безопасности, при умеренном «штрафе» за высокую сложность. Следует отметить, что эти веса можно менять, например, если какая-то организация считает безопасность критически важной, можно увеличить γ . В таблице 1 показаны усреднённые оценки четырёх экосистем, полученные на основе официальных спецификаций и экспертного опроса ($n=10$).

Таблица 1.
Параметры C, U, S и F для экосистем умного дома

Экосистема	C (совместимость)	U (удобство)	S (безопасность)	F (сложность)
Яндекс («Алиса»)	0.60	0.80	0.70	0.40
Сбер («Салют»)	0.55	0.70	0.75	0.45
Xiaomi (Mi Home)	0.65	0.70	0.60	0.50
Home Assistant	0.95	0.75	0.85	0.50

Расчёты с учетом принятых весовых коэффициентов представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Итоговые значения

Экосистема	$F_{(target)}$
Яндекс («Алиса»)	0.59
Сбер («Салют»)	0.555
Xiaomi (Mi Home)	0.535
Home Assistant	0.715

Home Assistant получает наивысшую оценку, что согласуется с тезисом о том, что открытая платформа обеспечивает лучшую совместимость при сопоставимой сложности. Home Assistant — проект с открытым исходным кодом, развертываемый локально (на Raspberry Pi или сервере). Он позволяет:

- централизованно управлять устройствами из разных экосистем;
- хранить все настройки и события локально, снижая риск утечек;
- создавать сложные сценарии автоматизации (automation) с условием и действием;
- интегрироваться с голосовыми ассистентами (Алиса, Салют, Google, Alexa).

Ниже приведён пример сценария автоматизации - упрощённый YAML-фрагмент, иллюстрирующий совместную работу ламп Xiaomi и «умной» розетки от другого производителя:

```
yaml
automation:
  - alias: Night Mode
  trigger:
    - platform: time
      at: "23:00:00"
    condition: []
  action:
    - service: light.turn_off
      data:
        entity_id:
          - light.xiaomi_bedside
          - light.philips_hue_livingroom
    - service: switch.turn_off
      data:
        entity_id: switch.other_brand_socket
```

Когда наступает 23:00, система выключает «умные» лампы (Xiaomi и Philips Hue) и розетку (другой производитель) одновременно. Этот сценарий показывает, как Home Assistant «сшивает» устройства разных вендоров в одно правило.

Home Assistant имеет также и «слабые места». Следует учитывать и возможные ограничения платформы Home Assistant. Во-первых, начальный этап установки и конфигурации может вызвать затруднения у неопытных пользователей, особенно при работе с конфигурационными файлами YAML. Во-вторых, поддержка некоторых интеграций зависит от активности сообщества: при прекращении сопровождения проекта автором возможна утрата работоспособности отдельных компонентов. Кроме того, отсутствует централизованная служба поддержки — помощь оказывается преимущественно через форумы и GitHub. Однако перечисленные недостатки компенсируются значительными достоинствами: гибкостью, открытой архитектурой, локальным хранением данных и активным сообществом разработчиков и пользователей. Расчёт целевой функции показал подтверждение гипотезы, что Home Assistant превосходит «закрытые» экосистемы (Яндекс, Сбер, Xiaomi) по совокупным критериям совместимости, удобства и безопасности при умеренной сложности. Предложенный подход позволяет пользователям и интеграторам умных домов делать обоснованный выбор, опираясь не только на рекламу производителей, но и на количественные показатели C,U,S,FC, U, S, FC,U,S,F. Home Assistant подходит для средних и крупных систем умного дома, где задействовано множество устройств разных брендов. В небольших сценариях (1–2 устройства, «для пробы») проще использовать «родную» экосистему.

Таким образом, результаты исследований показывают, что Home Assistant действительно снижает фрагментацию рынка, предоставляя

пользователям универсальное и относительно простое решение для объединения гаджетов разных вендоров.

Список литературы

1. Zhang H., Li Y., Zhou W. A Unified Framework for IoT Interoperability and Security Единая концепция обеспечения совместимости и безопасности в IoT. // IEEE Internet of Things Journal. – 2020. – Vol. 7, No. 5. – P. 3983–3995.
2. Тукмачева Ю.А. Обзор и анализ автоматизированных систем «умный дом», представленных на российском сегменте рынка // Вестник науки №10 (55) том 4. С. 139 - 144. 2022 г. // Электронный ресурс: <https://www.вестник-науки.рф/article/6320> (дата обращения: 13.05.2025 г.)
3. Chen M., Wang H. Security and Privacy Challenges in Smart Home IoT Systems: A Comprehensive Survey Задачи безопасности и конфиденциальности в IoT-системах умного дома: всесторонний обзор // Future Generation Computer Systems. – 2021. – Vol. 125. – P. 621–639.
4. Kim J., Park D. Integrating IoT Devices in a Single Environment: A Survey Интеграция IoT-устройств в единую среду // Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. – 2019. – Vol. 10(1). – P. 7–19.
5. Ray P. P. A Survey on Internet of Things Architectures Обзор архитектур интернета вещей // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. – 2018. – Vol. 30(3). – P. 291–319.
6. Al-Ali A. R., Al-Haj M. Smart Home-Based IoT for Real-Time and Secure Remote Health Monitoring Использование умного дома на базе IoT для безопасного дистанционного мониторинга здоровья в реальном времени // Journal of Healthcare Engineering. – 2022. – Vol. 2022. – Article ID 575129.
7. Ахметов Р. Р., Золотов А. И. Протоколы взаимодействия IoT-устройств и проблемы их совместимости // Информационные технологии. – 2022. – № 12. – С. 36–42.

Сведения об авторах:

Семенов А.М., кандидат технических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Кунаков А.Р., студент магистратуры, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия,

Semenov A.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Kunakov A.R., graduate student, Orenburg State University, Orenburg, Russia

УДК 004.415

Мухтарбеков А.Х.

*ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва, Россия*

Выбор программных средств для реализации подсистемы информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений

Аннотация: Статья посвящена описанию одного из этапов разработки программного средства информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений, а именно выбору средств его реализации. Дается описание выбранных средств - языка программирования, среды разработки, инструмента для работы с базой данных и фреймворков для реализации серверной и клиентской части приложения. Обосновывается выбор архитектуры клиент – серверного взаимодействия. Рассматриваются ключевые аспекты интеграции компонентов с применением шаблонов проектирования и технологий .NET.

Ключевые слова: средства реализации, нагрузочное тестирование, веб-приложение, API, алгоритмы тестирования.

Mukhtarbekov A.K.

Selection of software tools for implementing the subsystem of information support for the formation of load testing algorithms for web applications

Abstract: This article is devoted to describing one of the stages in the development of a software tool for information support in the creation of load testing algorithms for web applications, specifically the selection of implementation tools. It provides an overview of the programming language, development environment, database management tool, and frameworks used for implementing the server-side and client-side parts of the application. The rationale for choosing a client – server interaction architecture is presented. Key aspects of component integration using design patterns and .NET technologies are also discussed.

Key words: implementation tools, load testing, web application, API, testing algorithms.

В настоящее время существует множество программных средств для разработки приложений. В связи с этим оптимальное решение задачи выбора наиболее подходящего комплекса программных средств для автоматизации задач является очень важным.

В рамках выполняемой работы необходимо создать программное средство информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений. Его применение в тестировании программного обеспечения позволит снизить трудоемкость

работы инженеров-тестирующих. Разрабатываемое средство должно включать справочник с информацией о тестировании и модуль построения алгоритмов тестирования, позволяющий по входным данным от инженера выбирать и предоставлять подходящий алгоритм тестирования.

Особенности объекта разработки определяют выбор программных средств. Необходимо выбрать язык программирования, среду разработки, инструмент для работы с базой данных и фреймворки для реализации серверной и клиентской части приложения.

Язык программирования выбирался в соответствии со следующими требованиями: должен быть объектно-ориентированным; язык программирования и программные библиотеки, которые расширяют список его функций, должны распространяться бесплатно; должен поддерживаться разработчиком; должен иметь большую программную базу реализаций базовых классов.

Среда разработки для работы с языком программирования была выбрана по следующим требованиям: должна распространяться на бесплатной основе; должна обеспечить легкость подключения дополнительных модулей в разрабатываемый проект; должна иметь функции, помогающие ускорить разработку; должна иметь функцию отладчика.

Инструмент для работы с базой данных выбирался в соответствии со следующими требованиями: инструмент должен способствовать ускорению разработки; отсутствие необходимости знания дополнительных языков разработки и команд для работы с базой данных; инструмент должен обеспечивать высокую гибкость при разработке методов взаимодействия с базой данных.

Так как программное средство информационной поддержки представляет собой клиент-серверное приложение, то фреймворк для реализации серверной части выбирался по следующему списку требований: распространение фреймворка на бесплатной основе; наличие поддержки Web API; наличие готовой программной инфраструктуры приложения.

Фреймворк для клиентской части приложения выбирался в соответствии со следующими требованиями: фреймворк распространяется на бесплатной основе; легкость в использовании; не требуется знание дополнительного языка программирования для работы с фреймворком.

Для создания средства информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений был выбран язык программирования C# [1].

Выбор данного языка программирования связан с тем, что:

C# – объектно-ориентированный язык программирования общего назначения.

Язык и подключаемые к нему модули распространяются бесплатно.

Язык безостановочно развивается и поддерживается компанией Microsoft, которая исправляет ошибки и добавляет новые возможности в язык программирования C#.

Для языка C# существует официальная платформа - .NET Framework, которая избавляет программиста от написания большого количества реализаций базовых, и не только их, классов, необходимых для работы в большинстве задач системного, прикладного, сетевого и web - программирования.

В качестве интегрированной системы разработки была выбрана Microsoft Visual Studio 2022 Community [2].

Такое решение обуславливается тем, что:

Версия Community распространяется бесплатно, а также имеет абсолютно весь необходимый для разработки и отладки программ перечень возможностей.

Microsoft Visual Studio предоставляет встроенную возможность расширения набора функций добавочными модулями с помощью менеджера пакетов NuGet, который позволяет подключить как готовые библиотеки или модули, упрощающие разработку программного продукта, так и модули, упрощающие ход разработки и сопровождения программного продукта в последствии.

В Microsoft Visual Studio встроена технология IntelliSense, которая предназначена для ускорения написания программного кода с поддержкой функции автодополнения.

В рассматриваемой интегрированной среде разработки присутствует отладчик, который позволяет анализировать работу программы, что позволяет не только найти ошибки, но и оптимизировать работу программы.

Для работы с базой данных был выбран инструмент Entity Framework Core [3].

Рассматриваемый фреймворк является ORM-инструментом. То есть Entity Framework Core позволяет работать с базами данных, используя объектно-ориентированный подход. Благодаря возможности использовать миграции достигается автоматизация поддержки базы данных, что существенно помогает ускорить разработку. ORM-инструмент представляет собой высокий уровень абстракции и позволяет работать с данными через классы - это позволяет достичь высокую гибкость при разработке.

В качестве фреймворка для разработки серверной части приложения был выбран ASP.NET Core [4,5].

ASP.NET Core – бесплатный фреймворк разработки веб-приложений, в состав которого входит: веб-сервисы, программная инфраструктура, модель программирования. APS. NET Core поддерживает разработку REST API, что является разновидностью Web API. При создании проекта с

использованием этого фреймворка вся инфраструктура приложения настраивается автоматически и не тратит время на базовую настройку окружения.

Для создания клиентской части программного средства был выбран Windows Forms (WinForms) [6].

WinForms – это бесплатный графический фреймворк для разработки десктопных приложений только для Windows. Благодаря наличию визуального конструктора интерфейса достигаются высокая легкость в разработке и отсутствие необходимости в знании дополнительных языков программирования.

Для реализации средства информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений была выбрана клиент – серверная архитектура.

Главной частью средства, на которой находится вся основная бизнес – логика является Web API (Web Application Programming Interface), который находится на отдельном сервере

Клиентом является десктопное приложение, которое обращается к API посредством веб-запросов.

Благодаря использованию такой архитектуры программное средство приобретает множество преимуществ: высокая масштабируемость, устойчивость к отказам, высокая безопасность и независимость от системных требований устройства клиентов.

Фреймворк ASP.NET Core для правильного функционирования требует наличие и конфигурации класса Program.cs. Класс является входной точкой приложения ASP.NET Core.

Посредством класса WebApplicationBuilder с помощью специальных свойств настраиваются следующие параметры веб-приложения:

Конфигурация запуска приложения.

Регистрация сервисов в Dependency Injection контейнере.

Логгирование.

Окружение приложения.

Конвейер обработки веб – запросов и ответов.

Веб – сервер, используемый для запуска веб-приложения.

Реализация хранения данных о пользователе, информации о тестировании и готовых алгоритмах тестирования происходит по принципу Code First.

По принципу Code First модель данных, ее поля и связи программно описываются в классе языка программирования C#. Затем с помощью механизма миграции ORM – системы Entity Framework Core, модель преобразуется в запросы SQL и с их помощью стандартно формируется база данных.

Для достижения большей защиты данных и независимости бизнес-логики от СУБД, используется шаблон проектирования «Репозиторий».

Этот шаблон позволяет работать с данными не напрямую, а через прослойку в виде интерфейса, который требует реализации. Таким образом, гарантируется защита данных, с которыми не предусмотрено взаимодействие, и достигается легкость в смене используемой СУБД.

Для реализации Web API используются контроллеры с атрибутами [ApiController], [Route(«api/{controller}»)], [HttpPost(«Название метода»)] и [HttpGet(«Название метода»)].

Атрибуты обозначают следующие функции:

[ApiController] – атрибут добавляет контроллеру стандартное поведение, оптимизированное для обслуживания REST – запросов.

[Route(«api/{controller}»)] – атрибут определяет путь, по которому клиенты будут получать доступ к контроллеру.

[HttpPost(«Название метода»)] – атрибут обозначает, что метод обрабатывает POST – запросы и связывает его с отправкой данных.

[HttpGet(«Название метода»)] – атрибут обозначает, что метод обрабатывает Get – запросы и связывает его с получением данных.

Атрибуты позволяют обозначить функцию определенного компонента и ускорить разработку приложения.

Для реализации клиента используется графический конструктор, предоставляемый фреймворком WinForms.

Используя стандартный набор графических элементов взаимодействия, создается интерфейс для работы с Web API приложения. Каждое окно интерфейса, на котором располагаются объекты управления, является классом. Методы класса описывают поведение элементов взаимодействия. Бизнес – логика прописывается в каждом графическом элементе отдельно по мере необходимости.

Благодаря своим особенностям WinForms позволяет легко и быстро создать простой интерфейс.

Таким образом, выбранные средства позволят выполнить реализацию подсистемы информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений в более короткие сроки.

Список литературы

1. Руководство по C# - управляемый язык .NET. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/> (дата обращения: 19.03.2025).
2. Документация по Visual Studio. [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/windows/?view=vs-2022> (дата обращения: 19.03.2025).
3. Обзор Entity Framework Core – EF Core. [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/ef/core/> (дата обращения: 19.03.2025).
4. Документация по ASP.NET. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core> (дата обращения: 19.03.2025).

5. Фримен А. ASP.NET Core MVC 2 с примерами на C# для профессионалов. 7-е изд. / перевод с английского Ю. Артеменко. – Москва: Диалектика, 2019. - 991 с. – ISBN 978-5-9908910-4-3.
6. Windows Forms for .NET documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/winforms/?view=netdesktop-9.0> (дата обращения: 19.03.2025).

Сведения об авторе:

Мухтарбеков Артур Хайрулаевич, студент магистратуры, ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия

Научный руководитель: Семячкова Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия

Mukhtarbekov Artur Khairulaevich, Master's student, Moscow State Technological University «STANKIN», Moscow, Russia

Academic Advisor: Semyachkova Elena Gennadyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow State Technological University «STANKIN», Moscow, Russia

УДК 002.304

Смирнов А.М.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Фундаментальные концепции информации в элементарных системах: переосмысление основ

Аннотация. Статья посвящена исследованию фундаментальных концепций информации, кодирования и вычислений через призму элементарных систем. В работе проводится критический анализ традиционных определений этих понятий в контексте информатики, физики и биологии, выявляются их ограничения применительно к простым системам. Предлагается новая концептуальная основа для понимания информации и кодирования как эмерджентных свойств, возникающих из простых взаимодействий. На примерах клеточных автоматов, модели Изинга, простых нейронных сетей и модели перколяции демонстрируются проявления информации и кодирования в элементарных системах. Обсуждаются связи предложенной перспективы с классической теорией информации, сложностью Колмогорова и концепцией «информация как физическое явление», а также потенциальные последствия и приложения полученных выводов для различных областей науки и техники.

Ключевые слова: информация, кодирование, вычисление, элементарные системы, клеточные автоматы, модель Изинга, нейронные сети, модель перколяции, фундаментальные концепции, теория информации.

A.M. Smirnov.

Fundamental concepts of information in elementary systems: Rethinking the basics

Abstract. The article is devoted to the consideration of fundamental concepts of information, coding, and computation through the lens of elementary systems. The work critically analyzes traditional definitions of these concepts in the context of computer science, physics, and biology, identifying their limitations when applied to simple systems. A new conceptual framework for understanding information and coding as emergent properties arising from simple interactions is proposed. Using the examples of cellular automata, the Ising model, simple neural networks, and the percolation model, the manifestations of information and coding in elementary systems are demonstrated. The connections of the proposed perspective with classical information theory, Kolmogorov complexity, and the concept of "information as a physical phenomenon," as well as the potential implications and applications of the findings for various fields of science and technology, are discussed.

Keywords: information, coding, computation, elementary systems, cellular automata, Ising model, neural networks, percolation model, fundamental concepts, information theory.

1. Фундаментальные концепции информации в элементарных системах.

Фундаментальные концепции информации, кодирования и вычислений лежат в основе информатики, являясь ее краеугольным камнем и постоянно развиваясь. Усложнение современных

вычислительных систем обуславливает необходимость периодического пересмотра базовых концепций через нетрадиционные подходы, как предлагает план статьи. Внутренняя сложность современных систем часто затуманивает основополагающие принципы, поэтому переоценка с минималистской точки зрения может быть поучительной, выявляя новые аспекты и ограничения традиционных определений, что способствует дальнейшему развитию теории и практики информатики.

2. Традиционные взгляды и необходимость переосмысления

2.1. Классические определения и их контекст. Традиционное понимание информации в классической информатике рассматривает ее как результат обработки данных, придающий им контекст и смысл для принятия обоснованных решений. Информация — это обработанные данные, наделенные значением. Данные определяются как необработанные факты, которым необходим контекст для обретения полезности, представляя собой отдельные единицы информации, сами по себе не имеющие конкретной функции и смысла. Информации часто приписывают такие характеристики, как точность, релевантность, полнота, своевременность и ценность. В компьютерных системах информация обычно представляется в цифровой форме, используя двоичный код (0 и 1). Преобразование данных в информацию — ключевой процесс, включающий сортировку, фильтрацию, агрегирование и структурирование. Традиционный взгляд, фокусируясь на информации как на чем-то, обрабатываемом компьютерами, может ограничивать ее применимость к системам, не являющимся вычислительными в обычном понимании [1].

Традиционная роль кодирования в информатике заключается в записи инструкций (программ) для выполнения компьютерами определенных задач. Эти инструкции создаются на языках программирования, которые затем переводятся в машинный код, понятный компьютеру. Важными аспектами кодирования являются точность, эффективность и читаемость [1]. Переосмысление кодирования в контексте элементарных систем может исследовать понятие «кодирования» в системах, не имеющих явных языков программирования или процессоров.

В классической информатике вычисление определяется как любой тип хорошо определенного арифметического или неарифметического расчета, преобразующего входные данные в выходные [1, с. 15]. Фундаментальной моделью вычислений является машина Тьюринга [1]. Традиционные вычисления полагаются на алгоритмы, выполняемые машинами [1]. Необычная точка зрения может рассматривать вычисление как более широкое явление, происходящее даже в отсутствие традиционных компьютеров или алгоритмов. Переосмысление вычисления в контексте элементарных систем может иметь последствия для понимания природных процессов как форм вычисления.

2.2. Бросая вызов общепринятому: Мотивации для новой перспективы. Традиционные определения информации сталкиваются с ограничениями при применении к физике, особенно в контексте квантовой механики и таких явлений, как черные дыры. Вероятностная природа квантовых измерений противоречит детерминированному взгляду на информацию. Парадокс информации черной дыры также является серьезной проблемой для идеи сохранения информации [2]. В физике все большее распространение получает идея «информация как физическое явление» [2], подчеркивающая глубокую взаимосвязь информации с физической структурой Вселенной. Детерминированная эволюция, описываемая уравнением Шредингера в квантовой механике, кажется противоречащей вероятностным результатам измерений, что представляет собой проблему для чисто детерминированного взгляда на информацию.

Применение классической теории информации для понимания биологических систем сопряжено со значительными трудностями. Теория Шеннона часто не может охватить смысл, стоимость и функцию биологической информации [3, 10]. Биологическая информация имеет контекстно-зависимую природу и динамический поток, что требует учета динамики информационного потока, а не просто обмена информацией между индивидуумами [3]. Существует также вероятность хранения информации за пределами геномных последовательностей. Биологические системы обрабатывают информацию способами, фундаментально отличными от компьютеров, часто включая сложные петли обратной связи и контекстно-зависимые интерпретации, выходящие за рамки классической теории информации [3, 10]. Понятие «смысла» в биологической информации выделяется как ключевой аспект, который количественный подход Шеннона часто упускает из виду [4].

Определения информатики в области вычислений могут оказаться недостаточными для описания очень простых или примитивных систем. Машины Тьюринга, хотя и являются мощной моделью, могут не быть наиболее естественной или всеобъемлющей моделью для всех форм обработки информации [1]. Абстрактная природа вычислительных моделей может не отражать практические аспекты вычислений в науке [5]. Стандартные модели вычислений могут быть слишком сложными или слишком ориентированными на конкретные архитектуры, чтобы эффективно описывать обработку информации в минимальных системах с ограниченными ресурсами и правилами [6].

3. Новая концептуальная основа и ее проявления в элементарных системах

3.1. Представляя необычную точку зрения: Концептуальная основа. Новый подход, вероятно, будет основан на нескольких ключевых принципах, стремящихся преодолеть ограничения традиционных взглядов. Для наглядного сравнения традиционного взгляда на ключевые концепции

и предлагаемой в данной работе новой концептуальной основы обратимся к таблице 1.

Таблица 1. Сравнение традиционного и нового взглядов на фундаментальные концепции

Принцип	Традиционный взгляд	Новая концептуальная основа
Природа информации	Продукт вычислений	Неотъемлемое физическое свойство
Происхождение информации и кодирования	Результат явных процессов обработки и программирования	Эмерджентные свойства простых взаимодействий
Связь с фундаментальными законами	Опосредованная	Прямая, возможно через термодинамику
Символы и системы	Абстрактные конструкции	Рассматриваются в контексте физических и когнитивных архитектур
Фокус анализа	Сложные вычислительные системы	Элементарные системы

Как видно из таблицы 1, новая перспектива смещает акцент с вычислительной природы информации на ее фундаментальное физическое свойство [2], рассматривает кодирование и информацию как результат взаимодействия в простых системах [6] и подчеркивает их связь с базовыми физическими законами [7]. Также предлагается переосмысление символов и символьных систем в контексте физических и когнитивных архитектур [4]. Этот новый подход направлен на преодоление выявленных ранее ограничений, предлагая более фундаментальный и универсальный взгляд на информацию и кодирование.

В рамках этой новой перспективы понятие «информация» в элементарных системах может быть переосмыслено. Информация может пониматься как способность системы влиять на свое будущее состояние или на состояние своих соседей [6]. Альтернативно, информация может рассматриваться как структурная сложность или закономерности, возникающие из простых правил [6]. Еще одна интерпретация заключается в том, что информация — мера потенциала системы к изменению или эволюции. Эти переопределения могут быть связаны с идеями из теории физической информации [2]. Переосмысление должно быть адаптировано к природе элементарных систем — простых, часто дискретных и управляемых локальными правилами, — и должно отойти от антропоцентрических или компьютерно-ориентированных взглядов на информацию.

«Кодирование», представление информации, в этих элементарных системах может пониматься как набор начальных условий или конкретная конфигурация элементарной системы [6], а также как правила, управляющие эволюцией системы, или закономерности взаимодействия

между элементами системы. Переосмысление кодирования должно соответствовать переосмыслению информации и сосредоточиться на том, как информация воплощается или представляется в динамике элементарных систем.

3.2. Информация и кодирование в действии: Кейс-стади в элементарных системах. Информация в клеточных автоматах может проявляться как закономерности, которые распространяются или развиваются. Правила автомата можно рассматривать как форму кодирования, определяющую преобразование информации. Теория информации используется для изучения поведения и сложности клеточных автоматов [6], представляющих собой ясный пример того, как простые правила, действующие на локальную информацию, могут приводить к сложному глобальному поведению, потенциально иллюстрируя фундаментальную форму обработки и кодирования информации.

Информация о состоянии одного спина в модели Изинга может быть закодирована в состоянии его соседей посредством взаимодействий [2]. Параметр температуры влияет на стабильность и распространение этой «информации». Теория информации применяется для изучения свойств модели Изинга, особенно вблизи фазовых переходов, демонстрируя, как информация может быть закодирована в конфигурации физической системы и как внешние параметры могут влиять на ее доступность и влияние.

Информация кодируется в весах и активациях простых нейронных сетей [3]. Процесс обучения можно рассматривать как форму кодирования информации об отношении вход-выход. Теория информации используется для понимания обучения и оптимизации нейронных сетей. Даже в минимальных нейронных сетях информация распределена по связям и узлам, что подчеркивает иную парадигму хранения и обработки информации по сравнению с традиционными символьными системами.

Наличие или отсутствие связей в модели перколяции может кодировать информацию о связности системы [6]. Параметр вероятности (p) влияет на появление «бесконечного кластера», который можно интерпретировать как порог для глобального «информационного» состояния. Теория информации применяется для изучения фазовых переходов и критических явлений в перколяции, иллюстрируя, как информация о связности и глобальных свойствах может возникать из локальных вероятностных правил, предоставляя иную перспективу на информацию и кодирование в системах с присущей им случайностью.

4. Переосмысление информации

4.1. Элементарные системы как лаборатории для переосмысления. Элементарные системы особенно хорошо подходят для этой переоценки благодаря своей простоте, позволяющей сосредоточиться на фундаментальных принципах без сложностей больших систем [6].

Простые системы, такие как клеточные автоматы, способны демонстрировать сложное поведение, что предполагает наличие фундаментальных аспектов информации и кодирования даже на этих минимальных уровнях [6]. Элементарные системы действуют как минимальные модели, позволяя изолировать и изучать основные концепции в контролируемой среде. Их способность к сложности из простоты намекает на лежащие в основе принципы информации и кодирования, которые могут быть универсальными.

4.2. Наводя мосты: Связи с традиционными и современными теориями. Предложенная необычная точка зрения, вероятно, будет связана с классической теорией информации Шеннона [10]. Она может обобщать, дополнять или противоречить взгляду Шеннона. Следует также учитывать ограничения теории Шеннона, особенно в отношении смысла и контекста [4, 3], и то, как новая перспектива может их преодолеть. Необходимо исследовать связи между предложенными идеями и определением информации Колмогоровым на основе длины программы [8, 1]. Следует обсудить, как понятие минимальных систем может быть связано с идеей кратчайших программ. Следует упомянуть применение сложности Колмогорова в измерении сложности и случайности [8]. Следует обсудить, как новая перспектива согласуется с взглядом на «информацию как физическое явление» [2] и ее связью с термодинамикой [7]. Необходимо исследовать потенциальные связи с принципом Ландауэра [7] и термодинамической стоимостью обработки информации.

4.3. Последствия и приложения: За пределами элементарного. Новое понимание информации и кодирования в элементарных системах может предложить новые идеи для обработки информации в биологических системах, способствуя пониманию возникновения сложных биологических структур и поведения из простых взаимодействий [3]. Переосмысленная перспектива может вдохновить новые подходы к вычислениям, возможно, основанные на принципах, наблюдаемых в элементарных системах [6], что может привести к более эффективным моделям вычислений или моделям, лучше подходящим для определенных типов задач. Эта работа может внести вклад в продолжающиеся усилия по поиску более глубоких связей между теорией информации и фундаментальной физикой [2]. Переоценка информации и кодирования в элементарных системах может обеспечить новую основу для понимания Вселенной на самом базовом уровне и повлиять на проектирование и безопасность киберфизических систем [9], предлагая идеи относительно уязвимостей или новых подходов к безопасности в этих сложных системах [10].

5. Синтез и будущие направления.

Предпринятый анализ фундаментальных концепций информации в элементарных системах позволил синтезировать новую перспективу,

преодолевающую ограничения традиционных взглядов [1, 2]. Рассмотрение информации как физического свойства [2] и кодирования как эмерджентного явления [6], проиллюстрированное на примерах элементарных систем, открывает новые пути понимания основ информатики [6, 10].

В качестве будущих направлений исследований видится углубленный анализ информационных процессов и кодирования в разнообразных элементарных системах [6]. Важным представляется разработка формальной математической базы для предложенных концепций [1] и изучение их термодинамических аспектов [7]. Кроме того, перспективным является исследование потенциала применения принципов, выявленных в элементарных системах, для развития новых вычислительных подходов и углубления междисциплинарных связей с физикой [2] и биологией [3, 10]. Дальнейшее изучение в этом направлении способно привести к более фундаментальному пониманию природы информации и ее роли в сложных системах.

Список литературы

1. Успенский В.А. Теория алгоритмов: основные понятия и приложения. ФИЗМАТЛИТ, 2006.
2. Вайнштейн С. Г. Философия информации // Дашков и К°. 2011. – 736 с.
3. Чернавский Д. С. Синергетика и информация: динамические аспекты // Наука. 2004. – 304 с.
4. Сорокин Ю. А. Информация и мышление: семиотический аспект // Наука. 1980. – 216 с.
5. Турчин В. Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. Изд. 2-е – М. // ЭТС. 2000. – 368 с.
6. Wolfram S. A New Kind of Science // Wolfram Media, Inc. 2002. – 1280 p.
7. Landauer R. Irreversibility and Heat Generation in Computation // IBM Journal of Research and Development. 1961. № 3. С. 183-191.
8. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов // Наука. 1987. – 304 с.
9. Бирюков Б. В., Геллер Е. С. Кибернетика в гуманитарных науках // Наука. 1973. – 384 с.
10. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М. // Издательство иностранной литературы. 1963. – 829 с.

Сведения об авторе:

Смирнов А.М., студент, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

УДК 625.7

Кочарян Ю.Г., Ковалев А.В.
Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Проблема водоотведения с автомобильных дорог в России: анализ, решения, перспективы

Аннотация: В статье проводится анализ проблемы водоотведения с автомобильных дорог, рассматриваются основные причины её возникновения, включая недостаточное внимание к вопросам инфраструктуры и технологическим решениям. Авторы приводят примеры зарубежного опыта и предлагают адаптировать эти модели для российских реалий, а также предлагаются решения и перспективы развития данной сферы. В статье акцентируется внимание на технических, экологических и экономических аспектах проблемы, подчеркивается необходимость комплексного подхода к решению проблемы. В заключение авторы выделяют перспективы развития данной области и необходимость активного участия всех уровней власти и общества для достижения устойчивых решений, обеспечивающих безопасность дорожного движения и охрану окружающей среды.

Ключевые слова: водоотведение, дороги, инфраструктура, экология, экономика, технические решения.

Kocharyan Yu.G., Kovalev A.V.

The problem of drainage from highways in Russia: analysis, solutions, prospects

Abstract: The article analyzes the problem of road drainage, considers the main reasons for its emergence, including insufficient attention to infrastructure and technological solutions. The authors give examples of foreign experience and suggest adapting these models for Russian realities, as well as offer solutions and prospects for the development of this sphere. The article focuses on technical, environmental and economic aspects of the problem, emphasizing the need for a comprehensive approach to solving the problem. In conclusion, the authors emphasize the prospects for the development of this area and the need for active participation of all levels of government and society to achieve sustainable solutions that ensure road safety and environmental protection.

Key words: drainage, roads, infrastructure, ecology, economy, technical solutions.

Введение

Проблема водоотведения с автомобильных дорог является актуальной для многих городов, ввиду необходимости обеспечения безопасности дорожного движения, сохранения окружающей среды и предотвращения негативных последствий для экономики. В данной статье проводится анализ этой проблемы, рассматриваются её причины и предлагаются пути решения.

1. Анализ и причины проблемы

Благоустройство современных городов определяет не только уровень социальной обеспеченности населения, но и масштаб развития промышленности. [3, с. 10]

Водоотведение с дорожных покрытий имеет важное значение в предотвращении затоплений, обеспечении безопасности дорожного движения и защите экосистем.

Проблема водоотведения с автомобильных дорог возникает из-за недостаточной эффективности существующих систем водоотведения. Особенно это проявляется в условиях увеличения густонаселенности и расширения инфраструктуры.

Автомобильные дороги являются источником разнообразных загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы, масла, пестициды и другие химические соединения. При дождевых осадках данные загрязнения смываются и попадают в ливневую канализацию, что может негативно сказаться на качестве воды в водоемах.

Помимо этого, интенсивность атмосферных осадков является таким же важным параметром, как их общий объем. То есть, один и тот же суточный уровень, в зависимости от интенсивности выпадения, влияет на уровень притока. Самым опасным считается интенсивное выпадение осадков за короткий промежуток времени.

Избыточный объем ливневых вод может стать причиной крупных экологических (загрязнение водоемов) и социальных (наводнение с физическими повреждениями) проблем. [1, с. 15]

Долговечность функционирования автомобильных дорог во многом определяется эффективностью работы устройств по организации водоотведения с дорожного полотна. [2, с. 3]

Существующие системы водоотведения автомобильных дорог не всегда могут справляться с объёмом воды, образующимся во время дождя или таяния снега. Они могут засоряться мусором, листьями и другими предметами, что также может привести к их недостаточной эффективности, образованию луж, подтоплению дорог и эрозии дорожного полотна.

Неэффективное водоотведение не только создает опасные условия для водителей, но и приводит к экономическим потерям из-за необходимости частого ремонта дорожно-транспортной инфраструктуры.

Основные факторы, способствующие возникновению проблем с водоотведением на автомобильных дорогах, включают:

Климатические условия, особенно в регионах с частыми и обильными осадками.

Особенности рельефа, приводящие образованию луж и подтоплений.

Недостаточное финансирование, связанное со сложностями в обеспечении строительства и обслуживания систем водоотведения.

Неполноценный контроль и мониторинг состояния систем водоотведения, вызывающий аварийные ситуации и нарушение работы дорог.

Отсутствие или недостаточность мер по предотвращению и ликвидации последствий различных стихийных бедствий.

2. Опыт зарубежных стран

Сингапур активно внедряет инновационные подходы к управлению ливневыми системами и зелёной инфраструктурой на дорогах. Например, система Active, Beautiful, Clean Waters (ABC), объединяющая ливневые канализации с зелёными насаждениями и водоёмами для очистки дождевой воды перед её сбросом в водоёмы. Дороги оснащены водоотводными системами, связанными с зелёными парками и прудами. Кроме того, вдоль дорог создаются зелёные канавы и ливневые каналы — искусственные каналы с растительностью, которые поглощают и очищают воду перед её поступлением в общую дренажную систему.

В США уделяется огромное внимание системам водоотведения и биофильтрации при проектировании дорожной инфраструктуры в регионах с обильными осадками. Используются методы создания биопрудов, проницаемых дорожных покрытий и дождевых садов, способствующих задержанию и очистке дождевой воды.

Великобритания использует устойчивую городскую дренажную систему (SUDS) для управления дождевой водой на дорогах. Она состоит из ливневых каналов с биофильтрацией и инфильтрационных систем, в частности зелёных крыш, дренажных систем и ливневых садов, снижающих нагрузку на канализационные системы.

В Германии применяются перфорированные и пористые дорожные покрытия, которые улучшают дренаж и снижают риск образования луж. В городах Мюнхен и Франкфурт внедрены инфильтрационные системы и устойчивые городские дренажные системы (SUDS), включающие зелёные крыши, дренажные системы и ливневые сады для эффективного управления дождевой водой.

Нидерланды известны своими адаптивными дренажными системами и перфорированными покрытиями. В стране также используются зелёные зоны для задержки воды и интеллектуальные резервуары, регулирующие объём воды в зависимости от метеоусловий.

Дания применяет системы хранения и повторного использования дождевой воды. В Копенгагене и других крупных городах страны используются технологии интеграции с озеленёнными территориями и устройства подземных резервуаров для сбора и последующего применения воды с автомобильных дорог.

Международный опыт управления ливневыми системами на автомобильных дорогах демонстрирует важность комплексного подхода,

сочетающего инженерные и природные решения. Примеры из Сингапура, США, Великобритании, Германии, Нидерландов и Дании подтверждают, что интеграция зелёной инфраструктуры и биофильтрационных технологий может существенно снизить негативные последствия осадков. Инновационные методы не только способствуют устойчивому управлению водными ресурсами, но и усиливают экологическую ценность городской среды. Общие принципы, применяемые в каждом регионе, отражают адаптивные стратегии и инженерные инновации, необходимые для смягчения последствий изменения климата и повышения комфорта городской жизни.

3. Перспективы развития

Перспективы совершенствования систем водоотведения с автомобильных дорог направлены на поиск инновационных и устойчивых решений, которые учитывают требования к безопасности, сохранению окружающей среды и повышению эффективности использования ресурсов. Основными направлениями для дальнейшего развития являются применение новых технологий, интеграция природных и инженерных подходов, а также адаптация к изменениям климата и увеличению урбанизации.

Применение новейших материалов и технологий в строительстве и реконструкции систем водоотведения — важное направление для повышения эффективности отвода и очистки дождевых вод. Например, использование пористых и перфорированных дорожных покрытий позволяет улучшить инфильтрацию воды, снижая риск образования луж и подтоплений. Такие материалы также способствуют снижению скорости поверхностного стока, что позволяет уменьшить эрозию дорожного полотна и прилегающих территорий.

Использование биофильтрационных барьеров из растительности и биоматериалов вдоль дорожных путей способствует естественной фильтрации загрязняющих веществ.

Покрытия с фотокаталитическими свойствами помогают разрушать органические загрязнители, снижая их содержание в сточных водах.

Применение зелёных технологий для управления дождевыми водами — ещё один важный элемент перспективного развития. Опыт зарубежных стран показывает, что интеграция зелёных зон, ливневых садов и биопрудов может значительно снизить нагрузку на канализационные системы и обеспечить более чистое отведение воды.

В условиях современной городской застройки, где интенсивное развитие инфраструктуры сопровождается увеличением объема асфальтированных и бетонных поверхностей, становится актуальной задача устойчивого управления дождевыми водами. В этом контексте эффективными решениями могут стать несколько ключевых

экологических подходов, направленных на снижение негативного воздействия осадков на городскую среду.

Одним из таких решений являются зелёные канавы и ливневые каналы. Эти конструкции, оформленные растительными насаждениями, не только обеспечивают эстетическое обогащение городской среды, но и активно участвуют в процессе очистки дождевой воды от вредных веществ. Растения, растущие в каналах, поглощают загрязняющие вещества, способствуя улучшению качества сточных вод перед их попаданием в водоёмы. Кроме того, зелёные канавы служат источником дополнительного увлажнения для городской флоры, что в свою очередь способствует повышению биоразнообразия и укреплению экосистемных связей в уличной среде.

Не менее важным решением являются зелёные крыши и стены, которые представляют собой интеграцию растительности в архитектуру зданий. Данные конструкции выполняют функцию временного накопления осадков, тем самым снижая быстрый отток воды в систему водоотведения. Зелёные крыши и стены также способствуют локальной очистке воздуха, уменьшая концентрацию пыли и загрязняющих веществ в атмосфере. Это положительно сказывается на микроклимате городских характеристик, создавая более комфортные условия для жизнедеятельности горожан и благоприятствуя развитию городской флоры и фауны.

Наконец, резервуары для сбора дождевой воды представляют собой практическое решение проблемы управления осадками. Собранная с поверхности дорог вода может быть использована для полива зелёных зон или для технических нужд, что позволяет существенно снизить нагрузку на существующие водоотводные и канализационные системы. Данный подход не только способствует рациональному использованию природных ресурсов, но и повышает устойчивость городской инфраструктуры к климатическим изменениям.

Таким образом, внедрение зелёных технологий в городскую среду, таких как зелёные канавы, крыши и стены, а также системы сбора дождевой воды, может стать основой для формирования устойчивых, экологически чистых городов, отвечающих современным требованиям к качеству жизни и окружающей среде.

Изменение климата и связанных с ним учащение экстремальных погодных явлений, таких как ливневые дожди, требуют от современных городов адаптации систем водоотведения к новым реалиям. Интенсивные осадки могут приводить к локальным наводнениям, которые негативно сказываются на городской инфраструктуре, экосистемах и общем уровне комфортности проживания. В свете этих вызовов разработка адаптивных систем управления водными потоками представляется перспективным решением, которое может обеспечить более высокую степень устойчивости городской среды.

Одним из ключевых направлений в этом контексте являются интеллектуальные резервуары и датчики. Эти системы, оснащенные автоматизированными датчиками, способны организовывать управление потоками дождевой воды в реальном времени. Каждая система регулируемых резервуаров может изменять свою пропускную способность дренажей в зависимости от прогнозируемых осадков, что позволяет эффективно предотвращать локальные наводнения и существенно снижает риск повреждений городской инфраструктуры.

Кроме того, создание инфраструктуры, предназначенной для работы в условиях экстремальных осадков, является важным шагом в обеспечении устойчивости городских систем. Резервные каналы и коллекторы должны быть востребованы как средства для сбора и временного хранения воды в периоды интенсивных дождей. Их проектирование и строительство помогут защитить дорожно-транспортную сеть от перегрузок и потенциального разрушения, а также минимизировать последствия для жителей и бизнеса.

Однако помимо технических решений, существенна и роль экономических и социальных мер. Для повышения эффективности внедряемых систем водоотведения необходимо разработать стимулы, которые поднимут уровень заинтересованности как частных, так и государственных организаций. Например, налоговые льготы для предприятий, устанавливающих инновационные системы водоотведения, и субсидии на использование экологически чистых технологий могут значительно ускорить переход к более устойчивым практикам.

Финансовые стимулы также должны включать создание субсидий и грантов для внедрения зелёной инфраструктуры в рамках городской политики.

Льготы для компаний, занимающихся реконструкцией и модернизацией существующих систем, стимулируют не только способность адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям, но и поддерживают инновационные технологии, которые менее негативно сказываются на окружающей среде.

Таким образом, интеграция технических, экономических и социальных мер в единую стратегию управления водными ресурсами позволит значительно повысить устойчивость городов перед лицом климатических изменений и связанных с ними вызовов.

Проблема водоотведения с автомобильных дорог представляет собой многогранную задачу, требующую комплексного подхода, который включает не только инженерные решения, но также активное взаимодействие специалистов из разных областей, таких как экология, градостроительство и экономика. Комплексность проистекает из того, что эффективное управление дождевыми водами напрямую связано с экологическими аспектами, включая сохранение природных ресурсов и

минимизацию негативного влияния на экосистемы, а также с градостроительными практиками, учитывающими устойчивое развитие городских пространств.

Ключевым фактором в решении данной проблемы является международный обмен опытом и знаниями, который способен способствовать разработке адаптивных и устойчивых решений. Один из аспектов такого сотрудничества заключается в передаче технологий и знаний. Использование передовых решений и оборудования, которые уже зарекомендовали себя в других странах, позволяет не только ускорить развитие и адаптацию технологий в новых условиях, но и избежать ошибок, допущенных ранее. Это, в свою очередь, ведет к более эффективному управлению дождевыми водами, снижению риска локальных наводнений и минимизации ущерба для городской инфраструктуры.

Кроме того, международное сотрудничество может также содействовать созданию стандартов и нормативов в сфере управления водоотведением. Формирование общих стандартов и рекомендаций позволяет гармонизировать подходы к водоотведению в различных климатических условиях, что повышает эффективность работы систем и способствует более устойчивому управлению водными ресурсами. Совместная работа по разработке и внедрению таких стандартов может включать обмен данными о лучшей практике, результаты научных исследований и инновационные разработки.

В конечном счете, интеграция знаний и технологий на международном уровне не только улучшает местные практики, но также формирует основу для унифицированного подхода к управлению дождевыми водами, способствующего устойчивому развитию городских территорий и укреплению их адаптивных возможностей перед лицом изменения климата и связанных с ним явлений.

Заключение

Проблема водоотведения с автомобильных дорог представляет собой сложный и многоаспектный вызов, требующий глубокого анализа существующих санитарных и инженерных систем, а также внедрения инновационных решений.

В статье подробно рассмотрены факторы, способствующие данной проблеме. Данные аспекты подчеркивают настоятельную необходимость разработки и внедрения эффективных мер, направленных на оптимизацию систем водоотведения.

Опыт зарубежных стран свидетельствует о том, что переход к более устойчивым и экологически ориентированным методам управления ливневыми водами способен не только минимизировать негативные

последствия для экосистемы, но также значительно повысить безопасность дорожного движения.

Предложенные в работе технические решения, включая использование фильтрующих материалов, создание биосистем и установку дренажных конструкций, открывают новые горизонты для развития городской инфраструктуры.

Анализируя опыт международных практик, можно утверждать, что интеграция принципов охраны окружающей среды и экономической целесообразности в стратегии водоотведения с автомобильных дорог станет основой для устойчивого развития городов.

Систематический подход к данной проблеме, охватывающий дальнейшие исследования и адаптацию лучших мировых практик, повысит эффективность водоотведения и, в конечном итоге, улучшит качество жизни горожан.

Таким образом, решение данной проблемы не только актуально, но и представляет собой значимую возможность для достижения устойчивого и экологически безопасного будущего.

Список литературы

1. Инвестиционный план системы водоотведения г. Сочи в рамках подготовки XXII Зимних Олимпийских игр 2014. №3. – Москва, 2010. – 181 с.
2. Касимов, А. Т. Совершенствование разработки системы водоотведения с проезжей части автомобильных дорог / А. Т. Касимов, А. М. Касымжанов, Д. М. Муханов // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 35. – С. 162-167. – EDN MOWFIG.
3. Павлинова, И. И. Инженерные системы водоснабжения и водоотведения : учебник и практикум для среднего профессионального образования / И. И. Павлинова, В. И. Баженов. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 462 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20262-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/557870/p.1> (дата обращения: 20.10.2024).
4. Пуркин, В.И. Проектирование сооружений дорожного водоотвода: учебное пособие / В.И. Пуркин. – М.: МАДИ, 2023. – 92 с.
5. Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. — Москва: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. - 88 с.
6. Структура канализования / [Электронный ресурс] // «Водоканал г. Сочи»: [сайт]. — URL: <https://www.mup-vodokanal-sochi.ru> (дата обращения: 27.11.2024).

Сведения об авторах:

Кочарян Юлия Гамлетовна, доцент, к.филол.н., доцент Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Ковалев Артем Викторович, магистрант, Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

УДК 004

Копылова Я.А.

МИРЭА-Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), Москва, Россия

Исследование методов оптимизации использования механизма внимания в архитектуре нейронных сетей

Аннотация: Современные нейросетевые технологии стремительно развиваются, а вместе с ними увеличиваются требования к эффективности и вычислительным возможностям используемых механизмов. Одним из ключевых компонентов современных нейросетевых моделей является механизм внимания (Attention), позволяющий моделям выделять наиболее важные фрагменты входных данных. Однако обработка длинных последовательностей с использованием внимания сопряжена с высокой вычислительной сложностью. В данной статье рассматриваются современные техники оптимизации внимания, включая Multi-Query Attention, Grouped-Query Attention и Multi-Head Latent Attention. Описаны их принципы работы, преимущества и ограничения, а также представлен сравнительный анализ эффективности. Проведенное исследование демонстрирует, что Multi-Head Latent Attention на данный момент является наиболее оптимальным подходом, позволяющим достичь высокой производительности при минимальном потреблении ресурсов.

Ключевые слова: Механизм внимания, Многозапросное внимание (Multi-Query Attention), Внимание с группированными запросами (Grouped-Query Attention), Многоголовое латентное внимание (Multi-Head Latent Attention), Нейросети, Обработка последовательностей, Оптимизация вычислений, Трансформерные модели.

Kopylova Y.A.

Optimization methods of attention mechanism in neural network architecture

Abstract: Modern neural network technologies are rapidly evolving, increasing the demand for efficiency and computational capabilities of key mechanisms. One of the fundamental components of modern neural network models is the attention mechanism, which enables models to focus on the most relevant parts of input data. However, processing long sequences with attention involves high computational complexity. This article explores modern attention optimization techniques, including Multi-Query Attention, Grouped-Query Attention, and Multi-Head Latent Attention. Their principles, advantages, and limitations are discussed, along with a comparative analysis of their efficiency. The study demonstrates that Multi-Head Latent Attention is currently the most optimal approach, achieving high performance while minimizing resource consumption.

Key words: Attention mechanism, Multi-Query Attention, Grouped-Query Attention, Multi-Head Latent Attention, Neural networks, Sequence processing, Computational optimization, Transformer models.

В последние годы генеративные нейронные сети обрели большую популярность как среди разработчиков, так и среди пользователей. Основной причиной бурного роста стало появление механизма внимания (Attention) [1]. Тем не менее с момента появления в 2017 году появилось большое количество новых архитектур, основанных на внимании, которые стараются улучшить различные его аспекты. Одна из проблем, которая часто появляется при использовании нейронных сетей — вычислительная сложность для больших последовательностей. Для решения этой ситуации предлагается использовать такие техники, как Multi-Query Attention (Многозапросное внимание), Grouped-Query Attention (Внимание с группированными запросами) и Multi-head Latent Attention (Многоголовое латентное внимание).

Multi-head Attention (МНА)

Прежде чем рассматривать оптимизационные методы, важно понять принцип работы многоголового внимания. В его основе лежит механизм Scaled Dot-Product Attention, использующий три весовые матрицы: Query, Key и Value.

Матрица Query представляет собой матрицу для вычисления запросов, которые могут быть заданы к входной последовательности. Матрица Key содержит матрицу для вычисления ключевой информации в запросах. Наконец, матрица Values используется для вычисления результата внимания. Каждый элемент входной последовательности (например, слово в тексте) представлен в виде вектора. Цель внимания — определить, насколько каждый ключ K релевантен текущему запросу Q и использовать соответствующие значения V для вычисления результата. Формула для вычисления результата представляет собой произведение Q и K^T (где K^T — транспонированная матрица K), деленное на нормировочный коэффициент для стабилизации градиентов при обучении. Результат нормирования подается на вход функции softmax, после чего полученный вектор умножается на матрицу V (см. Формула 1).

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V \quad 1)$$

Так, нормированное произведение матриц Q и K определяет матрицу, каждый элемент которой отвечает за силу связи запроса Q_i и ключа K_j . После чего операция softmax превращает строки матрицы в вероятностные распределения, а умножение на матрицу V формирует вектор представления входной последовательности.

Для повышения универсальности и вычислительной мощности модели внимания зачастую применяют многоголовое внимание. Одна «голова» представляет собой один независимый механизм внимания с собственными матрицами Q , K , V .

Входные значения разделяются между головами и обрабатываются независимо, после чего результаты конкатенируются в единый результирующий вектор. Итоговые формулы расчета многоголового внимания приведены в Формула 2 и Формула 3.

$$\text{head}_i = \text{Attention}(QW_i^Q, KW_i^K, VW_i^V) \quad (2)$$

$$\text{MultiHead}(Q, K, V) = \text{Concat}(\text{head}_1, \dots, \text{head}_h)W^O \quad (3)$$

В формуле 2 матрицы W_i^Q, W_i^K, W_i^V — матрицы проекций для запросов, ключей и запросов в i -й голове. В свою очередь i принадлежит диапазону от 1 до h (количество голов). В формуле 3 используется также матрица W^O для преобразования объединения голов в финальный результат.

В Листинге 1 приведена реализация многоголового внимания при помощи языка Python и фреймворка PyTorch.

Листинг 1 — Реализация многоголового внимания при помощи языка Python и фреймворка PyTorch

```
import torch
import torch.nn as nn

class MultiHeadAttention(nn.Module):
    def __init__(self, embed_dim, num_heads):
        super().__init__()
        assert embed_dim % num_heads == 0

        self.num_heads = num_heads
        self.head_dim = embed_dim // num_heads

        self.W_q = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)
        self.W_k = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)
        self.W_v = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)
        self.W_o = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)

    def forward(self, q, k, v):
        batch_size = q.shape[0]

        Q = self.W_q(q).view(batch_size, -1, self.num_heads,
                               self.head_dim).transpose(1, 2)
        K = self.W_k(k).view(batch_size, -1, self.num_heads,
                               self.head_dim).transpose(1, 2)
        V = self.W_v(v).view(batch_size, -1, self.num_heads,
                               self.head_dim).transpose(1, 2)

        scores = torch.matmul(Q, K.transpose(-2, -1)) /
        (self.head_dim ** 0.5)
        attn_weights = torch.nn.functional.softmax(scores, dim=-
```

```

1)
    attn_output = torch.matmul(attn_weights, V)

    attn_output = attn_output.transpose(1,
2).contiguous().view(batch_size, -1, self.num_heads *
self.head_dim)

    return self.W_o(attn_output)

```

Multi-Query Attention (MQA)

При использовании механизма внимания в генеративных сетях новые токены генерируются по одному, принимая на вход все предыдущие токены. В связи с этим большая часть произведения матриц ключей и значений не изменяется при генерации очередного токена.

Для экономии вычислительных ресурсов было предложено [2] использование кэширования — сохранения матриц K и V в памяти во избежание повторных излишних расчетов. Однако, при больших размерах матриц кэширование тратит большое количество памяти, так как для каждой головы используются уникальные матрицы.

Для решения этой проблемы был предложен механизм Multi-Query Attention, использующий одни и те же матрицы K и V для всех голов нейронной сети. Такое изменение значительно снижает количество требуемой памяти, но и оказывает негативное влияние на качество модели, так как она теряет возможность изучать большее число вариативных зависимостей между головами. Формула 4 содержит измененную формулу для расчета внимания каждой головы.

$$\text{head}_i = \text{Attention}(QW_i^Q, KW^K, VW^V)$$

4)

В Листинге 2 приведена реализация Multi-Query Attention с использованием фреймворка PyTorch.

Листинг 2 — Реализация Multi-Query Attention с использованием фреймворка PyTorch

```

import torch
import torch.nn as nn

class MultiQueryAttention(nn.Module):
    def __init__(self, embed_dim, num_heads):
        super().__init__()
        assert embed_dim % num_heads == 0

        self.num_heads = num_heads
        self.head_dim = embed_dim // num_heads

        self.W_q = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)

```

```

        self.W_k = nn.Linear(embed_dim, embed_dim // num_heads,
bias=False)
        self.W_v = nn.Linear(embed_dim, embed_dim // num_heads,
bias=False)
        self.W_o = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)

    def forward(self, q, k, v):
        batch_size = q.shape[0]

        Q = self.W_q(q).view(batch_size, -1, self.num_heads,
self.head_dim).transpose(1, 2)

        K = self.W_k(k).unsqueeze(1).expand(-1, self.num_heads, -
1, -1)
        V = self.W_v(v).unsqueeze(1).expand(-1, self.num_heads, -
1, -1)

        scores = torch.matmul(Q, K.transpose(-2, -1)) /
(self.head_dim ** 0.5)
        attn_weights = torch.nn.functional.softmax(scores, dim=-
1)
        attn_output = torch.matmul(attn_weights, V)

        attn_output = attn_output.transpose(1,
2).contiguous().view(batch_size, -1, self.num_heads *
self.head_dim)

        return self.W_o(attn_output)

```

Grouped-Query Attention (GQA)

Для улучшения качества результатов, получаемых при использовании Multi-Query Attention, было предложено решение, позволяющее получить лучшие результаты, но немного повысить расходы памяти [3].

Grouped-Query Attention — это улучшенная версия механизма внимания, созданная для увеличения эффективности вычислений по сравнению с Multi-Head Attention (МНА), сохраняя при этом большую гибкость, чем Multi-Query Attention (MQA).

В GQA запросы (Q) делятся на несколько групп, и для каждой группы используется общий набор ключей (K) и значений (V). Это снижает вычислительные затраты и потребление памяти по сравнению с МНА, но при этом сохраняет большее разнообразие внимания, чем MQA.

Так, если разбить h голов на g групп ($g < h$), то запросы остаются отдельными для всех голов (Формула 5), ключи и значения общие в пределах групп (Формула 6), а одна группа обслуживает несколько голов (см. Формула 7).

$$Q_i = XW_i^Q, i \in [1, h]$$

$$K_j = XW_j^K, V_j = XW_j^V, j \in [1, g] \quad (5)$$

$$head_i = \text{Attention}(Q_i, K_{g(i)}, V_{g(i)}), \text{ где } g(i) = [i * g / h] \quad (6)$$

$$\quad (7)$$

В Листинге 3 приведена реализация Grouped-Query Attention с использованием фреймворка PyTorch.

Листинг 3 — Реализация Grouped-Query Attention с использованием фреймворка PyTorch

```
import torch
import torch.nn as nn

class GroupedQueryAttention(nn.Module):
    def __init__(self, embed_dim, num_heads, num_groups):
        super().__init__()
        assert embed_dim % num_heads == 0
        assert num_heads % num_groups == 0

        self.num_heads = num_heads
        self.num_groups = num_groups
        self.head_dim = embed_dim // num_heads
        self.group_size = num_heads // num_groups

        self.W_q = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)
        self.W_k = nn.Linear(embed_dim, embed_dim // num_groups,
bias=False)
        self.W_v = nn.Linear(embed_dim, embed_dim // num_groups,
bias=False)
        self.W_o = nn.Linear(embed_dim, embed_dim, bias=False)

    def forward(self, q, k, v):
        batch_size = q.shape[0]

        Q = self.W_q(q).view(batch_size, -1, self.num_heads,
self.head_dim).transpose(1, 2)

        K = self.W_k(k).view(batch_size, -1, self.num_groups,
self.head_dim * self.group_size).transpose(1, 2)
        V = self.W_v(v).view(batch_size, -1, self.num_groups,
self.head_dim * self.group_size).transpose(1, 2)

        K = K.unsqueeze(2).expand(-1, -1, self.group_size, -1, -
1).reshape(batch_size, self.num_heads, -1, self.head_dim)
        V = V.unsqueeze(2).expand(-1, -1, self.group_size, -1, -
1).reshape(batch_size, self.num_heads, -1, self.head_dim)

        scores = torch.matmul(Q, K.transpose(-2, -1)) /
(self.head_dim ** 0.5)
```

```

        attn_weights = torch.nn.functional.softmax(scores, dim=-
1)
        attn_output = torch.matmul(attn_weights, V)

        attn_output = attn_output.transpose(1,
2).contiguous().view(batch_size, -1, self.num_heads *
self.head_dim)

        return self.W_o(attn_output)

```

Multi-head Latent Attention (MLA)

Наконец, в 2024 году в [4] было предложено отказаться от кеширования матриц K и V, а вместо этого ввести латентное пространство. Латентное пространство представляет собой матрицу с размерами значительно меньшими, чем матрицы K и V, которая используется для сэмплирования матриц ключей и значений из случайного распределения.

Так, при обучении и при использовании модели матрицы K и V не хранятся напрямую, а генерируются при помощи латентного пространства в зависимости от входных данных. Так, итоговая формула для вычисления матриц K и V приведена в Формуле 8.

$$K_L, V_L = f_{\theta}(X)$$

8)

Здесь $f_{\theta}(X)$ — параметризованное отображение (обычно небольшая сверточная сеть или многослойный перцептрон). После расчета таких матриц используется стандартная формула для многоголового внимания.

В Листинге 4 приведена реализация Multi-Head Latent Attention при помощи фреймворка PyTorch.

Листинг 4 — Реализация Multi-Head Latent Attention при помощи фреймворка PyTorch

```

import torch
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F

class MultiHeadLatentAttention(nn.Module):
    def __init__(self, embed_dim, num_heads, latent_dim):
        super().__init__()
        assert embed_dim % num_heads == 0

        self.embed_dim = embed_dim
        self.num_heads = num_heads
        self.head_dim = embed_dim // num_heads
        self.latent_dim = latent_dim

```

```

self.latent_proj = nn.Linear(embed_dim, latent_dim)

self.W_q = nn.Linear(embed_dim, embed_dim)
self.W_k = nn.Linear(embed_dim, embed_dim)
self.W_v = nn.Linear(embed_dim, embed_dim)

self.W_o = nn.Linear(embed_dim, embed_dim)

def forward(self, x):
    batch_size, seq_len, embed_dim = x.shape

    Q = self.W_q(x) # (batch, seq_len, embed_dim)

    latent_repr = self.latent_proj(x).mean(dim=1,
keepdim=True)
    K = self.W_k(latent_repr).expand(-1, self.latent_dim, -1)
    V = self.W_v(latent_repr).expand(-1, self.latent_dim, -1)

    Q = Q.view(batch_size, seq_len, self.num_heads,
self.head_dim).transpose(1, 2)
    K = K.view(batch_size, self.latent_dim, self.num_heads,
self.head_dim).transpose(1, 2)
    V = V.view(batch_size, self.latent_dim, self.num_heads,
self.head_dim).transpose(1, 2)

    attn_scores = torch.einsum("bhqd,bhkd->bhqk", Q, K) /
(self.head_dim ** 0.5) # (batch, num_heads, seq_len,
latent_dim)
    attn_weights = F.softmax(attn_scores, dim=-1)
    attn_output = torch.einsum("bhqk,bhkd->bhqd",
attn_weights, V)

    attn_output = attn_output.transpose(1,
2).reshape(batch_size, seq_len, embed_dim)

    output = self.W_o(attn_output)
    return output

```

Подводя итог, можно составить сравнительную таблицу (см. Таблица 1) различных техник кэширования весов в моделях внимания, выделив количество параметров, которые необходимо кэшировать и результативность модели.

Таблица 1 — Сравнение различных техник кэширования

Μεχανισμός внимания	KV кэш на токен	Μощность
MHA	$2 * n_h * d_h * l$	Высокая
GQA	$2 * n_g * d_h * l$	Средняя
MQA	$2 * d_h * l$	Низкая
MLA	$\sim 4.5 * d_h * l$	Наивысшая

В таблице n_h обозначает количество голов внимания, d_h — размерность одной головы, l — количество слоев, n_g — количество групп внимания. Из сравнительной таблицы видно, что метод латентного внимания на данный момент является наиболее оптимальным.

Список литературы

1. Attention Is All You Need [Электронный ресурс]. — 2023. URL: <https://arxiv.org/pdf/1706.03762> (дата обращения 26.03.2025)
2. Fast Transformer Decoding: One Write-Head is All You Need [Электронный ресурс]. — 2019. URL: <https://arxiv.org/pdf/1911.02150> (дата обращения 26.03.2025)
3. GQA: Training Generalized Multi-Query Transformer Models from Multi-Head Checkpoints [Электронный ресурс]. — 2023. URL: <https://arxiv.org/pdf/2305.13245> (дата обращения 26.03.2025)
4. DeepSeek-V2: A Strong, Economical, and Efficient Mixture-of-Experts Language Model [Электронный ресурс]. — 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/2405.04434> (дата обращения 26.03.2025)

Сведения об авторе:

Копылова Яна Антоновна - ассистент кафедры Прикладной математики, Институт информационных технологий МИРЭА-Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), Москва, Россия

Kopylova Yana Antonovna - Assistant of the Department of Applied Mathematics, Institute of Information Technologies MIREA-Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow, Russia

УДК 004

Резцов С.М.

*Нижегородский государственный университета имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород,
Россия*

Сравнительный анализ языковых моделей в обработке неструктурированных данных на примере Deepseek и GigaChat

Аннотация: В данном исследовании проводится сравнительный анализ двух языковых моделей — DeepSeek (зарубежная разработка) и GigaChat (отечественное решение) — в контексте обработки неструктурированных текстовых данных. Исследование оценивает качество извлечения ключевых терминов, выявление основных сущностей, глубину анализа и терминологическую насыщенность на выборке из 13 статей четырёх тематик (физика, астрономия, кулинария, экономика).

Объект исследования: Языковые модели DeepSeek и GigaChat в контексте их способностей извлекать ключевые термины из текстов, анализировать его глубину и насыщенность.

Тема исследования: Сравнительная эффективность языковых моделей DeepSeek и GigaChat при обработке неструктурированных текстовых данных: оценка точности, полноты и глубины анализа.

Ключевые слова: Большие языковые модели (LLM), DeepSeek, GigaChat, Сравнительный анализ, Precision, Recall, F1-score

Reztsov S.M.

Comparative analysis of language models in unstructured data processing: a case study of Deepseek and GigaChat

Abstract: This article presents a comparative analysis of two language models—DeepSeek (a foreign-developed solution) and GigaChat (a domestic Russian model)—in the context of unstructured text data processing. The study evaluates key term extraction quality, analysis depth, and terminological density across a sample of 13 articles covering four domains (physics, astronomy, culinary arts, and economics)

Research Object: The language models DeepSeek and GigaChat, examined for their capabilities in extracting key terms from texts, analyzing content depth and terminological richness

Research Topic: Comparative effectiveness of DeepSeek and GigaChat in unstructured text data processing: assessing precision, recall, and analysis depth.

Keywords: Large Language Models (LLM), DeepSeek, GigaChat, Comparative Analysis, Precision, Recall, F1-score

Введение

В настоящее время объём неструктурированных данных, создаваемых человечеством ежедневно, возрастает в геометрической прогрессии [1]. Вся эта информация — тексты, изображения, аудиофайлы, требует эффективных методов обработки и анализа [2]. Неструктурированный тип

информации запрашивает особые требования к способам и инструментам интерпретации, анализа и последующего использования. В таких условиях, наибольшую актуальность обретают большие языковые модели (Large Language Models, LLM) [3].

В связи с актуальностью данной проблемы, в последние годы на рынке искусственного интеллекта появилось множество языковых моделей, разработанных как зарубежными, так и отечественными исследовательскими командами. Практически каждая модель уникальна, так как может иметь свои архитектурные особенности и проходить обучение на разных выборках данных [4]. На данный момент наибольший интерес из зарубежных решений представляют модели семейства DeepSeek. Они успели зарекомендовать себя как инструмент с высоким качеством генерации и анализа текста. Среди отечественных решений наиболее популярным является GigaChat.

Актуальность сравнительного анализа обусловлена необходимостью выбора подходящего инструмента для решения прикладных задач, стремлением выявить самые перспективные технологии в области обработки текстовых данных. Ключевое значение имеет особенность искусственного интеллекта выявлять в контексте работы с естественными языком, где важна способность обобщать, ключевые сущности, качественно резюмировать информацию, а также иметь устойчивость к неоднозначности исходных данных [5].

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа зарубежной модели DeepSeek и отечественного конкурента GigaChat. В рамках исследования был проведён анализ результатов работы моделей на одном наборе данных, который включал в себя статьи из четырёх тематик – физика, астрономия, кулинария, экономика.

Методология

Для проведения сравнительного анализа были выбраны две языковые модели: DeepSeek и GigaChat. Каждая модель использовалась для извлечения ключевых терминов, определение тональности, выявления основных сущностей, которые описаны в текстах. Предоставленные тексты одинаковы для каждой модели и состоят из 13 статей, взятых с платформы «Дзен». Тематика публикаций охватывала следующие направления: астрономия, физика, кулинария, экономика. Результаты анализа оценивались по следующим параметрам:

Precision (точность) – доля правильно предсказанных положительных результатов среди всех предсказанных положительных результатов (1.1)

$$Precision = \frac{True\ positive\ (TP)}{True\ positive\ (TP) + False\ positive\ (FP)} \quad (1.1)$$

Высокий показатель Precision означает, что модель редко ошибается, когда предсказывает положительный класс.

Recall (полнота) – доля правильно предсказанных положительных результатов среди всех фактически положительных случаев.

$$Recall = \frac{True\ positive\ (TP)}{True\ positive\ (TP) + False\ negative\ (FN)} \quad (1.2)$$

Высокий показатель Recall означает, что модель находит большую часть релевантных элементов.

F1-score (F1-метрика) – гармоническое среднее между precision и recall, позволяющее оценить баланс.

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (1.3)$$

Для формул (1.1), (1.2), (1.3) True positive (TP) – количество терминов, которые верно извлекла DeepSeek (есть и в GigaChat и DeepSeek), False positive (FP) – термины, которые DeepSeek извлекла ошибочно (есть в DeepSeek, но нет в GigaChat), False negative (FN) – термины, которые DeepSeek пропустила (в DeepSeek нет, но есть в GigaChat).

Также есть дополнительные метрики: depth_ratio (глубина анализа) – отношение длины текста DeepSeek к длине текста GigaChat (показывает, насколько «глубоко» одна модель анализирует по сравнению с другой), term_density_ratio (плотность терминов) – отношение уникальных терминов к длине текста, показывая, насколько он насыщен терминологией.

Результаты

На рисунке 1 видно, что f1_score варьируется от 0 до 0.44, что указывает на умеренное качество извлечения терминов в DeepSeek. В случаях, когда показатель равнялся нулю, DeepSeek и GigaChat полностью не совпадали. Precision, находящийся в диапазоне от 0 до 0.67, говорит о том что DeepSeek часто предлагает лишние термины, которых нет в GigaChat. Recall по итогам расчётов оказался очень не высок (основной диапазон от 0.1 – 0.3). Это говорит о том, что DeepSeek пропускает много терминов, которые были найдены отечественной моделью. Глубина анализа (depth_ratio) – в большинстве случаев, модели выдают результаты сопоставимой длины (значения близки к 1), однако в некоторых случаях DeepSeek даёт более детализированное описание. Плотность терминов (term_density_ratio) в среднем находится в диапазоне от 0.15–0.25, что означает умеренную насыщенность термина. Явного преимущества в данном показателе нет ни у одной из моделей.

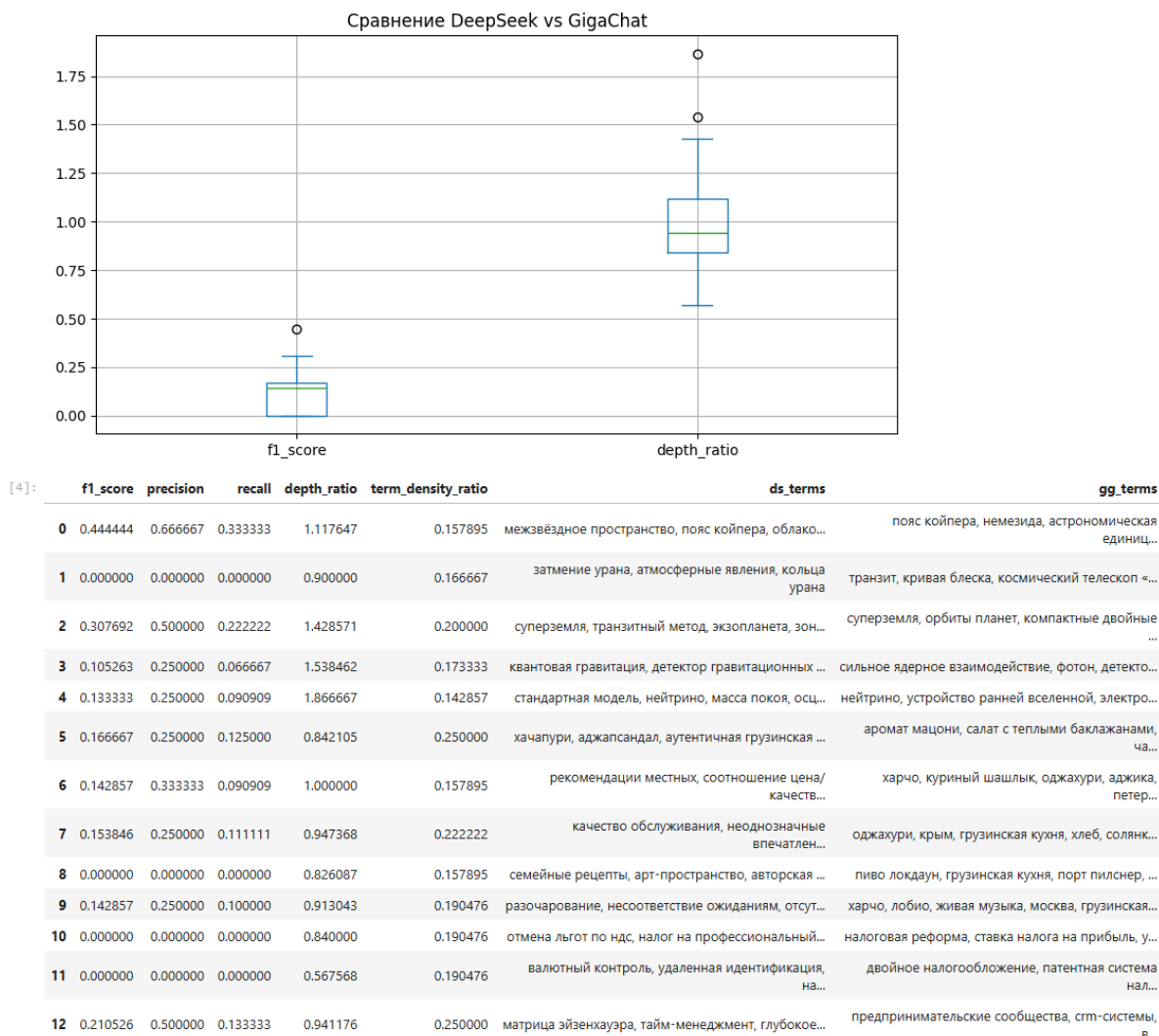


Рисунок 1. сравнение DeepSeek и GigaChat

Выводы

Проведённый сравнительный анализ языковых моделей DeepSeek и GigaChat позволил выявить их ключевые особенности и различия в подходах к обработке текстовых данных. Несмотря на низкий уровень совпадений извлечённых терминов, каждая модель продемонстрировала уникальные преимущества: DeepSeek — в глубине анализа и терминологической насыщенности, GigaChat — в умении кратко обобщать информацию. Результаты подчёркивают необходимость осознанного выбора модели в зависимости от конкретной прикладной задачи. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение корпуса данных и включение дополнительных метрик оценки, таких как когерентность, связность и тематическая релевантность.

Список литературы

1. Губарев С.С. Большие данные и управление ими // IT Week. – URL: <https://www.itweek.ru/bigdata/article/detail.php?ID=226903> (дата обращения: 12.05.2025).
2. Хабр. Зачем нам LLM в продуктах, если уже есть GPT? // Habr. – URL: <https://habr.com/ru/articles/756454/> (дата обращения: 12.05.2025).
3. Хабр. GigaChat научили работать с графиками и таблицами // Habr. – URL: <https://habr.com/ru/news/861486/> (дата обращения: 12.05.2025).
4. Хабр. DeepSeek: китайский конкурент ChatGPT // Habr. – URL: <https://habr.com/ru/articles/828968/> (дата обращения: 12.05.2025).
5. Selectel. Что такое LLM и как она работает // Selectel Блог. – URL: <https://selectel.ru/blog/that-is-llm/> (дата обращения: 12.05.2025).

Сведения об авторе:

Резцов С.М., студент Нижегородского государственного университета имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

Reztsov S.M., Student, Nizhny Novgorod State University R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia.

УДК 692.115

Сербин В.В., Дандыль Е.А., Агашерипов Р.Р., Шурин М.Н.

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

Проектирование зданий и сооружений в условиях структурно неустойчивых грунтов города Ставрополя

Аннотация. В работе проведена оценка инженерно-геологических условий города Ставрополя, выявлены опасные геологических процессы (оползни, набухание и усадка глинистых грунтов, просадка лессовых грунтов, подтопление, водная эрозия, разжижение и плавунность форштадских песков, провалы), показано их влияние на здания и сооружения, рассмотрены проблемы надежного строительства в текущих природных грунтовых условиях краевого центра. Даны рекомендации по инженерно-геологической оценке форштадских песков, в том числе для нового строительства, которые могут обеспечить надежную эксплуатацию зданий и сооружений в течение всего срока их эксплуатации. Эти рекомендации могут быть использованы в аналогичных грунтовых условиях региона.

Ключевые слова: неустойчивые грунты, специфические грунты, суффозия, просадочные грунты, оползни, форштадские пески.

Serbin V.V., Dandyl E.A., Agasheripov R.R., Shurin M.N

Design of buildings and structures in conditions of structurally unstable soils of the city of Stavropol

Abstract. The paper assesses the engineering and geological conditions of the city of Stavropol, identifies hazardous geological processes (landslides, swelling and shrinkage of clay soils, subsidence of loess soils, flooding, water erosion, liquefaction and quicksand of forstadt sands, sinkholes), shows their impact on buildings and structures, considers the problems of reliable construction in the current natural soil conditions of the regional center. Recommendations are given for the engineering and geological assessment of forstadt sands, including for new construction, which can ensure reliable operation of buildings and structures throughout their entire service life. These recommendations can be used in similar soil conditions of the region.

Keywords: unstable soils, specific soils, suffusion, subsidence soils, landslides, forstadt sands.

Территория города Ставрополя имеет многочисленные территории со структурно-неустойчивыми грунтами. К ним можно отнести оползневые и потенциально оползневые районы, покрывающие около трети площади города, и территории распространения суффозионных и просадочных лессовых грунтов. Площадь их распространения затрагивает объекты жизнеобеспечения города (транспортные сети, водопровод, газопровод и электроснабжение), жилые, общественные и производственные здания и сооружения. Строительство в этих условиях, как и эксплуатация существующих строений, требует проведения комплекса защитных мероприятий, направленных на предотвращение неблагоприятных процессов в объемах, превышающих безопасные значения.

Ставрополь занимает наиболее высокую часть Ставропольского плато (абсолютные отметки до 660 м) с перепадами высот до 440 м. Территория

города расчленена глубокими балками и оврагами, вскрывающими коренные породы сармата, в том числе форштадтскую толщу песков.

На территории Ставрополя распространены породы миоцена и четвертичные отложения. Характерные особенности геологического строения:

- практически горизонтальное и согласное залегание пород, начиная с майкопской свиты и до верхнесарматских глин;
- разнообразие литологического состава морских отложений. В нижней части разреза преобладают глинистые породы и небольшой мамайский горизонт опесчаненного мергеля, имеется два горизонта известняков-ракушечников (карабиновский и холоднородниковский), между которыми находится толща форштадских песков;
- четвертичные отложения представлены в виде покровных лессовидных суглинков и глин, элювия коренных пород, аллювия мелких рек, оползневые накопления.

Форштадские пески в Ставрополе занимают большую часть его жилой зоны [1, с. 37]. Например, это песчаный карьер в северо-западной части Ставрополя, строительный котлован в центре города, старый песчаный карьер, заполненный грунтовыми (техногенными) водами, который раньше был отдан под гаражи.

Для форштадтской толщи характерны эрозионные понижения, заполненные верхнечетвертичным эоловым лессовидным суглинком [3]. Изыскатели эти суглинки ошибочно относят к делювиальным образованиям.

Среди опасных геологических процессов следует отметить: оползни, набухание и усадку глинистых грунтов, просадку лессовых грунтов, подтопление, водную эрозию, разжижение и плавучность форштадских песков, а также провалы центральных улиц. Оползни неоднократно разрушали главную федеральную дорогу на Невинномысск, единственный источник водоснабжения – Сенгилеевский водовод, угрожают железной дороге на ст. Кавказскую (бывшая ж/д на Армавир была разрушена оползнями почти сразу после строительства). Из рекомендованных методов защиты от оползней [6, п. 5.11.3] довольно хорошо себя зарекомендовало закрепление грунтов (в том числе буронабивными грунтовыми сваями).

Набухание и усадка глинистых грунтов, а также просадка лессовых грунтов являются причиной деформаций многих десятков частных домов и общественных зданий [4]. Развитию водной эрозии способствует состав легкоразмываемых пород и ливневый характер осадков.

Форштадские пески города Ставрополя при водонасыщении становятся типичными плавучими. Их разжижению и плавучности способствуют:

- небольшое содержание глинистых частиц (3-5 %);
- пылеватый состав;
- высокая пористость и недоуплотненность;

- существенное снижение структурной прочности и слабое восстановление структурных связей после разрушения естественной структуры;

- низкая водопроницаемость и слабая водоотдача песка, что препятствует быстрому его уплотнению и набору прочности.

Плывунные свойства песка осложняют устройство шпунтов. В Ставрополе, как и в Санкт-Петербурге, при бурении скважин для шпунтовых свай в соседних домах появлялись трещины.

К опасным геологическим процессам следует отнести суффозионные оседания и провалы улиц. Механизм этого процесса полностью не изучен. По нашим наблюдениям провалы чаще имеют место на участках с близким расположением хорошо фильтрующего воду карабиновского известняка-ракушечника. По такой схеме происходят провалы, описанные в монографии «Москва: геология и город» [5, с. 270]. В связи с тотальным подтоплением территории Ставрополя техногенными водами, провалы могут стать частым явлением.

Сейсмомикрорайонирование территории Ставрополя было выполнено в 1998 году на основе комплекса схематических карт. При оценке балльности участков основное значение придавали рельефу, а не свойствам пород. Зону распространения сейсмоопасных песков отнесли к 6-7-балльной территории. Норматив (СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах») пылеватые пески относит к III категории по сейсмическим свойствам, и форштадские пески стали 8-балльными основаниями.

Состав, структура и свойства песков были изучены комплексом методов. Изучение под микроскопом показало, что в песке преобладают зерна двух фракций: мелкопесчаная (0,25-0,1 мм) и тонкопесчаная (пылевато-песчаная 0,1-0,05 мм). Основная масса песка состоит из прозрачных, полупрозрачных и матовых зерен кварца самой различной степени окатанности. В тонкопесчаной фракции преобладают остроугольные и слабоокатанные зерна. Кроме кварца, в песке имеется переменное количество карбонатов, прозрачные пластинки слюды, черные и темноцветные зерна тяжелых минералов, ожелезненные зерна кварца. Характерной особенностью микростроения песка является неравномерная упаковка зерен. Были также обнаружены каналовидные поры, напоминающие макропоры в лессовых грунтах.

Щелочными вытяжками в 5%-ом растворе КОН определили содержание аморфной кремнекислоты SiO_2 , которое для песков оказалось сравнительно высоким (0,18-0,38%, при среднем значении 0,25 %). Основная масса кремнекислоты покрывает в виде пленок кварцевые частицы. Водорастворимых солей по водным вытяжкам в песке выявлено мало.

Согласно действующим строительным нормам, форштадтский песок относится к пылеватому песку, т.к. содержание фракции $>0,1$ мм составляет менее 75 %. В массе анализов песка около 10 % образцов отнесено к мелким

пескам, в которых фракция крупнее 0,1 мм составляет более 75%. Следует отметить условность грансостава песков. Их частицы в разной степени агрегированы. Растирание пробы песка в 4%-ном растворе пирофосфата натрия значительно снижает содержание мелкопесчаной фракции и увеличивает выход тонкопесчаной фракции.

Изученные пески по плотности сложения относятся к *разновидности рыхлых* и, редко, к среднеплотным. Их коэффициент пористости близок к 0,8, а степень плотности сложения $I_d = 0,312$. По ГОСТу слабоуплотненные пески имеют степень плотности сложения в диапазоне $I_d = 0,0-0,33$. Местные изыскатели определяют плотность ρ , модуль деформации E и угол внутреннего трения φ песков по данным статического зондирования, ранее используя таблицы норматива (СП 11-105-97), что являлось ошибкой. Форштадтские пески не являются четвертичными образованиями, в них много карбонатов, удельное сцепление $>0,01$ МПа. По зондированию пески попадают в разновидность плотных со всеми вытекающими последствиями.

Компрессионные испытания песков дали для них модули деформации в пределах $E=9,0-26,0$ МПа. Минимальные значения соответствуют водонасыщенным пескам. Испытание штампами в полевых условиях показали более высокие значения модуля деформации $E=29-49$ МПа. Эти значения создают впечатление о высокой надежности и низкой сжимаемости песков. На графиках штамповых испытаний в диапазоне давлений 0,1-0,25 МПа имеется *перелом*, характеризующий структурную прочность песков. После перелома сжимаемость песка резко возрастает.

Анализ архивных данных и собственные испытания показали, что сухие образцы форштадтского песка при замачивании под нагрузкой до $P=0,3$ МПа обнаруживают явно выраженное доуплотнение, достигающее 0,9 %. Этот факт подтверждает структурную неустойчивость морских песков Ставрополя.

Завышенными, по сравнению с СП, выглядят и прочностные характеристики песков. По полевым испытаниям песков изыскатели принимают: сцепление $C=38$ КПа, угол внутреннего трения $\varphi=24^0$, модуль деформации $E=29-49$ МПа. Нормативы по проектированию оснований для пылеватых песков с коэффициентом пористости $e=0,75$ рекомендуют: $C=2$ МПа, $\varphi=26^0$ и $E=11$ МПа. Таким образом, по сравнению со СП в форштадтском песке сцепление завышено в 19 раз, а модуль деформации – в 2,5-4,5 раза.

Статическое и динамическое зондирование песков выявило 2 закономерности: 1) хорошую корреляцию между обоими методами и, что не менее важно, низкую прочность песка в приповерхностном слое, что объясняется его выветриванием (вероятно, морозным выветриванием в ледниковые эпохи плейстоцена).

Литогенез, недоуплотненность и структурную неустойчивость форштадтского песка объясняются следующим образом. По критериям

известного морского литолога, проф. В.Т. Фролова, форштадские пески относятся к волновым мелководным отложениям. Они отличаются хорошей сортировкой и отмытостью материала, пространственной выдержанностью на больших расстояниях.

Нормальному уплотнению песка препятствуют: 1) образование дополнительного сцепления упрочнения на контактах кварцевых зерен; 2) гидростатическое взвешивание частиц осадка

Форштадтский песок первоначально формируется в более соленом морском бассейне, т.е. при повышенной растворимости карбоната кальция и кремнезема. При опреснении Сарматского моря и снижении концентрации легкорастворимых солей происходит осаждение и необратимая полимеризация кремнекислоты, т.е. к дополнительному упрочнению структурных связей. На кварцевых зернах видны следы карбонатного травления (по В.И. Осипову) и пленки-рубашки аморфного кремнезема и окислов железа. Такие относительно водостойкие контакты В.И. Осипов назвал фазовыми, а дополнительное упрочнение частиц грунта Н.Я. Денисов назвал «сцеплением упрочнения».

Изучением структурных связей в силикатных материалах и грунтах занимались многие исследователи (И.В. Гребенщиков, П.А. Ребиндер, Б.В. Дерягин, К.Р. Айлер, Н.Я. Денисов, И.В. Дудлер, И.М. Горькова, М.И. Хазанов, В.И. Осипов и др.).

Важно также отметить, что деформации зданий возникали не сразу после строительства, а спустя несколько лет, а их основания были запроектированы с запасом расчетного сопротивления в 1,5-2,0 раза.

Рекомендации по инженерно-геологической оценке форштадских песков сводятся к следующему. Лабораторные исследования должны включать: 1) изучение состава и строения песка под микроскопом, 2) гранулометрический анализ с растиранием пробы с пирофосфатом натрия и микроагрегатный анализ для оценки агрегированности песка, 3) Пенетрацию конусом естественного и нарушенного сложения, что позволит оценить потерю прочности при нарушении структурных связей, 4) следует опробовать вращательный срез микрокрыльчаткой Л.С. Амаряна, 5) при невозможности выполнить отбор монолитов, рекомендуется использовать рекомендацией Э.Р. Черняка, что позволит проводить испытания с пробами нарушенной структуры при условии соответствия их плотности природным значениям.

Полевые исследования должны сопровождаться статическим и динамическим зондированием песков, штамповыми испытаниями, в том числе винтовыми штампами НИИОСПа и прессиометрами Л.С. Амаряна. Необходимо также совершенствовать методику отбора проб песка из скважин выше и ниже уровня грунтовых вод.

Строительство на форштадских песках должно вестись как на слабых и опасных грунтах. Применение свайных фундаментов в данных условиях

ограничено тем, что сваи плохо погружаются в пески и их приходится срубить. Это приводит к тому, что сваи в фундаменте имеют разную несущую способность. При забивке свай были случаи деформаций соседних домов.

Глубинное уплотнение слабых и просадочных грунтов, в том числе форштадских песков, на многих объектах Северного Кавказа выполняется с помощью буронабивных шнековых свай по технологии, хорошо описанной в Рекомендациях [2] и показавшей свою высокую эффективность. Эта технология укрепления грунтов может быть применена на любом проблемном объекте края.

Список литературы

1. Галай Б.Ф., Галай Б.Б., Галай О.Б. Ставрополь: геология и город: монография // ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь-Сервисшкола, 2017. – 328 с.
2. Галай Б.Ф. и др. Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах. – 3-е изд., доп. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016, – 96 с.
3. Галай Б.Ф., Сербин В.В., Плахтюкова В.С., Галай О.Б. Генетический анализ покровных суглинков г. Ставрополя // Наука. Инновации. Технологии. Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета, Выпуск № 1, 2016. С. 93-106.
4. Галай Б.Ф., Сербин В.В. Аварии зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах в просадочных грунтах Юга России // Вестник СКФУ, 2014, № 6 (45). с. 20-26.
5. Москва. Геология и город / Под редакцией В. И. Осипова и О. П. Медведева; РАН, Институт геоэкологии; Мосгоргеотрест. – Москва: Московские учебники и Картолитография, 1997, – 398 с.
6. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095540> (дата обращения: 07.05.2025).

Сведения об авторах:

Сербин Виталий Викторович, кандидат технических наук, доцент ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

Дандыль Евгений Александрович, студент ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

Агашерипов Руслан Русланович, студент ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

Шурин Максим Николаевич, аспирант ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

Serbin Vitaliy Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia

Dandyl Evgeniy Alexandrovich, student, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia

Agashripov Ruslan Ruslanovich, student, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia

Shurin Maxim Nikolaevich, graduate student, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia

УДК 622.24

Фазлыев А.И., Саитова Р.Р., Серебряков Н.А., Кантемиров Д.Р.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Анализ применения долот линейки axeblade с гребнеобразной пластиной

Аннотация: Современные технологии бурения скважин предъявляют высокие требования к эффективности процесса бурения, особенно при работе в сложных геологических условиях. В таких ситуациях важное значение имеет выбор буровых инструментов, способных обеспечить высокую скорость проходки, минимизировать износ оборудования и улучшить общие показатели бурения. Одним из инновационных решений в этой области является применение буровых долот типа Axeblade.

Ключевые слова: Долото, режущая поверхность, бурение скважин, направленное бурение.

Fazlyev A.I., Saitova R.R., Serebryakov N.A., Kantemirov D.R.

Analysis of the application of axeblade chisels with a comb-shaped plate

Abstract: Modern well drilling technologies place high demands on the efficiency of the drilling process, especially when operating in difficult geological conditions. In such situations, it is important to choose drilling tools that can provide high penetration speeds, minimize equipment wear, and improve overall drilling performance. One of the innovative solutions in this area is the use of Axeblade type drilling bits. The AxeBlade series chisels, equipped with unique 3D cutting inserts, are designed to increase the mechanical drilling speed and provide better control of the BHA during directional drilling. Figure 1 shows a 155.6mm X613 (6-1/8") IADC M333 chisel.

Keywords: Chisel, cutting surface, well drilling, directional drilling.

Долота серии AxeBlade, оснащенные уникальными 3D режущими вставками, предназначены для увеличения механической скорости бурения и обеспечения лучшей управляемости КНБК при направленном бурении. На рисунке 1 представлено долото 155,6 мм X613 (6-1/8") IADC M333.

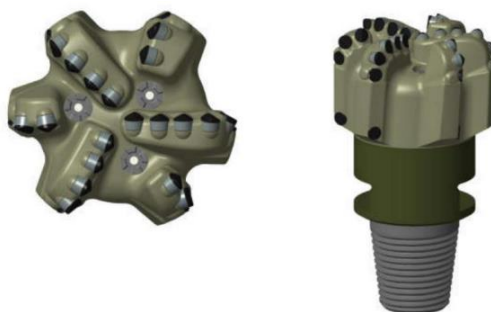


Рисунок 1 – 155,6 мм X613 (6-1/8") IADC M333

Конструктивные особенности:

– долото прошло сертификацию в программе IDEAS путем симуляции процесса бурения;

– уникальная форма резцов Ахе обеспечивает более эффективное разрушение горной породы за счет сочетания режущей и скалывающей механики воздействия резца на породу. Гамма применяемых долот представлена на рисунке 2.

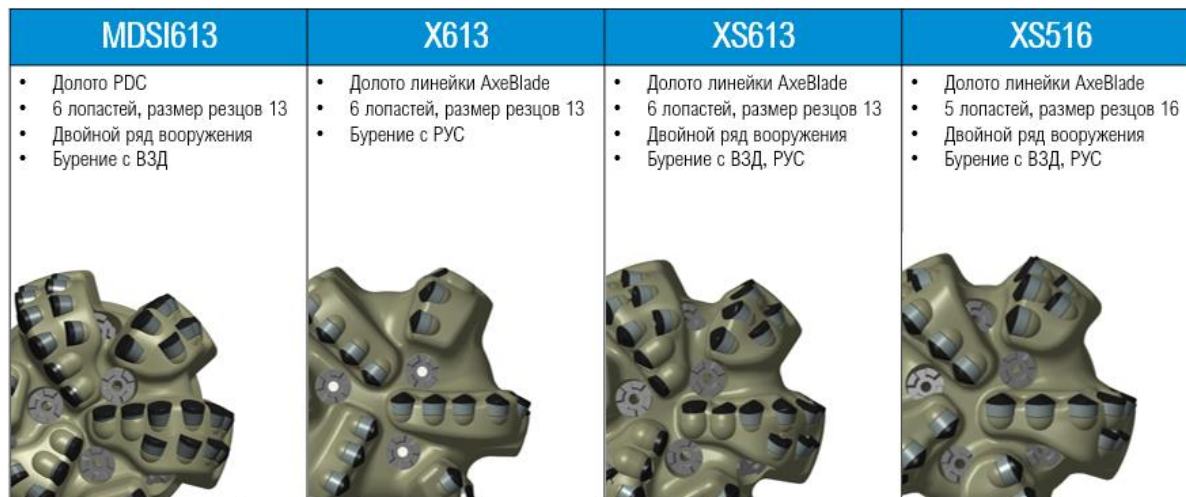


Рисунок 2 – Бурение секции 155,6 мм, гамма применяемых долот

Таблица 1 – Технические характеристики

Технические характеристики	Параметры
Количество резцов	25
Количество элементов Ахе	18
Размер резцов	13 мм
Резцов на лицевой части	(13 мм) 10
Резцов на внутреннем конусе	(13 мм) 9
Калибрующих резцов	(13 мм) 6
Количество лопастей	6
Насадки	3 шт. серии 50N
Площадь межлопастного пространства	7.246 кв. дюйм
Присоединительная резьба	3-8 (3-1/2 API)
Калибрующая часть	50.8 мм с защитной опцией
Скорость вращения	от 100 до 300 об/мин
Осевая нагрузка на долото	от 2 до 10 т
Подача промывочной ж-ти	от 10 до 20 л/с
Удельная гидравлическая мощность (HSI)	до 6

Для повышения механической скорости проходки (МСП) во время бурения на Ярактинском месторождении компании «ИНК-СЕРВИС» необходимо учитывать сложные геологические условия. Породы с высоким пределом прочности на сжатие от 68,95 до 172,37 МПа создают вызовы, особенно в горизонтальных интервалах.

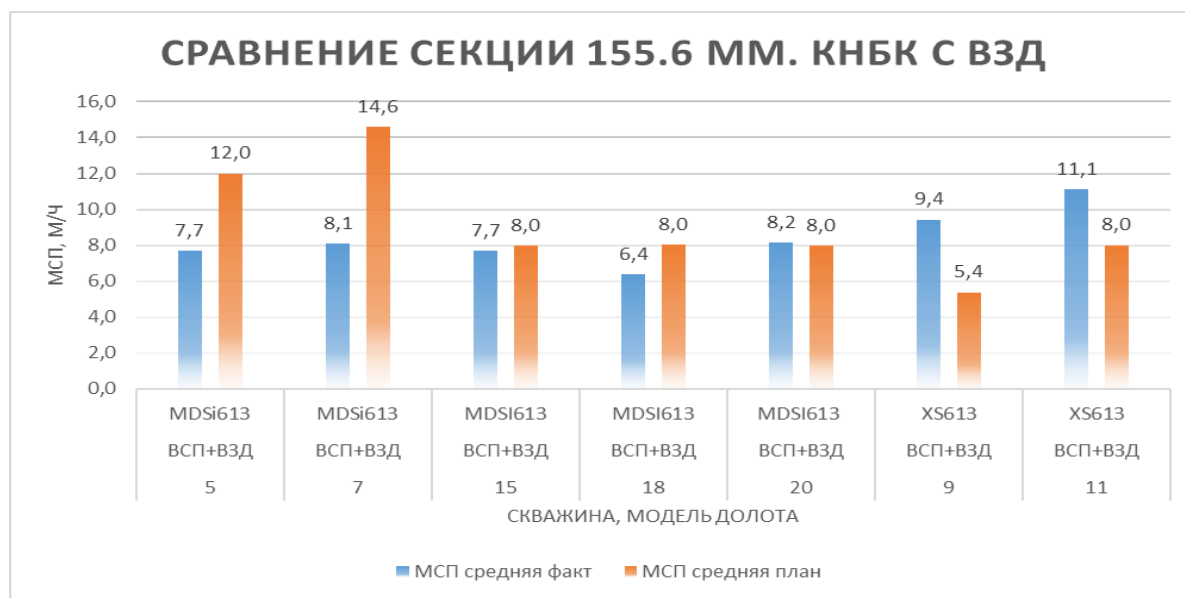
Оптимизация параметров бурения, таких как гидравлическая мощность и очистка режущей структуры долота, критически важна для повышения производительности и продления срока службы долота. Эти меры позволяют сократить количество рейсов и улучшить общие результаты бурения.

Скважина № 19 с резцом X613 показала наибольший прирост скорости проходки, достигая 29,6 м/ч, что на 10,2 м/ч выше планового значения. Это говорит о высокой эффективности использования данного резца в сложных геологических условиях. Скважина № 1 также с резцом X613 показала хороший прирост скорости (+5,9 м/ч).

Резцы MDSI613 демонстрируют низкую МСП по сравнению с резцами Ахе, как видно из скважин 5, 20 и 24, где фактическая скорость проходки значительно ниже, а прирост скорости в большинстве случаев отрицательный или очень низкий.

Резцы Ахе, такие как XS613, показали лучшую производительность по сравнению с MDSI613. В частности, в скважине № 9 резец XS613 достиг скорости 9,4 м/ч, что на 4 м/ч выше планового значения, что подчеркивает его эффективность.

Резец XS516 в скважине 8 продемонстрировал меньший прирост скорости, близкий к плановому, однако общий показатель остается приемлемым. Замечено, что на больших глубинах (свыше 2500 м) резцы Ахе показывают более высокие результаты по сравнению с традиционными резцами. Это указывает на их предпочтительность при бурении в сложных условиях. В среднем резцы Ахе (XS613 и XS516) показывают более высокую МСП по сравнению с MDSI613. Например, в скважинах с резцами Ахе скорость проходки превышает 20 м/ч, тогда как с резцами MDSI613 – часто не превышает 10 м/ч.



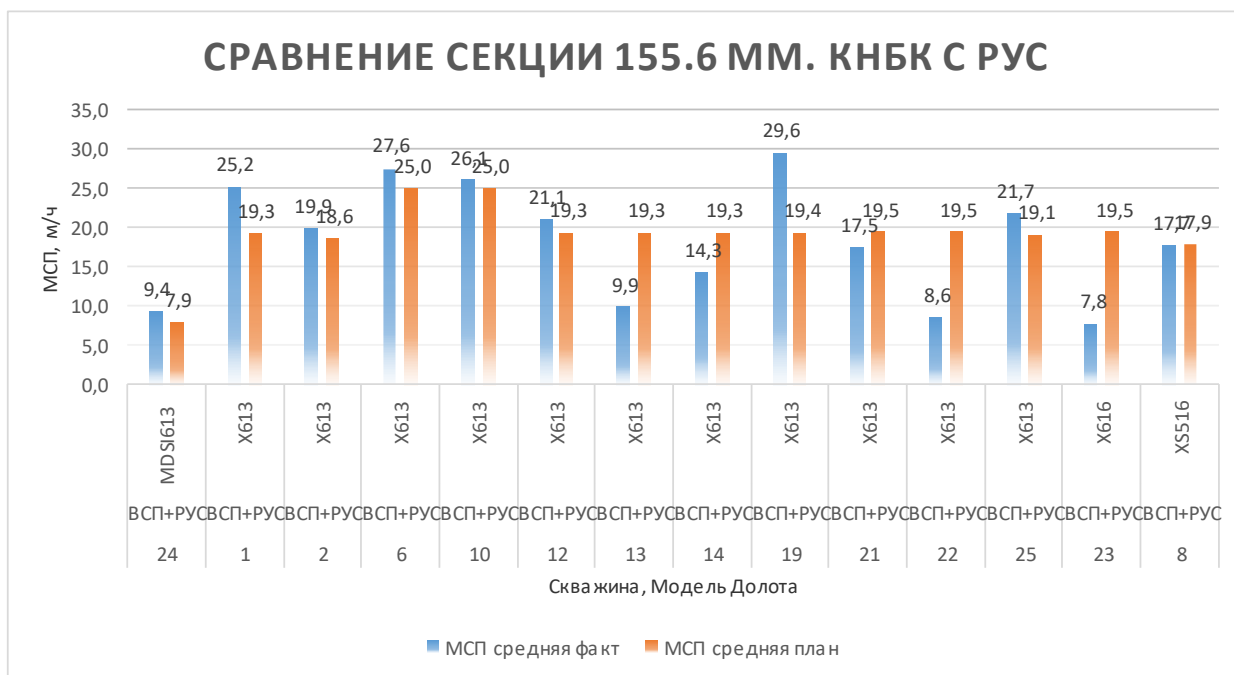


Рисунок 2 – Сравнение секции 155.6 мм. КНБК, Рисунок 3 – Сравнение секции 155,6 мм. КНБК с РУС

Резцы Ахе XS613 представляют собой одну из новейших разработок, ориентированных на эффективное бурение в условиях сложных пород, таких как песчаники с пропластками аргиллита. Эти резцы обладают уникальной геометрией, которая позволяет обеспечить более эффективное разрушение породы за счет сочетания резания и скалывания. Это свойство делает их особенно полезными при бурении в условиях высокой прочности на сжатие. Резцы Ахе XS613 продемонстрировали высокую механическую скорость проходки (МСП) в различных интервалах, что позволило значительно увеличить производительность при бурении. Данные резцы также обеспечивают отличную гидравлическую мощность и минимизируют образование сальников, что позволяет продлить срок службы долота.

Резцы Ахе XS516 также обладают высокой эффективностью при бурении в сложных геологических условиях. Они имеют более агрессивную конфигурацию и разработаны для работы в условиях высоких нагрузок. Эти резцы подходят для бурения в пористых и абразивных материалах, обеспечивая надежное разрушение породы и минимизируя риск повреждения долота. В ходе эксплуатации резцы XS516 показали отличные результаты по сравнению с традиционными PDC резцами, что позволило повысить общую производительность буровых работ. Они также обладают хорошей стойкостью к абразивному износу, что способствует снижению частоты замен долота.

Резцы MDSI613 являются традиционными инструментами для бурения, которые все еще находят свое применение в различных условиях.

Эти резцы предназначены для работы в менее сложных геологических условиях, где не требуется высокая прочность и агрессивность резца. Они обеспечивают стабильную механическую скорость проходки, но не могут соперничать с новыми разработками, такими как Ахе. В процессе бурения в интервалах с высоким пределом прочности на сжатие, резцы MDSI613 демонстрировали меньшее значение МСП по сравнению с Ахе, что указывает на их ограниченные возможности в сложных условиях. Однако они могут быть более экономически выгодными при бурении в менее сложных условиях.

Резцы X613 обладают универсальным дизайном, который позволяет им работать в различных геологических условиях. Эти резцы часто применяются в случаях, когда необходимо сочетание производительности и стоимости. Они могут эффективно бурить как в песчаниках, так и в более мягких глинах. В ходе эксплуатации на Ярактинском месторождении, резцы X613 показали неплохие результаты по сравнению с более специализированными резцами Ахе. Тем не менее, их производительность была ниже, что подчеркивает необходимость более тщательного выбора резца в зависимости от условий бурения. Резцы X613 также показывают достаточную стойкость к износу, однако в условиях высокой абразивности они могут требовать более частой замены.

Коды износа, указанные в таблице, предоставляют важную информацию о степени износа каждого типа резца. Например, резцы Ахе XS613 и XS516, как правило, имеют более низкие коды износа благодаря своей высокой стойкости к абразивному износу и эффективному разрушению породы. В то время как резцы MDSI613 и X613 показывают более высокие коды износа, что может указывать на их меньшую эффективность в сложных условиях. Это позволяет сделать вывод о том, что при выборе резца для бурения на Ярактинском месторождении следует учитывать как механическую скорость проходки, так и потенциальные риски износа.

Каждый вид резца, использованный на Ярактинском месторождении, имеет свои уникальные особенности и преимущества. Резцы Ахе XS613 и XS516 обеспечивают высокую производительность и эффективность в сложных геологических условиях, в то время как MDSI613 и X613 могут быть более целесообразными в менее сложных сценариях. Важно учитывать эти факторы при планировании буровых работ и выборе подходящего инструмента, чтобы максимально оптимизировать процесс бурения и сократить временные и финансовые затраты.

Выводы

Исследование показало, что выбор типа бурового резца существенно влияет на механическую скорость проходки (МСП) и эффективность

бурения. Резцы Ахе (XS613 и XS516) продемонстрировали высокие результаты по сравнению с традиционными резцами MDSI613 и X613, особенно в сложных геологических условиях.

Резцы Ахе обеспечили увеличение МСП и сокращение количества рейсов при бурении пород с высоким пределом прочности на сжатие. Это позволяет сократить затраты на бурение и повысить производительность.

Код износа резцов также подтвердил, что резцы Ахе имеют большую стойкость к абразивному износу, что приводит к снижению частоты замены долота. В то время как MDSI613 и X613 показали меньшую стойкость и более высокие коды износа, указывая на необходимость их более частой замены.

Практическое применение на Ярактинском месторождении: Данные резцы были успешно применены в бурении на Ярактинском месторождении, где условия требуют высокой прочности и эффективности. Анализ данных о скважинах подтвердил, что использование более современных резцов Ахе значительно повысило общую производительность буровых работ.

Рекомендуется при планировании буровых работ в сложных условиях отдавать предпочтение резцам Ахе, учитывая их высокую эффективность и низкие коды износа. Также целесообразно проводить регулярный мониторинг состояния резцов для оптимизации процесса бурения. Повышение МСП и сокращение количества рейсов ведут к снижению затрат на бурение, что в свою очередь положительно сказывается на общей экономике проекта.

Необходимость проведения дополнительных исследований для оценки долгосрочной эффективности и износа различных типов резцов в разных геологических условиях, а также возможность применения новых технологий и материалов для повышения производительности бурения.

Список литературы

- 1 Буренков, Н.Н. Режущая часть долота PDC: оптимизация геометрических параметров / Н.Н. Буренков. Oil and Gas Journal Russia. – 2013. – No 5. – С. 56–58.
- 2 Третьяк, А.Я. Инновационные подходы к конструированию высокоэффективного породоразрушающего инструмента / А.Я. Третьяк, В.В. Попов, А.Н. Гроссу, К.А. Борисов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – No 8. – С. 225–230.
- 3 Нескромных, В.В. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ / В.В. Нескромных. – Красноярск, СФУ, 2012. – 300 с.
- 4 Нескромных, В.В. Аналитическое исследование процесса резания-скалывания горной породы долотом с резцами PDC / В.В. Нескромных. Известия Томского политехнического университета. 2013, Т323, № 1 с.191-195
5 Спирин В.И. Способ изготовления алмазного породоразрушающего инструмента. / В.И. Спирин, В.И. Власюк, Д.М. Левин, Ю.Е. Будюков и др. Патент РФ на изобретение № 2202440. Бюл. изобр., 2003, №11

- 6 Belnap D., Griffo A. Homogeneous and structured PCD/WC-Co materials for drilling // Diamond and Related Materials. – 2004. – V. 13. – No 10. – P. 1914–1922.
- 7 Третьяк, А.А. Повышение надёжности буровых коронок, оснащенных алмазотвердосплавными пластинами / А.А. Третьяк. Управление качеством в нефтегазовом комплексе. № 3-4, 2017. – С. 58–61.
- 8 Шарипов А.Н. Долота для бурения по твердым породам / А.Н. Шарипов, Р.Р. Мингазов // Бурение & нефть. – 2012. – № 12. – С. 46–48.

Сведения об авторах:

Фазлыев А.И., студент Уфимского государственного нефтяного технического университета, Уфа, Россия

Саитова Р.Р. студент Уфимского государственного нефтяного технического университета, Уфа, Россия

Серебряков Н.А., студент Уфимского государственного нефтяного технического университета, Уфа, Россия

Кантемиров Д.Р., студент Уфимского государственного нефтяного технического университета, Уфа, Россия

Fazlyev A.I., student of Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Saitova R.R. is a student at Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Serebryakov N.A., student of Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Kantemirov D.R. student of Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

УДК 637.13

Умерова Р.М., Шмелева А.М., Лысенко С.Е.
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,
Россия

Физико-химические показатели питьевого молока, реализуемого в торговой сети города Симферополь

Аннотация. В статье приведены результаты физико-химических показателей питьевого молока с массовой долей жира 1,5%, 2,5%, 3,2% разных изготовителей: «Артек», «Джанкойское молоко», «Университетское молоко», «Долина Легенд» - Республика Крым; «Здоровье из Предгорья» и «Кубанская Буренка» Краснодарский край; «Белый Медведь» г. Ростов-на-Дону; «Мелитопольское» г. Мелитополь; «Белорусское» Республика Беларусь, реализуемых в г. Симферополь. Установлено соответствие упаковки и маркировки требованиям действующих технических регламентов.

Результаты качественной экспертизы исследуемых 10 образцов питьевого молока подтвердили их несоответствие по жиру требованиям ГОСТ 31450-2013.

Нормам ГОСТа по всем проверяемым параметрам соответствовало молоко ТМ «Мелитопольское».

Ключевые слова: питьевое молоко, ГОСТ, Лактан 1-4, физико-химические показатели, контроль.

Umerova R.M., Shmeleva A.M., Lysenko S.E.

Physico-chemical parameters of drinking milk sold in the simferopol retail chain

Abstract. The article presents the results of a study of physico-chemical parameters of drinking milk with a mass fraction of 1.5%, 2.5%, 3.2% fat from different manufacturers.: «Artek», «Dzhankoy milk», «University Milk», «Valley of Legends» - Republic of Crimea; «Health from the Foothills» and «Kuban Burenka» - Krasnodar Territory; «White Bear» - Rostov-on-Don; «Melitopolskoye», Melitopol; «Belorusskoye», Republic of Belarus, for sale in Simferopol. The conformity of packaging and labeling with the requirements of the current technical regulations has been established.

The results of the qualitative examination of the examined 10 samples of drinking milk confirmed their non-compliance in fat content with the requirements of GOST 31450-2013. The milk of the «Melitopolskoye» brand met GOST standards for all tested parameters.

Keywords: drinking milk, GOST, Lactane 1-4, physico-chemical parameters, control.

Введение. В настоящее время контроль качества, обнаружение и устранение фальсификаций на рынке молочной продукции являются весьма актуальными. Это обусловлено рядом причин: создание новых технологий и расширяющийся ассортимент продуктов, использование пищевых добавок, также загрязнение окружающей среды. При этом от качества пищевых продуктов, в том числе молока питьевого, зависят нормальное развитие организма, здоровье и трудоспособность человека [6, с. 293].

Очень часто при производстве молока недобросовестные производители используют консервирующие добавки: диоксид серы, пропионат калия и натрия, низин и т.д. Другой актуальной проблемой является внесение в молочные продукты пальмового масла. За счёт высокой температуры плавления пальмовый жир при попадании в человеческий организм не перерабатывается. Он накапливается в стенках сосудов, провоцирует повышение веса и может вызвать развитие сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Обзор литературы свидетельствует о чрезмерном содержании антибиотиков в молочных продуктах. Антибиотики, попадая в организм человека, могут вызвать ряд нежелательных последствий [5, с. 70].

К обязательным требованиям на питьевое молоко относят наличие деклараций: о соответствии требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции, декларация о соответствии требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», декларация о соответствии требованиям ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», ветеринарные сопроводительные документы [2, с. 42], [3, с. 1], [4, с. 1].

Кроме того, для повышения доверия потребителей молока и молочной продукции является сертификат соответствия. На территории РФ молоко изготавливается по ГОСТу 31450-2013 «Молоко питьевое», СТО, ТУ [1, с. 2].

Цель работы. Определить качество питьевого молока разной жирности, соответствие показателей питьевого молока, указанным таковыми производителем, поступающих в реализацию торговой сети города Симферополь.

Задача исследования. Определить физико-химические показатели питьевого молока.

Методика исследования. Исследования проводили 14 апреля 2025 года на кафедре микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского». Материалом для исследования послужили 11 проб питьевого молока с жирностью 1,5%, 2,5% и 3,2%. Качество молока определяли по ГОСТу РФ 31450-2013 в пробах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11; по СТБ 1746-2017 в пробах 8 и 9; по ТУ 10.5111-191-05268977-2016 в пробе 7. Показатели массовой доли жира, плотность, СОМО, температуру замерзания, % добавленной воды, массовую долю белка определяли на приборе – Лактан 1-4.

Характеристика образцов молока:

«Артек» - Производитель: ООО «Юг Крым», Раздольненский район, Республика Крым.

Молоко упаковано в мягкий пакет объемом 900 мл, стоимостью 99 рублей, его сроки годности с 13.04.2025 по 23.04.2025.

«Джанкойское молоко» - Производитель: ООО «НОВАТОР», г. Джанкой, Республика Крым.

Молоко упаковано в мягкий пакет объемом в 900 мл, стоимостью – 120 рублей, его сроки годности с 11.04.2025 по 21.04.2025.

«Университетское молоко» - Производитель: ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» Институт «Агротехнологическая академия», г. Симферополь, Республика Крым.

Молоко упаковано в мягкий пакет объемом в 450 мл, стоимостью- 40 рублей, его сроки годности с 14.04.2025 по 17.04.2025.

«Долина Легенд» - Производитель: ООО «Юг Крым», Раздольненский район, Республика Крым.

Молоко упаковано в пластиковые бутылки (ПЭТ) объемом в 900 мл, стоимостью – 112 рублей, его срок годности с 10.04.2025 по 20.04.2025.

«Здоровье из Предгорья» - Производитель: ООО «Маслозавод «Абинский», Краснодарский край, г. Абинск.

Молоко упаковано в пластиковые бутылки (ПЭТ) объемом 900 мл, стоимостью – 99 рублей, его срок годности с 06.04.2025 по 18.04.2025.

«Кубанская Бурёнка» - Производитель: АО «Вимм-Билль-Данн», г. Тимашевск, Краснодарский край.

Молоко упаковано в пластиковую бутылку (ПЭТ) объемом 900 мл, стоимостью – 129 рублей, его срок годности с 10.04.2025 по 26.04.2025.

«Белый Медведь» - Производитель: ООО ТД «Арктика», г. Ростов-на-Дону.

Молоко упаковано в пластиковую бутылку (ПЭТ) объемом 900 мл, стоимостью – 89 рублей, его срок годности с 08.04.2025 по 26.04.2025.

«Мелитопольское» - Производитель: ООО «Мелитопольский молокозавод», г. Мелитополь.

Молоко упаковано в мягкий пакет объемом 900 мл, стоимость 3,2% - 120 рублей и сроком годности с 01.04.2025 по 12.04.2025, а 2,5% - 107 рублей и сроком годности с 30.03.2024 по 10.04.2025.

«Белорусское» - Производитель: ОАО «Молочный мир», Республика Беларусь.

Молоко упаковано в Тетра Пак объемом 1 л, стоимость 1,5% - 100 рублей и сроком годности с 13.01.2025 по 13.01.2026, а 3,2% - 130 рублей и сроком годности с 11.08.2024 по 11.08.2025.

Восемь проб молока изготовили по требованиям ГОСТ РФ, две пробы – по СТБ и одна по ТУ.

Результаты исследований. Результаты физико-химических исследований питьевого молока представлены в таблице.

Таблица 1. Физико-химические показатели исследуемых проб молока

№ пр об	Торговая марка молока	Массовая доля жира, %	Плотность, °А	СОМО, %	Массовая доля белка, %	Количество добавленной воды, %	Температура заморзания, °С
1	Молоко «Артек», 2,5%	3,05	29,88	8,62	3,24	0	- 0,53
2	«Джанкойское молоко», 2,5%	3,00	30,81	8,86	3,40	0	- 0,53
3	«Университетское молоко», 2,5%	2,62	31,09	8,87	3,49	0	- 0,53
4	Молоко «Долина легенд», 2,5%	2,73	29,25	8,39	3,22	0	- 0,53
5	Молоко «Здоровье из предгорья», 2,5%	2,82	30,04	8,62	3,33	0	- 0,53
6	Молоко «Кубанская буренка», 2,5%	2,75	29,86	8,56	3,28	0	- 0,53
7	Молоко «Белый медведь», 2,5%	2,67	32,13	9,16	3,53	0	- 0,53
8	«Мелитопольское молоко», 3,2%	3,20	28,90	8,39	3,20	0	- 0,53
9	«Мелитопольское молоко», 2,5%	2,41	30,38	8,64	3,33	0	- 0,53
10	«Белорусское молоко», 3,2%	3,63	29,18	8,53	3,20	0	- 0,53
11	«Белорусское молоко», 1,5%	1,67	32,33	9,03	3,50	0	- 0,53
Норма			28,0 <	8,2 <	3,0	0	От (- 0,51) до (- 0,58)

Из приведенной таблицы видно, что заявленное на маркировке содержание жира с фактическим не совпадало в 10 образцах. Это указывает на нарушение рецептуры при нормализации питьевого молока. Содержание жира в 9,09% проб занижено на 0,09%, в 81,81% исследуемого молока жир завышен от 0,05% до 0,55% и не соответствует показателю, указанному на упаковке (2,5%, 3,2%, 1,5%). Из 11 проб по жиру «Мелитопольское молоко» соответствует ГОСТу.

Качество молока оценивается по СОМО (сухой обезжиренный молочный остаток), который по Техническому регламенту Таможенного Союза «О безопасности молока и молочной продукции» должен быть не менее 8,2%. В данном случае пастеризованное молоко всех 11 проб соответствуют стандарту.

Плотность является показателем натуральности молока. При содержании жира 2,5%, она должна составлять не менее 28,0°А, при 3,2% жира – 27,0°А. Данный показатель используется для определения фальсификации молока. В исследуемых образцах плотность соответствует норме, однако, она может снижаться при добавлении воды. Во всех 11 образцах плотность соответствует стандарту. В представленных пробах

молока воды не выявлено. Массовая доля белка в молоке всех торговых марок соответствует нормам.

Вывод. Таким образом, десять представленных образцов питьевого молока разных торговых марок РФ и Республике Беларусь по физико-химическим показателям не соответствует ГОСТ 31450-2013 на питьевое молоко. «Мелитопольское» молоко с массовой долей жира 2,5% выпускается по выше указанному ГОСТу. С целью обеспечения качества пастеризованного молока специалистам молочной промышленности необходимо контролировать его на содержание жира.

Список литературы

1. ГОСТ 31450-2013 «Молоко питьевое. Технические условия» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103303> (дата обращения 29.04.2025)
2. ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» // Стандарты и качество. – 2013. – № 8. – С. 42-43. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения 29.04.2025)
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499050562> (дата обращения 29.04.2025)
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения 29.04.2025)
5. Самусенко, Л. Д. Качество и безопасность молока: основа продовольственной безопасности [Электронный ресурс] / Л. Д. Самусенко, С.Н. Химичева // Вестник аграрной науки. 2018. – С. 70. URL: <http://dx.doi.org/10.15217/48484> (дата обращения 29.04.2025)
6. Ширина, А. А. Актуальность новых правил ветеринарно-санитарной экспертизы молока и молочных продуктов / А. А. Ширина, А. А. Лысенко // Здоровье сберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции: Сборник статей по материалам Всероссийской конференции с международным участием, Краснодар, 19 ноября 2021 года. – Краснодар: Трубилин, 2021. – С. 292-295. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47694718> (дата обращения 29.04.2025)

Сведения об авторах:

Умерова Реана Мустафаевна, студент ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Шмелева Анастасия Максимовна, студент ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Лысенко Светлана Евгеньевна, кандидат ветеринарных наук, доцент студент ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Umerova Reana Mustafaevna, student FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Russia

Shmeleva Anastasia Maksimovna, student FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Russia

Lysenko Svetlana Evgenievna, Candidate of Veterinary Sciences, Docent, FSAEI HE «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Russia

УДК 81-2

Кочарян Ю.Г., Капитонова М.С.

Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Английский язык как глобальный язык программирования

Аннотация: В условиях глобализации IT-индустрии владение английским языком становится критически важным для специалистов в области программирования. В статье исследуется феномен английского языка как основного средства коммуникации и разработки в мировом IT-сообществе. Рассматриваются различные аспекты его доминирования, а также практические преимущества и ограничения. Особое внимание уделяется актуальности знания английского языка для карьерного роста и участия в международной IT-среде. Кроме того, анализируются современные тенденции в развитии различных технологий и образовательных ресурсов, направленных на снижение языкового барьера.

Ключевые слова: английский язык, программирование, глобальный язык, языки программирования, информационные технологии.

Kocharyan Y.G., Kapitonova M.S.

English as a global programming language

Abstract: With the globalization of the IT-industry, proficiency in English is becoming critical for programmers. The article explores the phenomenon of English as a primary means of communication and development in the world's IT-community. The various aspects of its dominance, as well as practical advantages and limitations, are discussed. Special attention is given to the relevance of English language skills for career development and participation in the international IT-environment. In addition, current trends in the development of various technologies and educational resources aimed at reducing the language barrier are analyzed.

Keywords: English language, programming, global language, programming languages, information technologies.

Введение

Программирование в современном мире давно перестало быть исключительно технической деятельностью, превратившись в особый способ взаимодействия между человеком и компьютером. Работа разработчиков тесно связана с английским языком. Они изучают образовательные материалы, читают техническую документацию, а также общаются в тематических сообществах преимущественно на английском языке. Необходимо понимать, какую роль играет английский язык в развитии сферы информационных технологий. В настоящее время, английский язык перестал быть просто средством международного общения, он стал важной и неотъемлемой составляющей IT-сферы.

Целью данной статьи является определение роли английского языка в развитии информационных технологий. В работе будут рассмотрены исторические предпосылки его доминирования в программировании, его текущее использование в этой области, преимущества и недостатки, перспективы его использования в будущем.

Исторические предпосылки

Становление английского языка как глобального языка программирования нельзя назвать случайным. Это закономерный результат ряда исторических событий.

Первые электронные вычислительные машины начали появляться в Великобритании, Канаде и Соединенных Штатах Америки в середине прошлого века. Процесс написания программ для них был довольно сложным и занимал много времени. В связи с этим возникла необходимость в поиске более простого решения. Таким решением стал язык FORTRAN. Он содержит английские ключевые слова, такие как `do`, `if` и `end`. Со временем появились более развитые языки высокого уровня, такие как COBOL, C и Java, которые также используют английскую лексику. В COBOL встречаются слова `display`, `perform`, `call`, а в C и Java – `return`, `class`, `main`). Языки разметки и оформления, такие как HTML и CSS, также используют ключевые теги и атрибуты на английском языке. Например, тег `<img>` (от англ. `image`) используется для добавления картинки на страницу, атрибут `href` (от англ. `hypertext reference`) указывает адрес ссылки, а атрибут `hidden` скрывает элемент.

Важную роль сыграло и развитие аппаратного обеспечения. Первые компьютерные интерфейсы и устройства ввода-вывода были разработаны с учетом английских наборов символов. Именно поэтому программное обеспечение, протоколы и большая часть цифрового контента изначально создавались на английском языке. Эти исторические решения заложили прочный фундамент для доминирования английского языка в современной IT-индустрии.

Таким образом, именно англоязычные страны стояли у истоков создания языков программирования. Со временем переменные, ключевые слова, команды и комментарии повсеместно стали писаться на английском языке, а англоязычный синтаксис стал стандартом.

Примечательно, что языки программирования, возникшие в неанглоязычных странах, такие как Python (Нидерланды) и Ruby (Япония), также используют английские ключевые слова. Это объясняется уже сложившейся международной практикой.

Таким образом, ключевая роль англоязычных стран в разработке первых компьютеров и дальнейшем формировании IT-индустрии предопределила использование синтаксиса и лексики, близких к их родному языку, в языках программирования. Это заложило прочную основу того, что английский язык стал не только базой для создания программного обеспечения, но и международным языком разработчиков во всем мире.

Английский язык: фундамент современного программирования

Сегодня английский язык остается основой для большинства популярных языков программирования. Многие синтаксические конструкции, такие как `if`, `else`, `for`, `while`, `return`, `class`, `function`, а также распространенные названия функций, классов и переменных в популярных

библиотеках и фреймворках (например, `request`, `response`, `user_id`, `get_data`), представляют собой простые английские слова или выражения. Это означает, что для эффективного написания и понимания кода программистам необходимо владеть определенным запасом английских слов и грамматических структур. Английский язык закрепился как основа для языков программирования, на которых разрабатываются программы, так как для написания хорошо структурированного и грамотного программного кода специалисту необходимо хорошо разбираться в синтаксисе и семантике языка программирования, используя огромное число наименований на английском языке [1]. Такой подход не только упрощает чтение и понимание кода, но и делает его более универсальным и понятным для международного сообщества. Широкое применение английского языка способствует стандартизации и формирует единообразие в написании программного кода. Знание английского языка значительно облегчает понимание смысла названий методов и функций (например, `createUser()`, `updateProfile()`). Начинающим разработчикам это помогает не просто запоминать, а понимать написанный код. Опытным специалистам это обеспечивает более глубокое осознание логики и интуитивный выбор подходящих методов, опираясь на их прямой смысл (например, `sort`, `filter`, `map`).

Документация к языкам программирования, фреймворкам, библиотекам и инструментам, как правило, пишется на английском языке. А также наиболее актуальная и востребованная информация чаще всего первоначально публикуется на английском языке, а затем адаптируются для аудитории, говорящей на других языках.

Особое значение английский имеет и в профессиональных сообществах разработчиков – онлайн платформы, такие как Stack Overflow и GitHub, многочисленные блоги и форумы, где разработчики обмениваются знаниями и опытом, преимущественно используют английский язык как средство коммуникации.

Даже в тех случаях, когда интерфейсы интегрированных сред разработки или сообщения об ошибках локализованы на другие языки, внутренняя логика и ключевые термины программирования остаются англоязычными. Таким образом, английский язык продолжает быть не просто предпочтительным, а зачастую необходимым условием для профессионального роста и эффективной работы в IT-индустрии.

Преимущества английского языка как глобального языка программирования

Доминирование английского языка в программировании предоставляет ряд значительных преимуществ для IT-индустрии. Один из главных преимуществ является распространенность английского языка. Это делает программирование доступным для большого количества людей. В 2025 году насчитывается около 1,5 миллиарда человек, для которых английский язык является родным или вторым языком. Стоит отметить, что английская

грамматика достаточно проста, а для ее изучения доступно большое количество ресурсов. Это позволяет начинающим разработчикам относительно легко освоить необходимый минимум знаний для работы в IT-сфере.

Английский язык способствует развитию международного сотрудничества. Большинство разработчиков обладают базовыми знаниями английского языка. Это безусловно упрощает работу над международными проектами. Знание английского разработчиками делает возможным их участие в таких проектах и предоставляет доступ к более высокооплачиваемым вакансиям.

В условиях глобализации и признания английского языка в качестве основного средства международного общения, многие компании предъявляют высокие требования к уровню владения им среди своих сотрудников. Результаты исследования компании W3Techs, проведенного в апреле 2025 года, свидетельствуют о том, что более 49% всех веб-сайтов содержат контент на английском языке.

Программирование побудило некоторых лучше изучать английский и помогло прояснить логическое мышление в отношении естественных языков [2].

Ограничения доминирования английского языка в программировании

Доминирование английского языка в программировании создает и ряд ограничений. Одной из главных проблем является языковой барьер. В неанглоязычных странах проживает значительное количество разработчиков. Но, как мы знаем, документация и образовательные ресурсы в основном доступны в основном на английском языке. Кроме того, коммуникация в профессиональных сообществах также чаще всего осуществляется на английском языке.

Изучать программирование довольно непросто, а необходимость изучения еще и иностранного языка может стать дополнительным препятствием для многих разработчиков. Это может сделать их изолированными от международного IT-сообщества и ограничить возможности для их карьерного роста. Многие вакансии в сфере высоких технологий требуют владения английским языком [3].

Отсутствие знаний английского языка даст о себе знать даже при работе в отечественной фирме, так как при сотрудничестве с зарубежными партнерами возникает необходимости использовать английские комментарии к коду [4].

На начальном этапе обучения и при работе на джуниор-позициях недостаток знания английского языка может быть менее заметен. Для большинства популярных языков программирования доступны учебные материалы, статьи и видеокурсы на различных языках. Однако по мере профессионального роста и углубления в специализацию разработчик

неизбежно сталкивается с необходимостью использования англоязычных ресурсов. Чем выше уровень профессионализма и чем более узкой становится специализация, тем меньше актуальной и специализированной информации, документации и передовых исследований доступно на других языках.

Сохранит ли английский язык свое доминирование в программировании?

Анализируя текущие тенденции и потенциальные изменения в технологическом мире, можно предположить, что английский язык сохранит свою ведущую роль в программировании в ближайшем будущем. Это обусловлено тем, что большинство стандартов (W3C, Google Java Style Guide, OpenAPI Specification), документации (официальные спецификации большинства языков программирования: Java, Python, Kotlin; популярные фреймворки и библиотеки: React, Angular, Vue.js), научных исследований (например, на researchgate.net) опубликованы и продолжают публиковаться на английском языке. В многочисленных онлайн-сообществах, как уже упоминалось ранее, коммуникация людей происходит на английском языке. Большое количество программистов во всем мире уже знают английский язык на базовом уровне, а начинающие разработчики, зачастую, также начинают свое обучение программированию с ресурсов на английском языке.

Стоит отметить, что в мире наблюдается рост повышения доступности программирования для людей, не владеющих английским языком [5]. Ведется разработка локализованных образовательных материалов, например на платформах Coursera и Stepik, документация активно переводится на различные языки, даже осуществляются попытки создать экспериментальные языки программирования с неанглийскими ключевыми словами. Примером может служить русский язык программирования РАПИРА, разработанный в СССР в 1978–1979 годах, испанский объектно-ориентированный язык Lexico, а также язык программирования Nadeshiko, основанный на японском языке.

Но более вероятным сценарием является дальнейшее развитие инструментов автоматического перевода и генерации документации на разных языках. Это позволит в какой-то степени преодолеть языковой барьер и упростить понимание англоязычных ресурсов. Вероятно появление визуальных языков программирования или инструментов low-code/no-code разработки, которые позволят уменьшить зависимость от текстового кода на английском языке.

Заключение

Английский язык сильно повлиял на развитие современных языков программирования. Ряд исторических событий поспособствовал тому, что он стал глобальным языком программирования.

У специалистов, не владеющих английским языком, могут возникать определенные языковые барьеры, однако преимущества его использования в IT-сфере трудно переоценить.

Доминирование английского языка несомненно создает определенные ограничения для специалистов, не владеющих им. Однако эти ограничения значительно уступают преимуществам его использования.

Несмотря на потенциальное развитие технологий перевода и альтернативных подходов к программированию, знание английского языка также останется важным и ценным навыком для большинства разработчиков. Знание английского языка открывает доступ к огромному объему знаний и карьерным возможностям. Он необходим для участия в международных проектах и общения в IT-сообществах. Английский язык – это не просто технический инструмент, это неотъемлемая часть глобальной культуры программирования.

Список литературы

1. Буряк Н.Ю. Роль английского языка в современных технологиях и его влияние на формирование культуры языковой личности it-специалистов // Научный вестник Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт". – Краснодар: Негосударственное аккредитованное некоммерческое образовательное учреждение высшего образования «Академия маркетинга и социально-информационных технологий - ИМСИТ», 2019. – С. 32-36.
2. Philip J. Guo. Non-Native English Speakers Learning Computer Programming: Barriers, Desires, and Design Opportunities // The 2018 CHI Conference. – San Diego: University of California, 2018.
3. Tursunbek Sadridinovich Jalolov. The importance of English in programming // World of Science. – Bukhara: Asian International University, 2024. – С. 128-134.
4. Микитченко С. П., Разинкин В. Б. Английский язык в деятельности программиста // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. – Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2016. – С. 45-49.
5. Qingxuan Kuang, Yuxia Sun. Reformation of Teaching «Introduction to Computer Science» Course at Non-English-Speaking Country // International Journal of Information and Education Technology. – Guangzhou: University of Jinan, 2020. – С. 528-532.

Сведения об авторах:

Кочарян Ю.Г., кандидат филологических наук, доцент, Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Капитонова М.С., магистрант, Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Kocharyan Y.G., Candidate of Philological Sciences, Docent, Sochi State University, Sochi, Russia

Kapitonova M.S., Undergraduate student, Sochi State University Sochi, Russia

УДК 004.89

Прошин А.В., Плотников С.Б.
РТУ МИРЭА, Москва, Россия

Автоматическая генерация ETL-цепочек на основе SQL-запросов из BI-Платформы Apache Superset

Аннотация: Рост популярности self-service BI приводит к тому, что бизнес-пользователи всё чаще формируют модели данных посредством интерактивных SQL-запросов, в то время как построение сопровождающих ETL-конвейеров по-прежнему остаётся задачей инженеров данных. В статье предложен метод автоматической диалектации SQL-запросов Apache Superset в полноценные ETL-цепочки Apache NiFi с последующей материализацией наборов данных в PostgreSQL. Рассматриваются архитектура, алгоритм трансляции семантики SQL в процессные группы NiFi, а также механизм обратной синхронизации метаданных в Superset. Проведено экспериментальное сравнение с ручным проектированием конвейеров; получено сокращение времени публикации набора данных с 18 минут до 47 секунд.

Ключевые слова: ETL-автоматизация, Apache NiFi, Apache Superset, SQL-парсинг, BI-интеграция, metadata-driven ETL, PostgreSQL.

Proshin A.V., Plotnikov S.B.

Automated generation of ETL pipelines from SQL queries In Apache Superset

Abstract: Self-service BI tools allow analysts to create complex SQL queries, yet the corresponding ETL pipelines are still built manually by data engineers. This paper presents an approach that converts Apache Superset SQL queries into executable Apache NiFi workflows, automatically materialising datasets in PostgreSQL and synchronising metadata back to Superset. We describe the system architecture, the SQL-to-NiFi translation algorithm and the metadata feedback loop. Experimental results show a reduction in pipeline delivery time from 18 minutes to 47 seconds compared with manual development.

Keywords: ETL automation, Apache NiFi, Apache Superset, SQL parsing, BI integration, metadata-driven ETL, PostgreSQL.

Практика self-service аналитики смещает ответственность за формирование витрин данных от IT-подразделений к бизнес-пользователям. В результате SQL-запросы, создаваемые в BI-инструментах, становятся точкой истины для отчётности, но не реплицируются в корпоративные ETL-процессы, что вызывает расхождения версий данных, снижение наблюдаемости и рост ручных операций. Задача автоматической трансформации пользовательских SQL-выражений в поддерживаемые ETL-цепочки остаётся актуальной, особенно в средах, где используется связка Apache Superset (визуализация) – Apache NiFi (оркестрация потоков данных) – PostgreSQL (хранилище).

IBM DataStage, Informatica CLAIRE и Talend Data Catalog реализуют limited reverse-ETL, экспортируя данные из BI-дашбордов, но требуют ручного мэппинга полей, не сохраняют бизнес-логику JOIN/WHERE и не поддерживают Superset. Academic works (Zhang et al., 2023;

Huang & Chen, 2024) описывают автоматизированный SQL lineage, но не покрывают генерацию процессоров NiFi. Следовательно, отсутствует методология полного цикла «SQL Superset → иницилируемая ETL-цепочка → обратная регистрация метаданных».

Система развёрнута в формате service mesh (рисунок 1). Все узлы взаимодействуют по gRPC с использованием mTLS; состояние хранится в PostgreSQL (schema etl_registry).

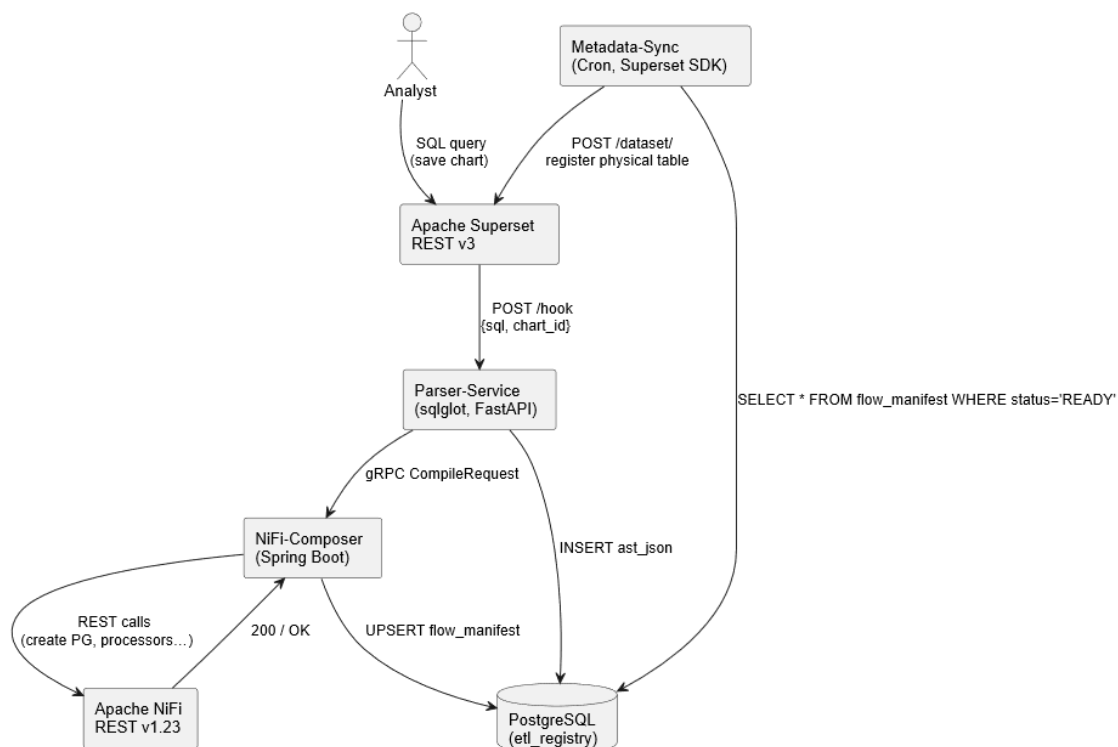


Рисунок 1 — Поток управления

Этапы обработки запроса:

Superset отправляет web-hook с SQL и chart_id.

Parser-Service строит абстрактное синтаксическое дерево (AST), обогащает его схемой БД (через information_schema) и сохраняет JSON-представление.

NiFi-Composer на основе AST генерирует процесс-группу, запускает валидацию и активирует flow.

Metadata-Sync периодически регистрирует материализованную таблицу обратно в Superset, замыкая контур self-service.

Алгоритм:

Парсинг: библиотека sqlglot переводит исходный SQL (PostgreSQL-dialect) в дерево объектов.

Резолвинг имён: каждое упоминание таблицы/колонки проверяется в information_schema; для временных CTE формируется внутренний каталог.

Нормализация: конструкции SELECT * разворачиваются в явные списки столбцов; алиасы приводятся к snake_case, чтобы исключить коллизии при генерации Avro-схемы.

Annotate-phase: для каждого узла дерева вычисляется роль (SOURCE, TRANSFORM, SINK) и порядковый номер топологического слоя.

Листинг 1 — Пример реализации алгоритма

```
def enrich(ast: exp.Select) -> dict:
    layers, lineage = defaultdict(list), []
    for node in ast.walk():
        tag = classify(node) # SOURCE | TRANSFORM | SINK
        layers[tag].append(node)
        lineage.append({"op": tag, "sql": node.sql()})
    return {"layers": dict(layers), "lineage": lineage}
```

Листинг 2 — Пример генерации Avro-схемы

```
def avro_schema(columns: list[ColumnInfo]) -> str:
    fields = [{"name": c.name,
               "type": ["null", map_type(c.pg_type)],
               "default": None} for c in columns]
    return json.dumps({"type": "record",
                       "name": "nifi_schema",
                       "fields": fields})
```

Правила маппинга описаны в таблице 1.

Таблица 1 — Правила маппинга

SQL-элемент	Processor NiFi	Параметры
FROM table	GenerateTableFetch	Database Connection Pool = DBCP, table.name = <i>table</i>
JOIN/UNION	MergeContent	Merge Strategy = <i>Defragment</i> , Correlate = <i>uuid()</i>
Фильтры WHERE, CAST	QueryRecord	Record Reader/Writer = Avro, SQL Query = подзапрос
INSERT ... SELECT	PutDatabaseRecord	Statement Type = UPSERT

Листинг 3 — Пример REST-создания процессора

```
ObjectNode cfg = mapper.createObjectNode();
cfg.put("SQL Query", subQuery);
cfg.put("Record Reader", readerId);
cfg.put("Database Connection Pooling Service", dbcpId);
```

Продолжение листинга 3

```
ProcessorEntity qr = client.processors().create(
    groupId,
    new ProcessorDTO()
        .type("org.apache.nifi.processors.standard.QueryRecord")
        .name("Transform_L" + layer)
        .position(new PositionDTO(x, y))
        .config(new ProcessorConfigDTO().properties(cfg))
```

);

Процессоры соединяются в порядке topological sort AST; для каждого ребра создаётся Connection с relationship success. Если обнаружено перекрёстное использование таблицы, Composer добавляет распределённую очередь (RemoteProcessGroup) и настраивает load-balancing «PARTITION_BY_ATTRIBUTE» по hash(flowFileUUID).

На листинге 4 приведён пример содержания таблицы flow_manifest

Листинг 4 — DDL запрос для flow_manifest

```
CREATE TABLE etl_registry.flow_manifest (  
  id serial PRIMARY KEY,  
  chart_id int NOT NULL,  
  flow_id uuid NOT NULL UNIQUE,  
  target_schema text NOT NULL,  
  target_table text NOT NULL,  
  ast_json jsonb NOT NULL,  
  status text CHECK (status IN ('PENDING','READY','FAILED')),  
  created_at timestamptz DEFAULT now()  
);
```

Как только NiFi-Composer успешно активирует процесс-группу, он отправляет UPDATE ... SET status='READY'. Cron-задача Metadata-Sync каждые 30 с выполняет выборку status='READY', обращается к Superset API /dataset/ (метод POST) и публикует новый физический датасет с привязкой к chart_id.

Идентификатор конвейера вычисляется как sha1(chart_id || sql_text). При повторной генерации Composer вызывает DELETE /process-groups/{id}?recursive=true только если хэш отличается.

В случае ошибки любой фазы Parser/Composer записывается запись в flow_manifest со status='FAILED', что блокирует повторное выполнение до ручного ревью.

ACL в NiFi настраивается автоматически: Superset-user получает роль ROLE_ANALYST_{chart_id}, Composer — ROLE_COMPOSER.

На листинге 5 приведёна инъекция контроллер-сервисов из шаблона

Листинг 5 — Пример инъекции

```
def ensure_cs(group_id: str, kind: str, name: str, props: dict) -> str:  
  existing = nifi.get(f"/process-groups/{group_id}/controller-services").json()  
  for cs in existing['controllerServices']:  
    if cs['component']['name'] == name:  
      return cs['component']['id']  
  # если не найдено – создаём  
  body = {"revision":{"version":0},  
    "component":{"type":kind, "name":name,  
      "properties":props}}  
  return nifi.post(f"/process-groups/{group_id}/controller-services",  
    json=body).json()['component']['id']
```

На рисунке 2 показана диаграмма последовательности обработки алгоритма генерации.

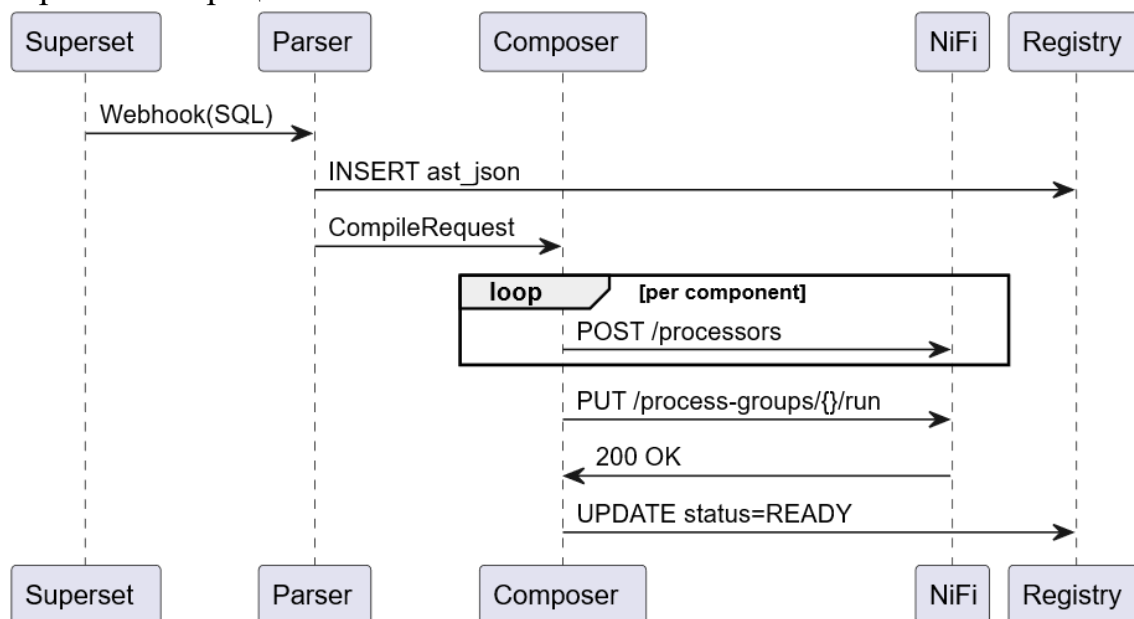


Рисунок 2 — Диаграмма последовательности фазы генерации

На стенде (CPU 16 vCore, RAM 32 GB) воспроизведено 50 SQL-запросов из продакшн-дашборда. Среднее время ручного проектирования конвейера – 18:12 мин, нашего скрипта – 0:47 мин, дисперсия 5,3 с. Итоговое ускорение 23× при неизменной производительности pipeline ($\pm 1,2\%$). На рисунке 3 изображено графическое представление замера времени.

Сравнение времени построения ETL-конвейера



Рисунок 3 — График сравнения алгоритмов построения ETL-конвейера

Разработана и апробирована технология полного цикла, устраняющая ручной зазор между self-service SQL и промышленными ETL. Дальнейшие работы направлены на поддержку CDC-операций и генерацию тестовых сценариев качества данных (DQ) поверх созданных процесс-групп.

Список литературы

1. Apache NiFi User Guide, v1.25.0. URL: <https://nifi.apache.org/docs/nifi-docs/html/user-guide.html> (дата обращения: 18.02.2025)
2. Apache NiFi System Administrator Guide, v1.25.0. URL: <https://nifi.apache.org/docs/nifi-docs/html/administration-guide.html> (дата обращения: 18.02.2025).
3. Apache Superset REST & Async API Reference, rel. 2024.01. URL: <https://superset.apache.org/docs/api> (дата обращения: 18.02.2025)
4. Apache Superset «From SQL Lab to Dashboard» Tutorial (обновл. 2024). URL: <https://superset.apache.org/docs/intro> (дата обращения: 18.02.2025).
5. PostgreSQL 16.8 Documentation. URL: <https://www.postgresql.org/docs/16/index.html> (дата обращения: 18.02.2025).
6. AWS Glue Data Quality Developer Guide, rel. 2023-12. URL: <https://docs.aws.amazon.com/glue/latest/dg/glue-data-quality.html> (дата обращения: 18.02.2025).
7. Transforming Data Flow: Generative AI in ETL Pipeline Automatization URL: <https://webthesis.biblio.polito.it/30855/> (дата обращения: 18.02.2025).
8. Naveen Edapurath Vijayan, Hima Priya Reddyvari “Using Foundation Models to Automate ETL Pipeline Creation, Management” DOI: 10.15680/IJIRSET.2025.1404004. URL: <https://ijirset.com/current-issue.html> (дата обращения: 18.02.2025).

Сведения об авторах:

Прошин Алексей Васильевич, студент РТУ МИРЭА, Москва, Россия

Плотников Сергей Борисович, к.т.н, доцент РТУ МИРЭА, Москва, Россия

Proshin Alexey Vasiliyevich, Student RTU MIREA, Moscow, Russia

Plotnikov Sergey Borisovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor RTU MIREA, Moscow, Russia

УДК 69

Тайгара Р.М.

Международная образовательная корпорация (КазГАСА), Алматы, Казахстан

IoT и автономные строительные площадки: будущее без человеческого фактора?

Аннотация. Современная строительная отрасль активно внедряет передовые технологии, среди которых особое место занимает Интернет вещей (IoT) и автономные строительные площадки. Эти инновации направлены на минимизацию человеческого фактора, повышение точности проектирования, снижение затрат и улучшение безопасности труда. В статье рассматриваются ключевые технологии IoT, их влияние на строительные процессы и перспективы дальнейшего развития автономных систем. Анализируются примеры внедрения автоматизированных решений, их влияние на профессии в строительной сфере, а также возможные ограничения и вызовы. Основное внимание уделяется тому, как цифровизация и автоматизация меняют традиционные подходы к строительству, создавая более эффективную и устойчивую отрасль.

Ключевые слова: Интернет вещей (IoT), автономные строительные площадки, цифровизация, искусственный интеллект, автоматизация, строительные технологии, BIM, строительство.

Taigara R.M.

IoT and autonomous construction sites: a future without the human factor?

Abstract. The modern construction industry is actively implementing advanced technologies, among which the Internet of Things (IoT) and autonomous construction sites occupy a special place. These innovations are aimed at minimizing the human factor, increasing design accuracy, reducing costs and improving occupational safety. The article discusses key IoT technologies, their impact on construction processes and the prospects for further development of autonomous systems. Examples of the implementation of automated solutions, their impact on professions in the construction sector, as well as possible limitations and challenges are analyzed. The focus is on how digitalization and automation are changing traditional approaches to construction, creating a more efficient and sustainable industry.

Keywords: Internet of Things (IoT), autonomous construction sites, digitalization, artificial intelligence, automation, construction technologies, BIM, construction.

Современная строительная отрасль переживает период глубоких изменений, вызванных быстрым развитием технологий, меняющимися рыночными условиями и глобальными вызовами. Важной тенденцией, которая набирает обороты, является внедрение автономных строительных площадок. Этот подход предполагает использование роботизированных систем, искусственного интеллекта, автономных технологий и других

инновационных решений для минимизации человеческого фактора, сократить продолжительность проекта и снизить затраты. Однако их внедрение также ставит перед отраслью новые задачи, связанные с адаптацией персонала, изменениями нормативно-правового регулирования и безопасностью.

Сегодня влияние этих технологий на строительную отрасль уже ощутимо: повышается точность проектирования, уменьшается количество ошибок, улучшаются условия труда и снижается воздействие на окружающую среду. Но что нас ждет в будущем? Как далеко может зайти автоматизация? Какие новые технологии появятся в ближайшие годы? И как изменится роль человека в строительстве?

На сегодняшний день в строительстве востребованы технологий, такие как облачные технологии, специализированное программное обеспечение для управления проектами, Интернета вещей (IoT), широкое использование дронов и сенсоров, а также инновационные методы, такие как 3D-печать зданий. Особое внимание уделяется BIM-технологиям (Building Information Modeling), которые позволяют создавать цифровые двойники объектов и использовать инструменты виртуальной и дополненной реальности для детального анализа и визуализации проектов. Эти инструменты обеспечивают глубокое понимание всех аспектов строительства, начиная от проектирования и заканчивая эксплуатацией объектов.

Технологии будут тщательно отбираться и тестироваться на практике, чтобы выявить наиболее эффективные решения и определить лидеров в этой области. В настоящее время эксперты выделяют некоторые направлений, которые уже активно внедряются и имеют высокий потенциал для дальнейшего развития[1].

Желание сократить затраты, уменьшить сроки реализации проектов и повысить качество результатов мотивирует участников строительной отрасли активно внедрять инновационные решения на всех этапах работ. Это касается как организационных и изыскательских процессов, так и проектирования, строительно-монтажных операций, пусконаладочных мероприятий и других стадий. Использование передовых технологий в строительстве способствует повышению качества и эффективности процессов, сокращению расходов и сроков выполнения проектов. Инновации становятся важным инструментом для достижения устойчивого развития в строительной сфере[2].

Системные инновации обладают значительным потенциалом для достижения более высоких результатов по сравнению с другими формами деятельности. Факторы, характерные для строительной отрасли, которые оказывают влияние на развитие инновационных процессов, подробно представлены на рис. 1[3].



Рисунок 1. Особенности строительства, влияющие на развитие инновационной деятельности в отрасли.[3]

В исследованиях, за основу взял использование Интернета вещей. С помощью Интернета вещей организация могут следить за процессами, управлять информацией из далека и обеспечивать безопасность на рабочем месте (таблица 1).

Таблица 1. Технологии использующиеся в строительстве и их функции. Сделано автором

Технологии IoT	Выполняющие функции
Сенсоры и мониторинг	- Контроль состояния конструкций - Мониторинг оборудования - Контроль окружающей среды
Беспилотная строительная техника	- Экскаваторы, краны и бетономешалки с автоматическим управлением - Контроль окружающей среды
IoT-управление материалами	- Автоматическое отслеживание запасов - Логистика и поставки
Дроны и роботизированные системы	- Мониторинг стройплощадок - 3D-сканирование и картографирование - Инспекция и безопасность

И какие преимущества даёт такой подход в сравнении с традиционными методами управления? Компании используют IoT для создания интегрированных систем управления, где все процессы, от поставки материалов до контроля качества, автоматизированы. А с

помощью IoT - датчиков предупреждают о возможных поломках техники, что позволяет избежать незапланированных простоев[4].

Кроме технологии IoT, популярность набирают автономные строительные площадки. Автономные строительные площадки — это уже не просто концепция, а постепенно становящаяся реальность, благодаря развитию технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT), робототехника и автоматизация. Хотя полностью автономные площадки пока что встречаются редко, многие элементы автономии уже внедряются в строительную отрасль.

В апреле 2020 года, строительная компания в США, сталкивается с проблемами, такими как нехватка квалифицированной рабочей силы, рост затрат на материалы и изменения на рынке. Решением встало внедрение автономных систем, которые повышают эффективность и безопасность на строительных площадках.

Компания SafeAI разработала открытую платформу для автономного управления, в партнерстве с японской строительной компанией Obayashi Corporation, SafeAI создали автономную строительную площадку в США. Такой проект был реализован в ноябре 2020 года с использованием автономного самосвала Caterpillar 725 для выполнения задач по перевозке грузов[5].



Рисунок 2. Разработана первая в мире строительная площадка, где работают только роботы. [5]

Такие решения вдохновляют на создание новых подходов улучшении опыта строительства зарубежных стран. В мировом рынке можно встретить много впечатляющих инновационных решений и продуктов, которые каждый год меняют существующие правила строительства и в других сферах деятельности.

Цифровая трансформация в Республике Казахстан продолжает расти за счет инновационных разработок в стране. При анализе строительной отрасли РК 2024 года, что Казахстан занял 24-ое место по уровню

цифрового развития среди других стран, которые входит в структуру мониторинга Организация Объединенных Наций.

Таблица 2. Основные показатели инновационной активности предприятий

Республика Казахстан	Количество предприятий, единиц	Из них имеющие инновации	Уровень активности в области инноваций, в %
2021 г.	28 203	2 960	10,5
2022 г.	30 750	3 390	11,0
2023 г.	30 610	3 592	11,7

Источник: [6]

За анализируемый период в таблице наблюдается неравномерный рост количества предприятий. С 2021 по 2022 можно увидеть рост предприятий на 2,547 (+9%), что свидетельствует о восстановлении экономики после пандемии. По сравнению с 2022 по 2023 результаты показывают незначительное снижение на предприятий 140 (-0.5%), вероятно, из-за ужесточения рыночных условий или консолидации бизнеса. Но инновационная активность страны при этом стабильно растёт. Количество инновационных предприятий увеличилось на 632 единицы (+21.4% за 3 года), а доля инновационно-активных компаний выросла с 10.5% до 11.7%, демонстрируя постепенное усиление внимания к технологическому развитию. Рост на 1.2 процентов за 3 года может казаться незначительным, но в абсолютных цифрах это увеличение на 432 инновационных предприятия. Для сравнения: в ЕАЭС средний рост инновационной активности за аналогичный период — 0.8–1.0% в год. Это говорит о том, что Казахстан опережает этот тренд.

Таблица 3. Показатели инновационной активности строительных предприятий

Республика Казахстан (Строительство)	Количество предприятий, единиц	Из них имеющие инновации	Уровень активности в области инноваций, в %
2021 г.	5 384	204	3,8
2022 г.	5 859	124	2,1
2023 г.	5 457	173	3,2

Источник: [6]

Если отдельно рассмотреть анализы инновационной активности в строительной отрасли Республики Казахстан (2021–2023 гг.), то можно увидеть колебания числа предприятий в строительном секторе Казахстана. На 2021 г. в Казахстане работают 5 384 строительных предприятий. В 2022 г. количество предприятий рос на 8,8% (до 5 859), а в 2023 г. наоборот идет снижение предприятий на 6,9% (до 5 457). Резкий рост в 2022 году сменился сокращением в 2023-м, что может быть связано с экономическими факторами (инфляция, изменения господдержки) или рыночной консолидацией. В 2022 г. произошел значительный спад

инновационной активности до 2,1%. Несмотря на позитивную динамику в 2023 году частичное восстановление до 3,2%, но уровень инновационной активности в казахстанском строительном секторе остается низким (3,2% против 3,8% в 2021 г.).

Одним из основных двигателем для цифрового развития, был внедрение цифровых технологий (BIM-моделирование). Благодаря этому, в Казахстане с 2023 года BIM стал обязательным для проектировании сложных задач. А с внедрением IoT систем и автономных площадок строительные процессы стали в разы быстрее и производительнее, что также повлияло и на систему традиционных подходов, которые меняются с появлением новых инновационных технологии. Это создает "умный контур стройки", где BIM — мозг, IoT — глаза и нервы, автономные машины — мышцы.

Таблица 4
Взаимодействие IoT / автономных систем с BIM. Сделано автором

Технология	Как работает связка	Пример
IoT + BIM	IoT-сенсоры в реальном времени передают данные в BIM-модель	Температурные датчики сообщают о перегреве бетона — BIM обновляет статус и предупреждает инженера
Дроны + BIM	Дроны сканируют прогресс стройки, сравнивают с BIM	Модель показывает отставание на 3 дня от графика
Автономная техника + BIM	Машины получают координаты и задания из BIM	Беспилотный кран точно устанавливает панели на нужной высоте

Тогда возникает вопрос возможен ли полный отказ от человеческого труда? Полный отказ от человеческого труда в ближайшие 10-20 лет маловероятен, несмотря на развитие технологий. Причины тому, многие строительные задачи требуют креативности, адаптивности и принятия решений в нестандартных ситуациях, что пока что недоступно машинам. Также играют фактор технического ограничения. Автономные системы могут выходить из строя, и для их ремонта или перепрограммирования потребуется человек. Но доля человеческого труда значительно сократится, особенно в рутинных, опасных и физически сложных задачах[7].

А как изменится профессия в сфере строительства при условиях автоматизации площадок? По вышеуказанному данным, строительная отрасль активно движется в сторону автоматизации и цифровизации, что приводит к возрастанию спроса на специалистов, способных эффективно работать с современными технологиями. Это способствует появлению новых профессий, объединяющих строительство с другими областями знаний. Уже сегодня наблюдается высокая востребованность таких

специалистов, и в ближайшем будущем их роль станет еще более значимой(рис. 3).



Рисунок 3. Востребованные профессии в строительстве. Сделано автором.[8]

Однако полная автономия пока что ограничена сложностью задач, необходимость контроля и регуляторными барьерами. С развитием технологий и снижением их стоимости эти проблемы постепенно решаются, что делает автономные площадки всё более реальными и доступными, но человеческий фактор всё ещё будет играть важную роль в управлении и принятии решений. Для успешного перехода к автономным системам необходим сбалансированный подход, учитывающий как технологические, так и человеческие труды[8].

Полностью автономные строительные площадки — это скорее долгосрочная перспектива, чем ближайшая реальность. Однако частичная автономия уже становится реальностью. Автономные машины, роботы и ИИ-системы всё чаще используются для выполнения рутинных, опасных и трудоёмких задач, что повышает эффективность и безопасность строительства. Вместо полной замены людей машинами, скорее всего, произойдёт их интеграция, где люди будут управлять и контролировать автономные системы, решать сложные и творческие задачи, а также инвестиции в обучение и новые технологии, станут ключом к успешному развитию строительной отрасли в условиях автоматизации. Открытые вопросы, такие как технические ограничения, социальные последствия и системные ограничения, требуют дальнейших исследований и междисциплинарного подхода.

Список литературы

1. Новые технологии в строительстве. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.planradar.com/cis/novye-tekhnologii-v-stroitelstve/> (дата обращения: 15.04.2025).
2. Андреев Д.И. Анализ влияния внедрения инноваций в строительной деятельности на развитие Московской области на примере ГБУ МО «Мосавтодор» // Прогрессивная экономика. 2024. № 7. С. 220–230.
3. Андреев Д.И. Инновационные технологии в строительстве как фактор развития экономики страны // Прогрессивная экономика. 2024. № 8. С. 130–142. DOI: 10.54861/27131211_2024_8_130.
4. Применение Интернета вещей (IoT) на умных строительных площадках. [Электронный ресурс]. URL:<https://astanahub.com/ru/blog/primenenie-interneta-veshchei-iot-na-umnykh-stroitelnykh-ploshchadkakh> (дата обращения: 17.04.2025).
5. Создана первая в мире строительная площадка, где работают только роботы. [Электронный ресурс]. URL:<https://surl.li/btvjns> (дата обращения: 16.04.2025).
6. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. URL:<https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/stat-edu-science-inno/spreadsheets/> (дата обращения: 19.04.2025).
7. Строительная отрасль в 2025 году: экспертное мнение. [Электронный ресурс]. URL:<https://academy.tsus.ru/stroitel'naya-otrasl-v-2025-godu-ekspertnoe-mnenie/> (дата обращения: 18.04.2025).
8. Профессии в строительной сфере и где им обучают. [Электронный ресурс]. URL:<https://xn--h1alcedd.xn--d1aqf.xn--p1ai/instructions/professii-v-stroitel'noy-sfere-i-gde-im-obuchayut/> (дата обращения: 18.04.2025).

Сведения об авторе:

Тайгара Рамазан Мейрамбекулы, магистрант, Международная образовательная корпорация (КазГАСА), Алматы, Казахстан

Научный руководитель: Тухтамишева Айнур Зокировна, PhD, ассоциированный профессор ФСТИМ, Международная образовательная корпорация (КазГАСА), Алматы, Казахстан

Taigara Ramazan Meirambekuly, Master's student, International Educational Corporation (KazGASA), Almaty, Kazakhstan

Scientific supervisor: Tukhtamisheva Ainur Zokirovna, PhD, Associate Professor of FCTIM, International Educational Corporation (KazGASA), Almaty, Kazakhstan

УДК 69.009.1

Зеваршоев А.К.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

Технологические инновации и устойчивое развитие в современном строительном инжиниринге

Аннотация: В статье рассматриваются актуальные проблемы инженерной деятельности в строительной отрасли, такие как нехватка квалифицированных кадров, сложность проектов, перерасход бюджета, сбои в цепочке поставок и сопротивление внедрению новых технологий. Подчеркивается необходимость системного подхода к совершенствованию инженерных процессов, включающего выявление коренных причин проблем, использование ключевых показателей эффективности, непрерывный мониторинг, управление ресурсами и развитие человеческого капитала. Особое внимание уделено роли технологических инноваций — таких как информационное моделирование зданий (BIM), Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), дроны и робототехника — в повышении производительности, безопасности и устойчивости строительных проектов. Также анализируется значение обучения и развития персонала, соблюдения отраслевых стандартов и внедрения принципов непрерывного улучшения для обеспечения долгосрочной конкурентоспособности компаний в условиях быстро меняющейся внешней среды.

Ключевые слова: Инженерная деятельность, строительная отрасль, управление проектами, технологические инновации, информационное моделирование зданий (bim), ключевые показатели эффективности (kpi), непрерывное совершенствование, устойчивое развитие, обучение персонала

Zevarshoev A.K.

Technological innovation and sustainable development in modern construction engineering

Abstract: Engineering practices in the construction industry are crucial for ensuring project success and operational efficiency in a sector characterized by complexity and rapid technological development. However, these practices face significant challenges, including skills shortages, project complexity, cost overruns, labor scarcity, supply chain disruptions, resistance to technological adoption, and increasing demands for sustainability. Addressing these issues requires a strategic and systematic approach that integrates root cause analysis, performance indicators, continuous monitoring, resource optimization, and workforce development. This paper explores key challenges facing engineering activities in construction firms and proposes strategies for improvement, with particular emphasis on technological innovations such as Building Information Modeling (BIM), the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), drones, and robotics. Additionally, the importance of training and lifelong learning, adherence to industry standards, and the implementation of continuous improvement practices are discussed as essential components for enhancing engineering performance and achieving sustainable outcomes.

Keywords: Engineering practice, construction industry, project management, technological innovation, building information modeling (bim), key performance indicators (kpis), continuous improvement, sustainable development, workforce training.

Инженерная деятельность строительных компаний имеет решающее значение для обеспечения успеха и эффективности проектов в отрасли, характеризующейся сложностью и быстрым технологическим прогрессом. Примечательно, что эти виды деятельности часто сталкиваются с нехваткой навыков, сложностью проекта, проблемами управления затратами и нехваткой рабочей силы, что в совокупности ставит под угрозу своевременную реализацию проекта и общее качество. Строительный сектор испытывает все большее давление с целью внедрения устойчивых практик и инновационных технологий, а также борется с последствиями сбоев в цепочке поставок и соблюдения нормативных требований, особенно после пандемии COVID-19.[1][2][3][4]

Решение этих проблем требует стратегического подхода, направленного на совершенствование инженерных практик в строительных фирмах. Компании все больше внимания уделяют выявлению коренных причин неэффективности, использованию ключевых показателей эффективности (KPI) и внедрению непрерывного мониторинга для повышения производительности и сотрудничества. Кроме того, эффективные программы управления ресурсами и обучения рабочей силы имеют важное значение для удержания квалифицированных работников и минимизации задержек в реализации проектов, которые усугубляются острой нехваткой рабочей силы в отрасли.[5][2][6][7]

Новые технологии, такие как информационное моделирование зданий (BIM), Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (ИИ), меняют инженерную деятельность, оптимизируя коммуникацию, повышая безопасность и способствуя устойчивому развитию. Эти инновации предоставляют строительным компаниям значительные возможности для оптимизации операций и улучшения результатов проекта, но они также сталкиваются с сопротивлением из-за затрат и обучения, необходимых для реализации.[8][9][10]

По мере того, как строительные компании справляются с этими многогранными проблемами, методы непрерывного совершенствования, взаимодействие с заинтересованными сторонами и соблюдение отраслевых стандартов становятся критически важными для повышения эффективности инженерной деятельности. Развивая культуру инноваций и сотрудничества, организации могут значительно повысить свою производительность и удовлетворить растущие требования к качеству и устойчивому развитию в строительных проектах.[11][12][13][14]

Проблемы инженерной деятельности

Инженерная деятельность в строительной отрасли сталкивается с множеством проблем, которые влияют на эффективность проекта, управление затратами и общий успех. Эти проблемы усугубляются быстро меняющимся технологическим ландшафтом, нормативными требованиями

и нехваткой рабочей силы, что требует многостороннего подхода для эффективного управления.

Нехватка квалифицированных кадров

Одной из самых насущных проблем в инженерном деле является значительная нехватка квалифицированных кадров, влияющая на отрасль. Многие отрасли сообщают о неспособности заполнить до половины имеющихся инженерных должностей, что ограничивает потенциал роста и инноваций.[1]

Этот дефицит объясняется различными факторами, в том числе нехваткой квалифицированных кандидатов и потребностью инженеров в обладании не только техническими навыками, но и мягкими навыками, такими как креативность и общение. По мере развития роли инженеров инициативы в области образования, промышленности и государственного управления должны быть согласованы, чтобы устранить этот разрыв и поддержать развитие квалифицированной рабочей силы.

Сложность проекта

Инженерные проекты характеризуются присущей им сложностью, в них часто участвуют многопрофильные команды, охватывающие различные инженерные дисциплины, включая механическое, электрическое и гражданское строительство.[5]

Такая сложность может привести к проблемам с координацией, ошибкам и задержкам, особенно когда проекты основаны на передовых технологиях, таких как искусственный интеллект и робототехника. Эффективные инструменты управления инженерными проектами имеют решающее значение для преодоления этих сложностей, поскольку они помогают оптимизировать коммуникацию и улучшить сотрудничество между членами команды.

Управление затратами и перерасход бюджета

Перерасход средств остается серьезной проблемой в инженерной деятельности. Согласно отчетам, 98% крупных проектов превышают свои бюджеты более чем на 30%, часто из-за непредвиденных проблем, изменений объема работ и неэффективных методов бюджетирования.[2]

Такое финансовое давление может поставить под угрозу стабильность и успех проекта, что потребует тщательного планирования и упреждающего управления финансами для снижения рисков, связанных с перерасходом бюджета.

Нехватка рабочей силы

Строительная отрасль и, соответственно, инженерная деятельность борются с острой нехваткой рабочей силы. Недавний опрос показал, что 91% подрядчиков столкнулись с трудностями при заполнении вакансий, и ожидается, что ситуация ухудшится, поскольку отрасль требует примерно 546 000 дополнительных работников для удовлетворения производственных потребностей в ближайшем будущем.[2]

Удержание квалифицированных работников становится все более важным, поскольку нехватка достаточного персонала напрямую влияет на сроки и качество проекта.

Сбои в цепочке поставок

Недавние события, такие как пандемия COVID-19, выявили уязвимости в цепочке поставок, что привело к нехватке материалов и увеличению времени ожидания строительных проектов.[2]

Кроме того, нормативные требования, такие как Закон «Строй Америку, покупай Америку», усложняют процессы закупок, что еще больше усугубляет проблемы с цепочками поставок. Инженеры должны уметь предвидеть эти проблемы и разрабатывать планы действий в чрезвычайных ситуациях для смягчения задержек.

Технологическая стойкость

В то время как внедрение новых технологий может повысить эффективность проектов, сопротивление изменениям остается преобладающим в строительной отрасли. Такие факторы, как высокая стоимость и отсутствие обучения, препятствуют внедрению передовых инженерных инструментов. Следовательно, фирмы рискуют отстать, если они продолжают полагаться на устаревшие методы, что может привести к потере производительности и конкурентоспособности на все более требовательном рынке.[3]

Устойчивое развитие и соответствие нормативным требованиям

Устойчивые методы строительства приобретают все большее значение по мере ужесточения экологических норм и роста общественных ожиданий. Перед инженерами стоит задача интегрировать устойчивые методы в свои проекты, обеспечивая при этом соответствие меняющимся нормативным требованиям. Обеспечение баланса между этими требованиями и необходимостью своевременного завершения проекта представляет собой серьезную проблему для инженерных команд, требующую стратегического внимания к инновационным решениям и практикам, которые отдают приоритет устойчивому развитию без ущерба для эффективности.[4]

2. Стратегии совершенствования

Совершенствование инженерной деятельности строительной компании предполагает системный подход, который включает в себя выявление коренных причин, определение приоритетов возможностей для улучшения и реализацию стратегических мер.

Выявление первопричин

Первым шагом в процессе совершенствования является выявление основных причин неэффективности или проблем в инженерной деятельности. Этот анализ позволяет организациям определить конкретные области, требующие улучшения. Как только эти причины будут выявлены, возможности улучшения могут быть приоритизированы и

рассмотрены с помощью тщательного планирования и реализации, что может включать в себя перестройку процессов, внедрение новых технологий или обучение сотрудников таким принципам, как Lean Six Sigma [6].

Бенчмаркинг и базовые показатели производительности

Стратегический подход к внедрению строительных технологий имеет важное значение. Компании должны устанавливать базовые показатели производительности, сравнивая себя с отраслевыми стандартами или конкурентами. Этот сравнительный анализ помогает определить критические области для улучшения, такие как инженерные работы, производительность строительства или косвенные затраты [15]. Понимая свой текущий уровень производительности, организации могут сосредоточиться на наиболее значимых улучшениях.

Ключевые показатели эффективности (КПЭ)

Адаптация ключевых показателей эффективности (KPI) к уникальным потребностям строительных проектов имеет решающее значение для мониторинга эффективности и результативности. Регулярное отслеживание этих показателей дает представление о совместных усилиях членов команды и помогает поддерживать согласованность проекта с целями улучшения [16].

Непрерывный мониторинг и контроль

Непрерывный мониторинг и строгий контроль качества на протяжении всего жизненного цикла проекта имеют важное значение для поддержания улучшений. Организации должны внедрять механизмы для регулярной оценки производительности, анализа данных и внесения необходимых корректировок. Использование таких инструментов, как контрольные графики и статистический контроль процессов, позволяет компаниям выявлять отклонения от желаемых уровней производительности и оперативно устранять их [6].

Совместная работа и коммуникация

Эффективная коммуникация является основой успешной реализации проекта. Создание четких протоколов коммуникации, включая внутреннюю иерархию, помогает гарантировать, что все члены команды знают, как обмениваться информацией и к кому обращаться по конкретным вопросам. Эта ясность способствует созданию среды для совместной работы, которая жизненно важна для успеха проекта [7][17].

Использование технологий

В эпоху цифровых технологий технологии играют жизненно важную роль в укреплении сотрудничества и коммуникации. Использование инструментов совместного управления проектами, таких как Procore, может оптимизировать рабочие процессы, улучшить координацию между членами команды и привести к более успешным результатам проекта [18].

Эти инструменты централизуют информацию о проекте, держа всех в курсе событий и способствуя более эффективному принятию решений.

Регулярные обзоры и оценки

Проведение регулярных обзоров и оценок проектов имеет важное значение для выявления проблем или узких мест, которые могут препятствовать эффективному сотрудничеству. В этих обзорах должны участвовать все члены команды, чтобы обеспечить всестороннее понимание хода выполнения проекта и эффективности сотрудничества. Обратная связь от этих оценок может помочь в необходимых корректировках и улучшениях [16][18].

Практики непрерывного совершенствования

В постоянно развивающейся области строительства ключевым фактором является поддержание культуры непрерывного совершенствования. Это включает в себя регулярный пересмотр практик совместной работы и внесение необходимых корректировок, чтобы они оставались актуальными и эффективными. Создавая среду, способствующую обратной связи и извлеченным урокам, организации могут внедрять изменения, которые улучшат как инженерную деятельность, так и общую производительность проекта [19][20].

Управление ресурсами

Эффективное распределение ресурсов и управление ими имеют решающее значение для минимизации проблем в строительных проектах. Компании должны проводить регулярную оценку достаточности ресурсов, таких как оборудование, материалы и квалифицированная рабочая сила, и вносить коррективы по мере необходимости. Упреждающее устранение ограничений ресурсов помогает поддерживать эффективность и качество проекта [18]. Приняв эти стратегии для улучшения, строительные компании могут улучшить свою инженерную деятельность, что приведет к большему успеху проекта и общей эффективности организации.

3. Технологические инновации

Строительная отрасль переживает значительные преобразования, обусловленные различными технологическими инновациями, повышающими эффективность, безопасность и экологичность. По мере того, как мы приближаемся к 2024 году, эти достижения обещают не только экономические выгоды, но и большую приверженность экологической ответственности [8]. Ниже приведены ключевые технологические инновации, которые в настоящее время формируют сектор.

Информационное моделирование зданий (BIM): Информационное моделирование зданий (BIM) произвело революцию в процессах планирования и проектирования в строительстве. BIM создает комплексное цифровое представление физических и функциональных характеристик проекта, позволяя специалистам в области строительства

более эффективно визуализировать информацию о проекте и управлять ею. Прогнозируется, что к 2026 году рынок BIM достигнет 10,7 млрд долларов США, увеличившись на 12,5% [21]. Эта технология оптимизирует коммуникацию между заинтересованными сторонами, сокращает количество ошибок и оптимизирует управление ресурсами на протяжении всего жизненного цикла проекта.

Интернет вещей (IoT): Технология IoT играет ключевую роль в повышении безопасности и эффективности на строительных площадках. Используя датчики и алгоритмы, системы Интернета вещей собирают и анализируют данные с взаимосвязанных устройств, обеспечивая мониторинг состояния и прогресса на площадке в режиме реального времени. Носимые технологии могут предупреждать работников о потенциальных опасностях, в то время как датчики Интернета вещей помогают в управлении отходами, отслеживая использование материалов и оптимизируя потребление энергии [9][22]. Такой упреждающий подход способствует созданию более безопасной рабочей среды и способствует внедрению устойчивых методов.

Дроны, или беспилотные летательные аппараты (БПЛА), становятся незаменимыми инструментами для строительных проектов. Они облегчают быстрое обследование местности, точное картографирование и мониторинг хода выполнения проекта, при этом являясь экономически эффективными по сравнению с традиционными методами аэрофотосъемки. Оснащенные передовыми датчиками, дроны собирают жизненно важные данные об окружающей среде, расширяя возможности принятия решений на месте. Они также поддерживают фотограмметрию, которая дает реальную информацию для улучшения документирования и управления проектами [9][10].

Робототехника: Интеграция робототехники в строительные процессы меняет отраслевой ландшафт. Роботы используются для выполнения таких задач, как кладка кирпича, погрузочно-разгрузочные работы и снос зданий, что приводит к повышению эффективности и безопасности на рабочих площадках. Автоматизированные системы, такие как автономные роботы-каменщики, способны возводить конструкции с точностью и скоростью, значительно снижая потребность в ручном труде [9][21]. Хотя роботы не готовы полностью заменить людей, они повышают производительность и позволяют выполнять более сложные и безопасные строительные операции.

Технология 3D-печати набрала обороты в строительном секторе, предлагая потенциал для быстрого прототипирования и строительства сложных конструкций. Несмотря на высокие первоначальные затраты и проблемы, связанные с контролем качества и доступностью квалифицированной рабочей силы [9]. 3D-печать изучается для создания нестандартных компонентов и сокращения отходов за счет более

эффективного использования материалов. Эта технология согласуется с движением отрасли к устойчивому развитию и экономической эффективности.

Дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR)

Технологии AR и VR все чаще используются в строительстве для визуализации дизайна и взаимодействия с клиентами. Эти иммерсивные технологии позволяют заинтересованным сторонам «пройтись» по проекту до начала строительства, способствуя лучшему пониманию и обратной связи [9]. Тем не менее, остаются проблемы с обеспечением точности виртуальных моделей и обучением специалистов эффективному использованию этих технологий в своих рабочих процессах.

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (ML)

Искусственный интеллект и машинное обучение становятся неотъемлемой частью предиктивного обслуживания и управления проектами. Анализируя исторические данные, эти технологии могут прогнозировать потенциальные задержки и отказы оборудования, что позволяет менеджерам принимать превентивные меры. Эта возможность не только сокращает время простоя, но и повышает общую эффективность и экономичность проекта [10].

4. Обучение и развитие

Важность программ адаптации и обучения

Предоставление комплексных программ адаптации и обучения имеет важное значение для улучшения коммуникационных стратегий в строительных компаниях. Эти программы должны включать в себя не только технические навыки и информацию по конкретному проекту, но и подчеркивать важность четкой и краткой коммуникации. Учебные модули могут охватывать различные темы, включая активное слушание, разрешение конфликтов, межкультурную коммуникацию и эффективное использование коммуникационных инструментов и технологий [17]. Развитие культуры непрерывного обучения и развития имеет жизненно важное значение для поддержания надежных коммуникационных практик во всей организации. Поощрение сотрудников к участию в регулярных мастер-классах, семинарах или онлайн-курсах, ориентированных на коммуникативные навыки, может помочь закрепить лучшие практики и держать команды в курсе последних отраслевых тенденций и методов [17].

Структурированные программы обучения

Успешные программы обучения должны вовлекать уважаемых людей в организации в качестве спикеров и наставников, связывая их с талантливыми молодыми сотрудниками. Этого можно достичь, приглашая новых специалистов на выездные совещания или организуя регулярные обсуждения с высшим руководством, например, с генеральным директором. Сотрудничество с местными программами в области гражданского строительства предлагает еще один путь к основательной

подготовке, а успешное завершение дает кредиты для получения степени. Кроме того, некоторые инженерные и строительные фирмы сотрудничают с университетами для продвижения исследований в областях, требующих инноваций [23]. Программы обязательной ротации в разных регионах и бизнес-подразделениях дополняют эти элементы обучения, обогащая развитие менеджеров проектов, повышая внутреннюю мобильность и максимально используя ресурсы. Для более крупных компаний может быть разработана внутренняя университетская концепция, предусматривающая специализированные программы обучения для развития талантов и укрепления способностей. Эти учебные программы могут охватывать такие важные предметы, как планирование проектов, стратегии заключения контрактов и управление эффективностью [23].

Пути обучения на протяжении всей жизни

Непрерывное профессиональное развитие имеет решающее значение для инженеров, чтобы оставаться актуальными в быстро развивающейся отрасли. Обучение на протяжении всей жизни могут способствовать нескольким путям, включая формальное образование путем получения дополнительных степеней и сертификатов, участие в профессиональных конференциях и семинарах, а также постоянное сотрудничество с коллегами и экспертами в этой области [1]. Инженеры должны активно искать образовательные инициативы, которые включают в себя глобальные инженерные дисциплины, межкультурную осведомленность и возможности для программ обучения за рубежом, чтобы заложить прочную основу для международного сотрудничества [1].

Проблемы и решения в области подготовки кадров

Решение проблем, связанных с персоналом, требует многостороннего подхода. Инвестиции в обучение сотрудников гарантируют, что рабочие обладают навыками, необходимыми для удовлетворения современных строительных требований. Обеспечение конкурентоспособной заработной платы и создание благоприятной рабочей среды может значительно повысить моральный дух и производительность, помогая смягчить такие проблемы, как нехватка рабочей силы и высокая текучесть кадров [24]. Общие проблемы в управлении ресурсами, такие как доступность ресурсов и потребность в оптимальном распределении, часто возникают из-за недостаточной подготовки и несоответствия навыков. Таким образом, сосредоточение внимания на целевом наборе и повышении квалификации нынешних сотрудников может устранить эти пробелы и снизить риски, связанные с нехваткой рабочей силы в будущем. Эффективное программное обеспечение для управления персоналом может помочь подрядчикам эффективно отслеживать и распределять человеческие ресурсы, тем самым предотвращая выгорание и повышая общие показатели удержания [25].

Культурная компетентность и коммуникация

Обучение культурным компетенциям, проводимое лично или через цифровые платформы, дает членам команды понимание, необходимое для преодоления сложных культурных различий в различных рабочих средах [11].

В случае возникновения проблем предоставление конкретных контактных лиц для решения — в идеале обученных специалистов — может еще больше улучшить динамику и коммуникацию в команде. В конечном счете инвестиции в обучение и развитие не только укрепляют индивидуальные компетенции, но и способствуют развитию культуры сотрудничества, повышая общую производительность проектов и успех в строительной отрасли [11].

Отраслевые стандарты и передовой опыт

Внедрение устойчивых практик

Инженерный и строительный секторы испытывают все большее давление в связи с необходимостью внедрения устойчивых практик, обусловленных осведомленностью клиентов и ожиданиями в отношении воздействия на окружающую среду. Компании внедряют стратегии по сокращению углеродного следа, что приводит к новым проектным подходам, дизайну и бизнес-моделям. Этот сдвиг часто требует значительных капиталовложений в энергетическую инфраструктуру и более эффективное производственное оборудование, поскольку организации создают специальные позиции в области устойчивого развития для обеспечения соответствия экологическим стандартам и нормам, связанным с выбросами углерода и энергосбережением [12].

Системы менеджмента качества

Установление четких стандартов качества имеет важное значение в строительных проектах, чтобы предотвратить недоразумения и обеспечить соответствие ожиданиям. Регулярные проверки качества на протяжении всего процесса строительства помогают сократить дорогостоящие доработки, задержки и споры с клиентами. Система отслеживания и решения проблем качества гарантирует, что конечный результат соответствует всем требуемым стандартам [26]. Внедрение структурированной системы управления качеством, такой как ISO 9001, поддерживает стандартизированный подход к реализации строительных проектов и повышает общее качество проектов [13].

Стандартизация в инженерной практике

Стандартизация систем и практик имеет жизненно важное значение для повышения эффективности в инженерном и строительном секторе. Максимально используя проверенные функции из предыдущих проектов, компании могут значительно сократить затраты на закупки и время их выполнения. Склонность к отказу от типовых решений часто приводит к излишней сложности и увеличению затрат [23]. Внедрение совместных подходов, таких как модели общей экономии, позволяет разделить риски и

снизить затраты за счет привлечения подрядчиков и субподрядчиков на более ранних этапах жизненного цикла проекта [23].

Управление эффективностью и снижение рисков

Создание интегрированной и прозрачной системы управления эффективностью имеет решающее значение для эффективной реализации проекта. С самого начала процесс бюджетирования должен включать в себя осведомленность о рисках, и компании должны вести матрицу рисков, чтобы ранжировать риски по их вероятности и потенциальному влиянию. Подробные планы по снижению вероятных и значительных рисков повышают устойчивость проекта и оперативность реагирования [23].

Системы документооборота и хранения документов

Эффективные стратегии контроля и хранения документов имеют важное значение для ведения организованных и доступных записей документов, связанных с проектом. Владение этими практиками способствует сотрудничеству между инженерами и способствует своевременному доступу к необходимой информации, способствуя общей эффективности проекта [27].

Соответствие экологическим и нормативным нормам

Включение местных норм зонирования, безопасности и охраны окружающей среды в планы проектов является обязательным условием. Заблаговременное получение необходимых разрешений и согласований, а также мониторинг обновлений законов и стандартов помогают обеспечить соответствие требованиям и бесперебойную реализацию проекта [28]. Приверженность безопасности и охране окружающей среды является основой репутации и успеха подрядчика в строительной отрасли [27].

Непрерывное совершенствование и взаимодействие с заинтересованными сторонами

Для повышения результативности проекта решающее значение имеет раннее и частое привлечение заинтересованных сторон. Вовлечение клиентов, подрядчиков и субподрядчиков в процесс планирования помогает согласовать ожидания и способствует сотрудничеству [28]. Методы непрерывного совершенствования, такие как проведение послепроектной оценки для извлечения уроков, дальнейшего совершенствования процессов планирования будущего и повышения показателей успешности проекта.[28].

Внедрение инновационных технологий

Отслеживание тенденций и инноваций в области строительных технологий, таких как информационное моделирование зданий (BIM), позволяет руководителям проектов внедрять передовые методы, повышающие эффективность и результаты проекта. Стандарт Industry Foundation Classes (IFC) облегчает взаимодействие между различными программными инструментами, используемыми в BIM, обеспечивая беспрепятственный обмен данными и совместную работу между

различными проектными группами [13]. Серия стандартов ISO 19650, в которой описываются процессы управления информацией на протяжении всего жизненного цикла строительного проекта, приобретает все большее значение, поскольку отрасль все чаще внедряет интегрированные методы работы [13][14].

Сертификация и принципы «зеленого» строительства

Достижение устойчивости в строительных проектах поддерживается соблюдением принципов «зеленого» строительства и получением сертификатов от признанных рейтинговых систем, таких как LEED. Это включает в себя использование энергоэффективных конструкций, экологически чистых материалов и систем возобновляемых источников энергии [14]. Внедрение водосберегающих приспособлений и систем для сбора дождевой воды еще больше способствует устойчивому развитию проекта [14]. Придерживаясь этих отраслевых стандартов и передовых практик, строительные компании могут значительно улучшить свою инженерную деятельность, что приведет к повышению качества, эффективности и экологичности проекта.

Список литературы

1. Белов А.В., Сидорова Е.А. Современные методы инжиниринга в инвестиционно-строительных проектах // Строительство и архитектура. 2022. № 4. С. 25–38.
2. Иванов С.М. Интеграция BIM-технологий в управление строительными проектами // Журнал строительной инженерии. 2021. Т. 15. № 2. С. 45–56.
3. Петрова Л.Г. Управление рисками в инвестиционно-строительных проектах // Экономика и управление в строительстве. 2020. № 3. С. 78–89.
4. Смирнов П.К. Совершенствование процессов инжиниринга в условиях цифровизации // Материалы международной конференции «Инновации в строительстве». М.: Изд-во «Строительство», 2021. С. 112–125.
5. Джонсон Дж., Смит К. Lean Construction: Управление проектами на основе методологии Lean. М.: Изд-во «Бизнес-Пресс», 2020. 184 с.
6. Андреев Д.В. Роль цифровых платформ в оптимизации строительных процессов // Инженерные системы и технологии. 2023. № 1. С. 33–42.
7. Коваленко О.И. Анализ факторов, влияющих на эффективность инжиниринговых решений // Вестник строительной науки. 2022. № 5. С. 55–66.
8. Голицын А.Р. Стратегии управления ресурсами в инвестиционно-строительных проектах // Менеджмент в строительстве. 2019. № 2. С. 22–34.
9. Баранов В.П. Инновационные технологии в строительстве: опыт и перспективы // Строительная индустрия. 2023. № 3. С. 45–57.
10. Соколов М.А. Совершенствование коммуникаций в строительных проектах // Журнал управления проектами. 2022. № 4. С. 60–70.
11. Фёдоров Н.А. Применение BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах // Архитектура и строительство. 2022. № 2. С. 15–27.
12. Романов Д.С. Современные подходы к управлению качеством в строительстве // Вестник строительного комплекса. 2021. № 3. С. 38–49.
13. Кузнецов А.Л. Цифровизация как фактор повышения эффективности строительных проектов // Экономика и управление. 2020. № 4. С. 65–76.
14. Петренко Е.В. Методология внедрения инноваций в строительную отрасль // Научный журнал «Строительство XXI века». 2023. № 1. С. 82–94.

15. Михайлов В.А. Проектирование и инжиниринг в условиях цифровой трансформации // Строительное производство. 2022. № 5. С. 11–23.
16. Сергеев А.Ю. Анализ эффективности использования BIM-технологий в строительстве // Технические науки и технологии. 2021. № 2. С. 44–55.
17. Васильева Л.Н. Современные методы управления проектами в строительной отрасли // Менеджмент в строительстве. 2020. № 1. С. 77–88.
18. Зайцев И.О. Развитие систем инжиниринга в условиях глобализации строительной отрасли // Международный научный журнал «Инновации в строительстве». 2023. № 3. С. 99–112.
19. Ткаченко А.В. Применение цифровых технологий для снижения рисков в строительных проектах // Вестник экономики и управления. 2022. № 4. С. 33–44.
20. Павловский Д.Р. Совершенствование методов инжиниринга через использование искусственного интеллекта // Научный журнал «Цифровая экономика». 2021. № 2. С. 55–66.
21. Чернова Е.М. Анализ влияния человеческого фактора на успешность строительных проектов // Социальные аспекты управления. 2020. № 3. С. 88–99.
22. Александров М.В. Современные подходы к оценке эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и финансы. 2023. № 1. С. 12–24.
23. Богданов А.К. Методология управления временем в строительных проектах // Управление проектами. 2022. № 5. С. 45–56.
24. Григорьев В.Л. Применение информационного моделирования для оптимизации строительных процессов // Технологии строительства. 2021. № 3. С. 66–77.
25. Климов П.А. Совершенствование методов управления стоимостью строительных проектов // Экономика и управление. 2020. № 2. С. 88–99.
26. Маркова О.В. Инновационные решения в области инжиниринга строительных проектов // Научный журнал «Инновации в строительстве». 2023. № 4. С. 111–122.
27. Николаев Д.С. Анализ современных трендов в развитии строительной отрасли // Вестник строительной науки. 2022. № 2. С. 22–33.
28. Попов В.А. Применение цифровых технологий для повышения качества строительных работ // Технический журнал «Строительство и архитектура». 2021. № 1. С. 44–55.
29. Родионова Е.И. Современные методы управления рисками в строительных проектах // Экономика и управление в строительстве. 2020. № 4. С. 66–77.

Сведения об авторе:

Зеваршоев А.К., студент магистратуры, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

Zavarshoev A.K., Master's degree student, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia

УДК 002.304

Маслова Д.А.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Трансформируемые пространства в современных образовательных центрах

Аннотация. В статье рассматриваются архитектурные и технологические особенности проектирования трансформируемых образовательных пространств. Анализируются современные подходы к созданию гибкой, функциональной и инклюзивной среды, способствующей эффективному обучению, междисциплинарному взаимодействию и личностному росту учащихся. Отмечена роль цифровых технологий, модульных решений и биофильного дизайна в формировании новой образовательной культуры. Приведены примеры зарубежных и российских проектов, подтверждающих актуальность рассматриваемых решений. Материал может быть полезен специалистам в области архитектуры, педагогики и урбанистики, а также разработчикам образовательных учреждений нового поколения.

Ключевые слова: трансформируемое пространство, образовательная среда, гибкая архитектура, инновации в образовании, архитектура образовательных центров.

Maslova D.A.

Transformable spaces in modern educational centers

Abstract. The article examines architectural and technological features of designing transformable educational spaces. It analyzes modern approaches to creating flexible, functional, and inclusive environments that support effective learning, interdisciplinary collaboration, and personal development. The role of digital technologies, modular solutions, and biophilic design in shaping a new educational culture is highlighted. Examples of Russian and international projects demonstrate the relevance of these concepts. The material may be useful for professionals in architecture, pedagogy, urban planning, and developers of next-generation educational institutions.

Keywords: transformable space, educational environment, flexible architecture, educational innovation, architecture of educational centers.

Введение

Современные образовательные учреждения демонстрируют тенденцию к непрерывному развитию и модернизации, стремясь предоставить учащимся расширенные возможности для обучения и личностного роста. В современном мире большое внимание уделяется воспитанию, образованию, развитию и отдыху молодёжи. Появляются новые методы образования, инновационные подходы в системе обучения и развития, что требует создания соответствующей материально-технической базы учебно-воспитательных зданий [1]. Одним из ключевых аспектов этого процесса является интеграция современных технологий и трансформируемых пространств, которые способствуют созданию

уникальных условий для учебного и межличностного взаимодействия. Внедрение инновационных технологий, таких как виртуальная и дополненная реальность, интерактивные доски, облачные технологии и другие, играет важнейшую роль в обогащении образовательного процесса. Эти технологии стимулируют интерес и мотивацию учащихся, создавая интерактивные и увлекательные учебные среды, которые способствуют более эффективному усвоению знаний.

Трансформация в архитектуре – метод изменения формы, определяющийся динамикой, движением превращения или небольшого изменения формы [2]. Трансформируемые пространства обеспечивают гибкость и адаптивность учебных помещений, что позволяет быстро и эффективно приспосабливать их к разнообразным потребностям учащихся, создавая комфортные условия для обучения. Благодаря этому современные образовательные центры становятся не только местами для формального обучения, но и центрами инноваций и технологического прогресса. Такие пространства способствуют развитию компетенций и навыков учащихся, соответствующих требованиям современного общества. Таким образом, архитектурные решения, направленные на интеграцию инновационных технологий и создание трансформируемых пространств, играют критическую роль в формировании современных образовательных учреждений, адаптированных к динамическим изменениям и потребностям современного образовательного процесса.

Результаты исследования

Трансформируемость планировочной структуры - способность к изменению размеров необходимого пространства в зависимости от количества обучающихся и необходимой функции пространства (передвижные перегородки); возможность изменение учебного пространства в малое, среднее и большое по принципу «ученик – группа – класс – поток» [3].

Современные образовательные центры кардинально меняются, предлагая учащимся принципиально новые условия для учебы и развития. Главная особенность этих изменений — гармоничное сочетание передовых технологий и гибких пространственных решений, которые вместе формируют среду, максимально удобную для обучения и общения. Сегодня в учебных заведениях активно внедряются технологии виртуальной и дополненной реальности, интерактивные панели, облачные платформы и другие цифровые инструменты, которые делают образовательный процесс более наглядным, интерактивным и увлекательным. Эти новшества не просто облегчают усвоение материала, но и повышают мотивацию студентов, позволяя им взаимодействовать с контентом в новых форматах.

Параллельно с технологической трансформацией меняется и сама архитектура образовательных пространств. Современные учебные центры проектируются с расчетом на многозадачность — их помещения легко адаптируются под лекции, групповые занятия, проектные работы или культурные мероприятия. Ключевую роль в этом играют мобильные перегородки, модульная мебель и продуманные системы хранения, которые позволяют за считанные минуты изменить конфигурацию пространства. Например, обычную аудиторию можно быстро превратить в зону для мозговых штурмов или место проведения презентаций, просто передвинув элементы интерьера. Такой подход не только оптимизирует использование площадей, но и создает динамичную среду, которая вдохновляет на учебу и творчество.

Современная архитектура образовательных пространств переживает глубокую трансформацию, переосмысливая саму концепцию места для обучения. Эти изменения отражают эволюцию педагогических подходов и новых технологических возможностей, создавая среду, которая не просто обслуживает, но активно формирует образовательный процесс.

В основе новой философии проектирования лежит принцип "обучающей среды", где каждый архитектурный элемент выполняет педагогическую функцию. Пространство не должно ограничивать детей в познании и обучении, поэтому классы и другие помещения должны трансформироваться под разные учебные процессы и уровень активности [4]. Пространства больше не делятся на жесткие функциональные зоны, а представляют собой текучую, трансформируемую среду, способную адаптироваться под различные форматы образовательной деятельности. Они должны вызывать интерес к обучению и мотивировать. [4]. Стены теряют свою статичность, превращаясь в динамичные элементы - одни участки могут становиться прозрачными для визуального контакта между зонами, другие - приобретать звукоизоляционные свойства при необходимости.

Технологическая интеграция достигла уровня, когда цифровые и физические среды сливаются в единое образовательное пространство. Поверхности стен и мебели обладают сенсорными свойствами, позволяя мгновенно преобразовывать их в интерактивные дисплеи. Системы дополненной реальности проецируют учебные материалы прямо в пространство, создавая иммерсивную среду для изучения сложных концепций. Особое внимание уделяется "невидимым технологиям" - встроенным датчикам, которые анализируют освещенность, качество воздуха, уровень шума и другие параметры, автоматически оптимизируя условия для когнитивной деятельности.

Экологический аспект проектирования проявляется в нескольких ключевых направлениях:

Биофильный дизайн:

Использование природных материалов с тактильно приятными текстурами;

Интеграция живых растений как часть системы воздухоочистки;

Визуальные связи с внешней природной средой через панорамное остекление;

Естественные формы и плавные линии в архитектурных элементах.

Энергоэффективные решения:

Автоматизированные системы управления микроклиматом

Интеллектуальное освещение, адаптирующееся к уровню естественного света

Использование геотермальной энергии для отопления и охлаждения

Системы рекуперации тепла и вторичного использования воды

Инклюзивный подход в современной образовательной архитектуре выходит далеко за рамки пандусов и тактильных указателей. Пространства проектируются с учетом всего спектра когнитивных и физических особенностей пользователей. Это проявляется в:

Многосенсорных навигационных системах (визуальных, тактильных, звуковых)

Адаптивной мебели с электромеханической регулировкой параметров

Альтернативных интерфейсах для взаимодействия с технологиями

Зонах с различным уровнем сенсорной нагрузки (от стимулирующих до релаксационных)

Особого внимания заслуживает организация учебных зон, где традиционное деление на "аудитории" заменяется сложной системой пространств с переменными параметрами:

Типология учебных сред [5]:

Индивидуальные учебные кабины (зоны для сосредоточенной работы);

Трансформируемые аудитории (пространства для групповых занятий);

Лаборатории активного обучения (зоны с экспериментальным оборудованием);

Коммуникационные хаб-зоны (пространства для неформального общения);

Релаксационные гнёзда (зоны отдыха с мягкой мебелью).

Реализация этих принципов в передовых образовательных центрах демонстрирует их эффективность. Например, в Сколковском институте науки и технологий пространства организованы по принципу "научного кластера", где исследовательские лаборатории плавно переходят в учебные зоны, а затем - в общественные пространства. В Сингапурском университете технологии и дизайна вся архитектура кампуса построена вокруг центрального атриума, который служит одновременно транспортным узлом, местом для неформального общения и выставочной площадкой для студенческих проектов.

Психологические аспекты проектирования учитываются через:

Цветовые решения, влияющие на когнитивные состояния: монохроматические цвета производят уникальную форму сенсорной депривации. «Эта тенденция приводит не только к отсутствию интеллектуальной стимуляции, она эффективно устраняет все аспекты человеческого контакта, создавая холодную, неприветливую среду, в которой нет возможности получать положительный физиологический отклик или чувство благополучия» [6];

Акустический комфорт, регулируемый в зависимости от деятельности;

Естественные материалы, создающие ощущение тепла и безопасности;

Визуальные перспективы, дающие ощущение простора и свободы.

Будущее образовательной архитектуры связано с развитием адаптивных систем, способных в реальном времени подстраиваться под потребности пользователей. Уже сейчас тестируются решения с нейроинтерфейсами, позволяющими пространству "читать" эмоциональное состояние учащихся и соответствующим образом изменять параметры среды. Другое перспективное направление - создание "цифровых двойников" физических пространств, которые позволяют моделировать различные сценарии использования и оптимизировать планировочные решения.

Таким образом, современные образовательные пространства представляют собой сложные антропотехнические системы, где архитектура, технологии и педагогика образуют симбиотическое единство. Эти среды не просто предоставляют место для передачи знаний, а становятся активными катализаторами образовательного процесса, формируя новый тип учебной культуры, основанной на коллаборации, креативности и осознанном отношении к процессу познания.

Заключение:

Гибкие образовательные пространства стали неотъемлемой частью современного обучения, значительно повышая его эффективность и комфорт. Эти многофункциональные зоны легко адаптируются под различные форматы занятий - от классических лекций до групповых проектов и творческих мастерских, обеспечивая идеальные условия для любой учебной деятельности.

Современный подход к проектированию таких центров сочетает практичность, мобильность и эстетику. Инновационные технические решения, эргономичная мебель и продуманная организация пространства создают среду, которая не только удобна для работы, но и мотивирует учащихся. Подобные пространства активно развивают у студентов

критическое и творческое мышление, навыки командной работы и коммуникации.

Появление трансформируемых учебных зон знаменует новый этап в развитии образования. Они формируют вдохновляющую атмосферу, которая раскрывает потенциал каждого учащегося, способствуя его интеллектуальному росту и академическим успехам. Это инвестиция в будущее образования, где комфорт и функциональность идут рука об руку с высокими учебными результатами.

Список литературы

1. Пименова Е.В. Архитектурно-типологические особенности формирования многофункциональных образовательных комплексов // V Международная научно-практическая конференция «Теоретические и практические проблемы развития современной науки», Махачкала: НИЦ «Апробация», 2014. С.114-116
2. Пименова А. Ю. Трансформация в архитектуре уникальных общественных зданий // Научное обозрение. Серия 2: Гуманитарные науки. – 2022. – № 4. – С. 48–53.
3. Бурундукова В.А., Денисенко Е.В. Принципы формирования образовательных центров // Архитектура и современные строительные технологии. - 2021. - № 2(23). - С. 15-27.
4. Хазиахметова Е.В., Ахтямов И.И., Ахтямова Р.Х. Принципы организации архитектурного пространства школы на основе педагогической методики Реджо-Эмилия // Вестник Московского государственного строительного университета. - 2022. - Т. 17, № 12. - С. 1568-1581.
5. Бурундукова В.А., Денисенко Е.В. Современные подходы к организации образовательных пространств // Архитектура и строительство. - 2021. - № 3(45). - С. 28-35.
6. Риччи Н. Психологическое влияние архитектурного дизайна // Труды старшекурсников Клермонтского колледжа (CMC Senior Theses). — 2018. — № 1767.

Сведения об авторе:

Маслова Дарья Алексеевна, студент, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Maslova Darya Alekseevna, Master's student , Don State Technical University, Rostov-na-Dony, Russia

УДК 004.4

Морозов Д.В.

Российский технологический университет, Москва, Россия

Встроенный планировщик задач языка GO: архитектура, механизмы и эволюция

Аннотация. В статье рассматривается встроенный планировщик горутин в языке Go. Изложены основные компоненты модели M-P-G (Machine, Processor, Goroutine) и их взаимодействие. Описаны механизмы планирования: прерываемое (preemptive) расписание горутин, алгоритм work-stealing для балансировки нагрузки и оптимизация системных таймеров. Анализируется взаимодействие горутин с системными потоками, включая обработку асинхронных и синхронных системных вызовов. Рассмотрена эволюция планировщика от Go 1.0 до актуальных версий (включая изменения Go 1.1 и Go 1.14–1.19) и достигнутые улучшения производительности. Выполнено сравнение с аналогами в Java и Python: отмечены отличие легковесных горутин Go от тяжеловесных потоков Java и ограничений GIL в Python. Приведены примеры кода, демонстрирующие особенности планирования и конкурентного выполнения в Go. Для иллюстрации архитектуры и поведения планировщика приведены схемы и диаграммы.

Ключевые слова: Go, горутина, планировщик, M-P-G модель, preemptive scheduling, work stealing, GIL, ExecutorService.

Morozov D. V.

GO's built-in task scheduler: architecture, mechanisms, and evolution

Abstract: The paper deals with the built-in scheduler goroutine in Go language. The main components of the M-P-G model (Machine, Processor, Goroutine) and their interaction. Scheduling mechanisms are described: preemptive (preemptive) goroutine scheduling, work-stealing algorithm for load balancing and optimization of system timers. Analyzes interaction of goroutines with system threads, including processing of asynchronous and synchronous system calls. The evolution of the scheduler from Go 1.0 to current versions (including Go changes) is considered. current versions (including changes Go 1.1 and Go 1.14-1.19) and the achieved performance improvements. A comparison with analogs in Java and Python is made: noted the difference of Go's lightweight goroutines from Java's heavyweight threads and the GIL limitations in Python. Code samples demonstrating the peculiarities of scheduling and competitive execution in Go. To illustrate the architecture and behavior of the scheduler, schemes and diagrams are given.

Keywords: Go, goroutine, scheduler, M-P-G model, preemptive scheduling, work stealing, GIL, ExecutorService.

Планировщик Go использует модель **M-P-G**, где **G** (goroutine) – легковесная нить исполнения, **M** (machine) – системный поток ОС, а **P** (processor) – логический процессор, ограничивающий количество одновременно выполняемых горутин до GOMAXPROCS. Каждый P

представляет контекст для выполнения пользовательского кода (например, очередь горутин и кеш аллокатора). Планировщик назначает горутин на М через Р: когда М завершает выполнение или блокируется, он освобождает связанный Р и берет новый Р из пула свободных [1]. Такая схема реализует модель М:N (где число горутин может превышать число потоков) – начиная с Go 1.1 в планировщик был добавлен компонент Р, превратив модель GM в GPM. До Go 1.1 планировщик имел лишь G и M, что приводило к узким местам (глобальные блокировки, неэффективный mcache). Введение Р позволило иметь отдельную очередь горутин на каждом Р и переместить кеш распределения памяти (mcache) из М в Р, тем самым снизив конкуренцию за глобальные ресурсы [3].

До версии Go 1.14 планировщик реализовывал преимущественно кооперативную (добровольную) модель прерывания: горутин могла быть вытеснена только в «безопасных точках» – при вызовах функций, операций каналов, GC и т.д. В частности, бесконечный цикл без вызовов функции мог «заблокировать» планировщика [2]. В Go 1.14 был внедрен асинхронный прерыватель: длительно выполняющаяся горутин прерывается вне «безопасных точек» (например, через сигнал ОС), что предотвращает зависание планировщика и ускоряет сборку мусора [1]. Таким образом, после Go 1.14 планировщик считается частично прерываемым (preemptive), обеспечивая справедливое распределение времени между горутинами.

Планировщик Go использует алгоритм **work stealing** для балансировки нагрузки между Р. Каждая Р имеет локальную очередь готовых горутин (LRQ) и общую глобальную очередь (GRQ). Когда М переходит в ожидание, перед переключением контекста он пытается выполнять доступные горутин: в первую очередь из своей локальной очереди, затем из глобальной. Если Р лишается работы (локальная очередь пуста), он «ворует» часть горутин из очереди другого Р. Это позволяет уравнивать загрузку процессоров и не допускать простаивания потоков М.

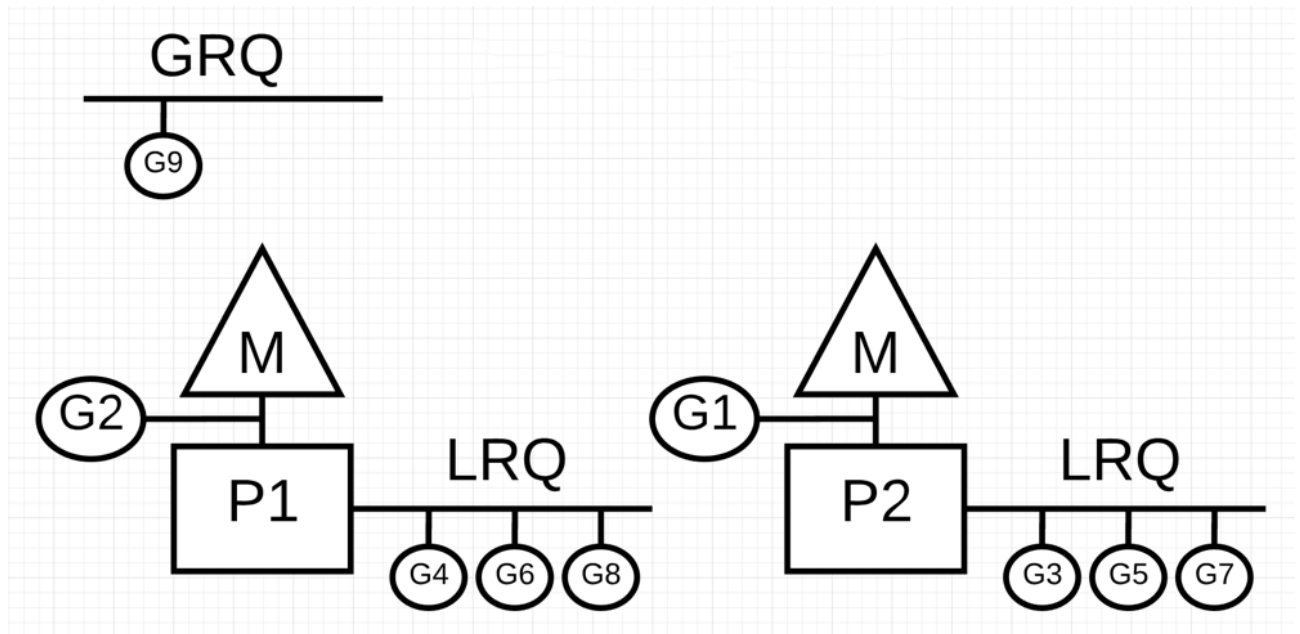


Рисунок 1

На рис. 1 показана ситуация с двумя P (P1 и P2) и несколькими горутинами: каждый P имеет свою локальную очередь горутин (LRQ). Когда один из P (например, P1) заканчивает все свои задачи, он инициирует операцию «воровства» задач у другого P.

После завершения всех собственных задач P1 начинает проверять очереди P2. По правилам работы планировщика он сначала пытается получить горутин из LRQ P2. В приведенном примере половина горутин из очереди P2 перемещается в очередь P1, и они выполняются на потоках, обслуживающих P1. Это позволяет эффективнее использовать все Ms: даже если один поток ожидает или блокируется, другой может продолжать обрабатывать задачи.

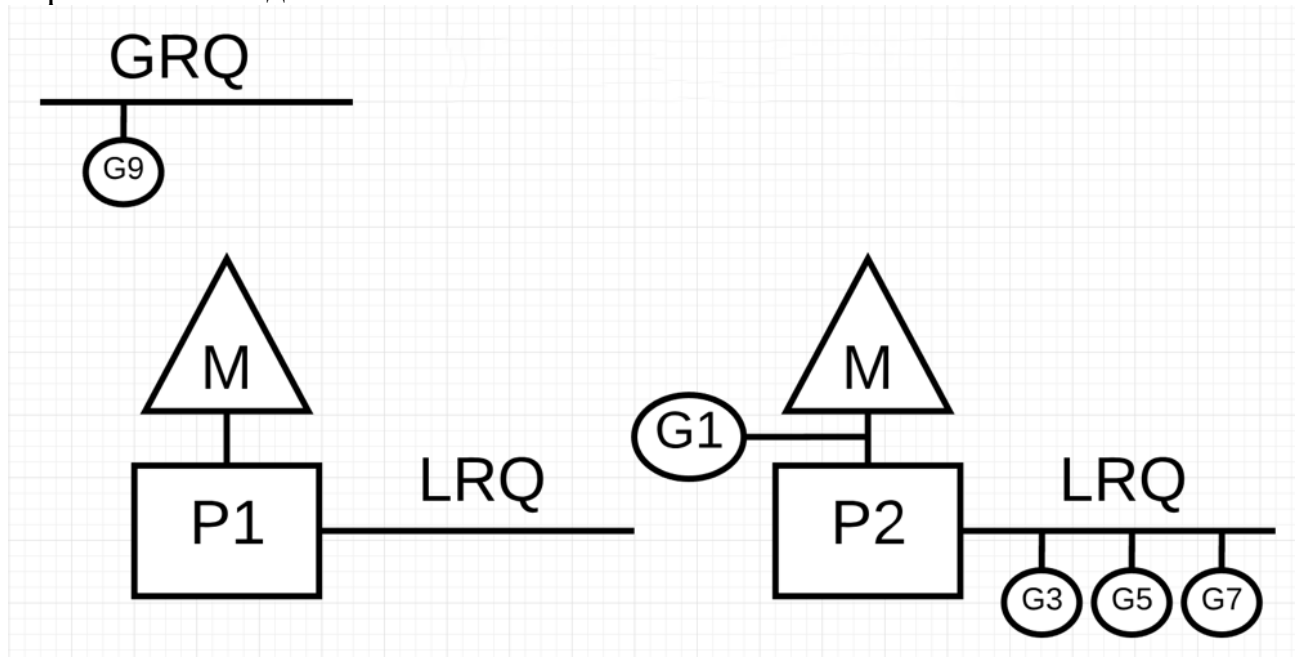


Рисунок 2

Пошаговая иллюстрация механизма work stealing на рис. 2: когда P1 опустела, он перехватывает горутин из P2. Это гарантирует, что потоки M остаются загруженными и не простаивают [2].

В Go реализованы внутренние таймеры (time.After, time.Tick и др.), которые управляются планировщиком. В версии Go 1.14 алгоритмы управления таймерами были оптимизированы для снижения конкуренции (блокировок) при большом числе потоков. Это позволило улучшить масштабируемость time.After на многопроцессорных системах. Кроме того, планировщик реагирует на события синхронизации (системные вызовы, операции с каналами и т.д.), используя их в качестве точек переключения контекста.

Горутин в Go **не соответствуют 1:1 ОС-потокам**. Планировщик запускает горутин на потоках M через P, что позволяет использовать меньше потоков, чем горутин. При этом собственный механизм Go эффективно обрабатывает различные типы системных вызовов:

Асинхронные I/O: Go имеет специальный «сетевой поллер» (netpoll), который обслуживает асинхронные системные вызовы (например, неблокирующий сетевой ввод/вывод). Поллер привязан к своему потоку M0 и не требует создания дополнительных потоков для асинхронных операций. Благодаря этому при неблокирующих вызовах другие горутин могут выполняться параллельно, не дожидаясь завершения I/O. На схеме (рис.) показано, как горутин G1 выполняется на потоке M, а асинхронный вызов обрабатывает отдельный netpoll-поток, не создавая дополнительных потоков M.

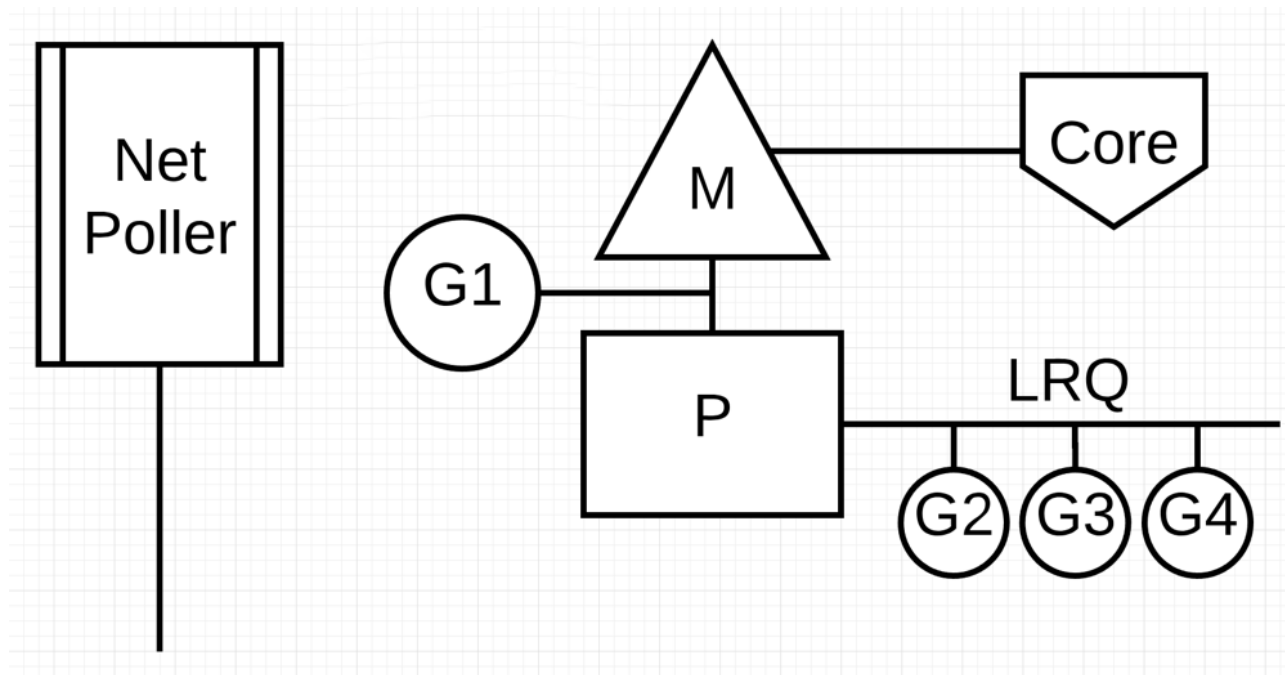


Рисунок 3

При асинхронном сетевом вызове планировщик Go (рис. 3) использует отдельный «сетевой поллер» (Net Poller), привязанный к

выделенному потоку ОС. Это означает, что горутина G1 может уступить управление и вернуться в локальную очередь P без создания нового потока M, пока Net Poller завершает операцию [2]. После завершения вызова горутина возвращается из блока в очередь и ожидает повторного выполнения на доступном M.

Синхронные системные вызовы: если горутина выполняет блокирующий системный вызов, связанный поток M не может продолжать выполнять Go-код. В этом случае планировщик «отвязывает» текущий M от P и при необходимости создает (или пробуждает) новый поток M для продолжения работы с этим P [2]. Например, на рис. после блокировки G1 планировщик отключает M1 от P и использует другой поток M2, чтобы продолжить выполнение задач из очереди P. Таким образом планировщик избегает простаивания всего P при блокирующем вызове одного M.

Контекст переключения: при переключении контекста между горутинami планировщик учитывает виды работы (например, взаимодействие с кучей для GC) и по возможности меняет горутинy «схожей активности» местами, чтобы оптимизировать кэширование и минимизировать паузы сборщика мусора.

Go 1.1: В начальных версиях (Go 1.0) планировщик имел только ресурсы G и M (модель GM). Это вызывало узкие места при высокой конкуренции. С выходом Go 1.1 в 2013 году был добавлен компонент P (GPM-модель). Введение P позволило разделить глобальную очередь готовых горутин на локальные очереди в каждом P и объединенную общую очередь, что снизило блокировки при получении задач из очереди. Также кеш памяти mcache был перемещен из каждого потока M в P, что уменьшило расход памяти и повысило локальность при аллокациях. Наконец, добавлены вспомогательные механизмы для создания дополнительных M при блокировках системных вызовов [3]. Эти изменения заметно улучшили производительность параллельных программ на Go по сравнению с ранними версиями.

Go 1.14: В версии Go 1.14 (2020) были реализованы асинхронные прерыватели горутин, благодаря чему бесконечные циклы без вызовов функций больше не приводят к «зависанию» планировщика. Также в 1.14 оптимизировано распределение системных таймеров – уменьшено число блокировок при больших GOMAXPROCS. Обновления привели к существенному снижению задержек при сборке мусора (уменьшению «stop-the-world») и снижению накладных расходов на отложенные функции [1]. Считается, что после Go 1.14 планировщик начал более активно прерывать горутинy и эффективнее распределять задачи.

Go 1.17–1.19: В последующих версиях продолжались доработки планировщика. Так, в Go 1.17 снизился расход CPU на «поиск новой работы» до 30% по сравнению с прежними реализациями. (Это означает меньшее время ожидания потоков M в цикле опроса очередей.) В Go 1.19

были усовершенствованы внутренние механизмы планирования и ограничения памяти, но крупные архитектурные изменения не производились, поскольку достигнутый механизм М–Р–G остался основой по настоящее время.

В других языках при организации параллелизма используются иные модели планирования:

Java (ExecutorService): Java использует модель 1:1 – для каждой «поток» программист создает полноценный поток ОС или берет его из пула (ExecutorService). Такие потоки тяжеловесны: выделяется большой стек (по умолчанию несколько МБ) и переключение между ними дорогостояще [7]. Go же создает очень легковесные горутин («зелёные потоки»), по 2–4 КБ начального стека, которые планировщик распределяет по ограниченному числу ОС-потоков. Это позволяет Go обслуживать сотни тысяч конкурентных горутин при небольшом расходе памяти. В Java после JDK 19 появились виртуальные потоки (Project Loom), концептуально близкие горутинам Go, но традиционно Java-программы до этого полагались на пул потоков ОС. В целом, отличие в том, что у Java переключение контекста и планирование управляется ОС и рантаймом JVM, тогда как Go управляет этим в своём рантайме (отсюда и меньшая стоимость переключений) [6].

Python (GIL и asyncio): В Python действует глобальная блокировка интерпретатора (GIL), которая разрешает выполнение байт-кода Python только одним потоком в каждый момент. Из-за этого потоки Python не дают ускорения на многоядерных CPU в задачах, связанных с вычислениями. Для асинхронной работы Python чаще использует asyncio – модель одного (локального) цикла событий, кооперативно переключающего задачи внутри одного потока. Следовательно, даже с asyncio параллелизм ограничен одним ядром без явного разделения на процессы. В Go такого ограничения нет: горутин могут исполняться на разных ОС-потоках и ядрах одновременно, что позволяет эффективно использовать многопроцессорные системы.

Ниже приведены примеры кода на Go, иллюстрирующие работу планировщика:

Листинг 1 – Пример код с прерыванием

```
package main
```

```
import (  
    "fmt"  
    "runtime"  
    "time"  
)
```

```
func main() {
```



```
// Устанавливаем использование одного логического процессора
runtime.GOMAXPROCS(1)
done := make(chan struct{})

// Горутина с бесконечным циклом (до Go1.14 могла блокировать
планировщик)
go func() {
    for {
        // tight loop
    }
}()

// Вторая горутина, которая должна выполняться благодаря
прерыванию
go func() {
    fmt.Println("Вторая горутина начала выполнение")
    close(done)
}()

<-done // ждем завершения второй горутины
}
```

В этом примере (листинг 1) при использовании Go версии 1.14 и выше вторая горутина (`fmt.Println`) сможет выполняться благодаря асинхронному прерыванию первой горутины. В более ранних версиях Go (до 1.14) бесконечный цикл мог препятствовать запуску второй горутины, так как не было безопасных точек для переключения.

Другой пример демонстрирует параллельное создание и ожидание группы горутин:

Листинг 2 – Пример код с параллельным созданием и ожиданием группы горутин

```
package main

import (
    "fmt"
    "sync"
)

func main() {
    var wg sync.WaitGroup
    for i := 0; i < 5; i++ {
        wg.Add(1)
        go func(id int) {
```

```
defer wg.Done()
fmt.Printf("Горутин %d\n", id)
}(i)
}
wg.Wait() // ждем завершения всех горутин
}
```

В этом примере (листинг 2) создаются пять горутин, каждая печатает свой номер. Планировщик Go распределяет их выполнение по доступным потокам М автоматически. Код демонстрирует конкурентное выполнение горутин и синхронизацию через `sync.WaitGroup` без явного управления потоками.

В итоге встроенный планировщик Go позволяет эффективно управлять большим количеством горутин, используя модель М–Р–G. Он сочетает преимущества многопоточного выполнения (load balancing через work-stealing) с легковесностью пользовательских потоков. За годы развития планировщика Go прошел эволюцию от простой модели GM к современной GPM с асинхронным прерыванием и оптимизированными таймерами. По сравнению с аналогами на Java и Python подход Go обеспечивает лучшее использование аппаратных ресурсов при высокой конкуренции. Приведенные схемы и примеры кода иллюстрируют основные принципы работы планировщика Go и его отличительные особенности.

Список литературы

1. Документация Go. Scheduler structures [Электронный ресурс] // go.dev. – URL: <https://go.dev/src/runtime/HACKING> (дата обращения: 13.05.2025).
2. Kennedy W., Townsend H. Scheduling In Go: Part II – Go Scheduler [Электронный ресурс] // ardanlabs.com. – 2018. – URL: <https://www.ardanlabs.com/blog/2018/08/scheduling-in-go-part2.html> (дата обращения: 13.05.2025).
3. SoByte. Analysis of Golang GPM Models [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://www.sobyte.net/post/2022-07/go-gmp/> (дата обращения: 13.05.2025).
4. StackOverflow. Why we add P rather than simply changing M in the design of Go scheduler? [Электронный ресурс] // StackOverflow. – 2020. – URL: <https://stackoverflow.com/questions/60481941> (дата обращения: 13.05.2025).
5. Документация Go. Go 1.14 Release Notes [Электронный ресурс] // go.dev. – 2020. – URL: <https://go.dev/doc/go1.14> (дата обращения: 13.05.2025).
6. Andersson T., Brenden C. Parallelism in Go and Java: A Comparison of Performance Using Matrix Multiplication [Электронный ресурс] // DiVA (Uppsala University). – 2017. – URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1220262/FULLTEXT01.pdf> (дата обращения: 13.05.2025).

7. Lu G. Java's Thread Model and Golang Goroutine [Электронный ресурс] // Medium.
– URL: <https://medium.com/@genchilu/javas-thread-model-and-golang-goroutine-f1325ca2df0c> (дата обращения: 13.05.2025).
8. The Go Blog. Go 1.19: The Go runtime: 4 years later [Электронный ресурс] // go.dev.
– 2022. – URL: <https://go.dev/blog/go119runtime> (дата обращения: 13.05.2025).

Сведения об авторе:

Морозов Даниил Владимирович, ассистент, МИРЭА- Российский технологический университет, (РТУ МИРЭА), Москва, Россия

Daniil Vladimirovich Morozov, Assistant Professor of the Department of Digital Transformation, MIREA-Russian University of Technology (RTU MIREA), Institute of Information Technology, Moscow, Russia

УДК 004.4

Морозов Д.В.

- Российский технологический университет, Москва, Россия

Асинхронность vs параллелизм: сравнительный анализ node.js и go

Аннотация: В статье сравниваются подходы к асинхронному выполнению задач в Node.js и параллельному — в языке Go (Golang). Рассмотрены общие понятия асинхронности и параллелизма [1], механизм событийного цикла (event loop) в Node.js и модель горутин в Go. Приведены практические примеры асинхронных операций (файловый ввод-вывод, вычислительные задачи) с практическими примерами кода на Node.js и Go. Проведено экспериментальное сравнение по таким метрикам, как время отклика (пропускная способность), потребление памяти, нагрузка на CPU и масштабируемость. На основе результатов тестов сделаны выводы и рекомендации: Go показывает более высокую производительность в задачах, требующих интенсивных вычислений и масштабируемости, тогда как Node.js эффективен в сценариях с большим количеством одновременных I/O-операций из-за низких накладных расходов на память.

Ключевые слова: Node.js, Go (Golang), асинхронность, параллелизм, событийная модель, event loop, горутина, многопоточность, производительность.

Morozov D. V.

Asynchrony vs concurrency: comparative analysis of node.js and go

Abstract: The paper compares approaches to asynchronous execution of tasks in Node.js and parallel execution in Go (Golang). Task execution in Node.js and parallel execution in Go (Golang) language. The article considers general concepts of asynchrony and parallelism, the mechanism of event loop in Node.jsnode.org, the mechanism of eventloop mechanism in Node.js and the Gorutin model in Go. Practical examples of asynchronous operations are given (file I/O, computational tasks) with code in Node.js and Go. An experimental comparison by such metrics as response time (throughput), memory consumption, and load capacity), memory consumption, CPU load, and scalability. On the basis of test results, conclusions and recommendations were made: Go shows higher performance in tasks that require intensive computations and scalability, while Node.js is effective in scenarios with a large number of simultaneous I/O operations number of concurrent I/O operations due to its low memory overhead memory.

Keywords: Node.js, Go (Golang), asynchrony, parallelism, event model, event loop, goroutine, multithreading, performance.

Асинхронность и параллелизм — близкие, но не идентичные понятия. Асинхронность описывает порядок выполнения кода: асинхронная функция возвращает управление до получения результата, обещая предоставить его позже. Параллелизм означает одновременное исполнение нескольких вычислений (например, на разных ядрах процессора) [1]. На

практике они часто пересекаются: асинхронные вызовы позволяют запускать задачи параллельно с основным кодом, но сами по себе могут выполняться на одном потоке (например, в едином цикле событий).

Node.js изначально разработан как однопоточная среда выполнения JavaScript с неблокирующим вводом-выводом. Он обрабатывает I/O-операции через событийный цикл (event loop) и не создаёт новые потоки для каждого запроса. Благодаря этому Node.js легко масштабирует операции, ждущие ввода-вывода, позволяя системе обрабатывать множество одновременных соединений без блокировки главного потока. Go (Golang), напротив, изначально заточен на параллелизм и конкурентность: при запуске функции с помощью ключевого слова “go” создаётся отдельная горутина — единица исполнения [3]. Несколько горутин могут совместно использовать один системный поток, позволяя эффективно использовать многопроцессорные системы.

Таким образом, при выборе между Node.js и Go важно понимать специфику работы их моделей: Node.js упрощает написание асинхронного кода без явной работы с потоками, а Go предоставляет высокую параллельность «из коробки» за счёт горутин и планировщика. Далее будет более подробно рассмотрено устройство событийного цикла в Node.js и модель горутин в Go, приведём примеры кода и оценим производительность обоих подходов в эксперименте.

Node.js использует однопоточный цикл событий (event loop) для обработки асинхронных задач. Это означает, что JavaScript-код выполняется в одном потоке, а длительные операции ввода-вывода выполняются, не блокируя цикл: при запуске такой операции Node.js передаёт её ядру ОС или библиотеке libuv. Современные ОС способны выполнять множество операций ввода-вывода параллельно. Когда операция завершается, ОС уведомляет Node.js, и соответствующий обратный вызов (callback) добавляется в очередь событий (event queue) для последующего выполнения в основном потоке [2].

Таким образом, даже в однопоточном окружении Node.js может обрабатывать тысячи одновременных соединений или файловых операций, не тратя время на ожидание завершения каждой из них. При этом Node.js по умолчанию запускает небольшой пул дополнительных потоков (libuv thread pool) для некоторых затратных системных вызовов (например, операций с файловой системой или криптографических функций) [6]. Однако основная модель работы — это событийный цикл, который эффективно распределяет callback'и. Как отмечает официальная документация, «event loop позволяет Node.js выполнять неблокирующие I/O операции несмотря на то, что по умолчанию используется один поток» [2].

В результате событийная модель Node.js оптимальна для ввода-вывода и работы с сетевыми запросами, когда большая часть времени процесс тратит на ожидание ответов. Благодаря отсутствию создания

нового потока на каждую задачу, Node.js демонстрирует низкое потребление памяти и умеренную нагрузку на CPU в условиях высокой I/O-нагрузки. Однако из-за однопоточности выполнение тяжёлых вычислительных задач (CPU-bound) в Node.js происходит последовательно и может блокировать цикл событий, ухудшая отзывчивость приложения.

Язык Go изначально задуман для эффективного параллелизма. Ключевым механизмом является горутина — единица исполнения, создаваемая ключевым словом “go”. При запуске горутин происходит одновременное выполнение указанной функции в той же адресной памяти. Благодаря небольшому начальному размеру стека горутин «дешёвы»: под них выделяется минимальный стек, который динамически растёт по мере необходимости. Горутины накладываются на системные потоки с помощью встроенного планировщика Go Runtime. Если одна горутина блокируется (например, на операции ввода-вывода), планировщик переносит управление другим горутинам, поддерживая высокую загрузку CPU.

По умолчанию среда Go использует столько системных потоков, сколько ядер CPU (значение переменной runtime.GOMAXPROCS) [5]. Это позволяет одновременно исполнять код в нескольких потоках, используя преимущества многоядерных процессоров. Горутины упрощают написание параллельного кода: достаточно перед функцией поставить “go”, и функция начнёт выполняться в фоне, в то время как основная программа продолжит работу. Для синхронизации горутин используются каналы (channels) и примитив sync.WaitGroup, которые позволяют легко организовать параллельное выполнение задач и ожидание их завершения.

Таким образом, модель Go обеспечивает явный параллелизм: даже если одна горутина блокируется на системном вызове, другие продолжают работать в других потоках. Это делает Go особенно эффективным в CPU-интенсивных сценариях и при высоком уровне конкуренции, когда требуется обработать множество задач одновременно. Однако использование множества горутин несёт дополнительный расход памяти (каждая горутина несёт стек), а управляемые потоки Go требуют ресурсов рантайма, что проявляется в более высоком пике потребления RAM по сравнению с Node.js [7].

Ниже приведены практические примеры асинхронных операций на Node.js и Go, демонстрирующие ключевые отличия в подходах.

Асинхронный файловый ввод-вывод в Node.js (с использованием коллбэков) представлен в листинге 1:

Листинг 1 - Асинхронный файловый ввод-вывод в Node.js

```
const fs = require('fs');

// Асинхронное чтение двух файлов:
fs.readFile('file1.txt', 'utf8', (err, data1) => {
  if (err) throw err;
  console.log('File1:', data1);
```

```
});  
fs.readFile('file2.txt', 'utf8', (err, data2) => {  
  if (err) throw err;  
  console.log('File2:', data2);  
});  
  
console.log("Запросы на чтение отправлены");
```

В этом примере функции `fs.readFile` отправляют запрос на чтение файла и немедленно возвращают управление. Когда ОС завершает чтение, соответствующие данные передаются в коллбэк и выводятся. За время выполнения операции «Запросы на чтение отправлены» выводится сразу, без ожидания завершения чтения. Это типичный пример неблокирующего I/O: основной поток не блокируется, и Node.js может одновременно обрабатывать и другие события.

Аналогичная операция в Go (с горутинами), представлена на листинге 2.
Листинг 2 – Чтение файлов с использованием языка GO

```
package main  
  
import (  
  "fmt"  
  "os"  
  "sync"  
)  
  
func main() {  
  filenames := []string{"file1.txt", "file2.txt"}  
  var wg sync.WaitGroup  
  
  for _, name := range filenames {  
    wg.Add(1)  
    go func(fname string) {  
      defer wg.Done()  
      data, err := os.ReadFile(fname)  
      if err != nil {  
        fmt.Println("Ошибка при чтении", fname, ":", err)  
        return  
      }  
      fmt.Println(fname, ":", string(data))  
    }(name)  
  }  
  
  wg.Wait() // Ждём завершения всех горутин  
}
```

В Go мы создаём две горутины для чтения файлов. Каждая горутинa выполняется параллельно; функция `os.ReadFile` блокирует только текущую горутину, а планировщик продолжает выполнение остальных. По завершении всех чтений (ждущихся через `wg.Wait()`) программа выводит содержимое обоих файлов. При этом управление каждая горутинa получает быстро, и Go задействует несколько потоков ядра для выполнения задач параллельно.

Листинг 3 - Параллельные вычисления (CPU-bound задачи) в Node.js

```
// Блокирующая функция вычисления числа Фибоначчи (синхронно):
function fib(n) {
  if (n < 2) return n;
  return fib(n - 1) + fib(n - 2);
}

// Запуск вычислений:
console.log(fib(35));
console.log(fib(35));
```

В Node.js этот код (листинг 3) выполнится последовательно: пока первая функция `fib` не завершится, код за ней не продолжит выполняться. Отзывчивость приложения в этот момент упадёт, так как однопоточный цикл событий занят вычислениями. Для распараллеливания CPU-задач в Node.js нужно использовать отдельные процессы или Worker Threads, что требует дополнительных усилий.

Листинг 4 - Параллельные вычисления в Go (горутину на каждую задачу)

```
package main

import (
  "fmt"
  "sync"
)

func fib(n int) int {
  if n < 2 {
    return n
  }
  return fib(n-1) + fib(n-2)
}

func main() {
```



```
var wg sync.WaitGroup
tasks := []int{35, 35}

for _, n := range tasks {
    wg.Add(1)
    go func(val int) {
        defer wg.Done()
        fmt.Println(fib(val))
    }(n)
}
wg.Wait()
}
```

В Go каждая горутина вычисляет число Фибоначчи независимо и одновременно с другими (листинг 4). При наличии двух и более ядер обе горютины могут выполняться параллельно. В результате время выполнения примерно вдвое меньше, чем при последовательной обработке. Go автоматически распределяет горютины по доступным ядрам, позволяя эффективно использовать многопроцессорную систему.

Эти примеры иллюстрируют подходы: Node.js упрощает асинхронный I/O через коллбэки (или промисы), но для CPU-задач требует ручного распараллеливания. Go изначально мультипоточный: горютины легко порождаются и автоматически планируются на несколько потоков CPU.

Для количественной оценки производительности были проведены тесты двух программ (на Node.js и Go), выполняющих аналогичные задачи, и замеры метрики: пропускную способность (requests per second), потребление памяти и нагрузку на CPU. Ниже приведены результаты в виде сравнительных графиков.

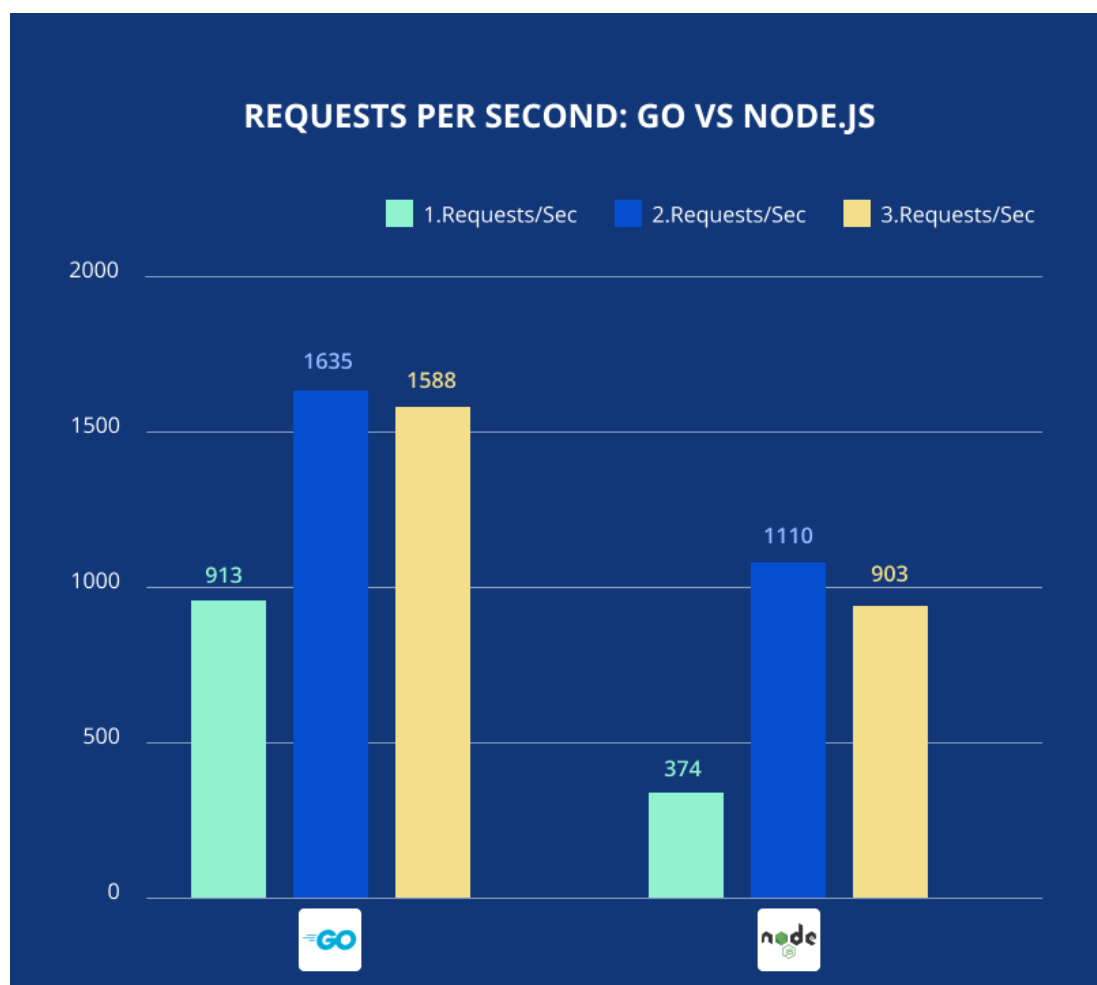


Рисунок 1. Сравнение пропускной способности (requests/sec) Node.js и Go при выполнении параллельных задач. [7].

На рис. 1 показано, сколько задач в секунду смогла обработать каждая программа. Из теста видно, что Go обработал существенно больше запросов по сравнению с Node.js. Это означает более короткое среднее время отклика на единичную задачу. Как отмечает исследование, Go «превосходит Node.js по количеству запросов в секунду» благодаря своей эффективности [7]. У Node.js пиковое время отклика было заметно выше (меньший throughput), особенно при увеличении нагрузки.

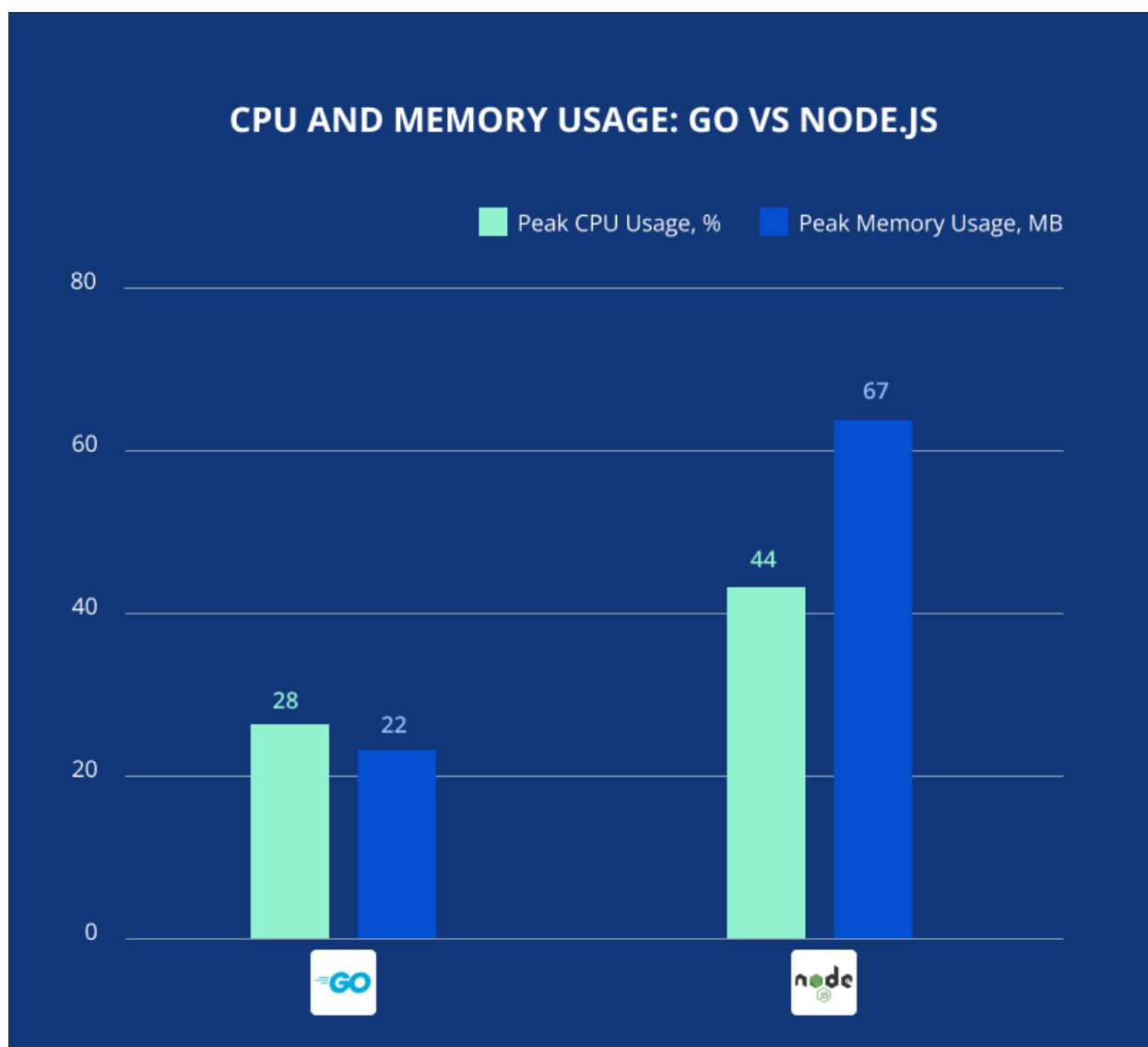


Рисунок 2. Нагрузка на CPU и потребление памяти при выполнении тех же задач. Зеленым показано пиковое использование CPU (%), синим — пиковое потребление RAM (МБ) [7].

Рисунок 2 показывает пиковую нагрузку на процессор и память для каждой среды. Для Go (слева) мы наблюдаем примерно 28% загрузку CPU и 22 МБ RAM, тогда как для Node.js (справа) — около 44% CPU и 67 МБ памяти. Таким образом, Go в данном сценарии потребил меньше ресурсов: у него более низкая нагрузка на CPU и почти вдвое меньший расход памяти по сравнению с Node.js. Подобные результаты согласуются с выводами других источников: Go, будучи компилируемым языком с эффективным планировщиком, демонстрирует превосходство в использовании ресурсов. Для Node.js наблюдается относительно стабильное и более низкое потребление памяти при многопоточной I/O-нагрузке, однако в этом тесте Node использовал больше памяти, что говорит о высокой нагрузке рантайма.

Масштабируемость. В наших экспериментах с ростом числа одновременно выполняемых задач (горутин или асинхронных вызовов) Go

показал почти линейный рост пропускной способности до числа ядер, тогда как Node.js без использования дополнительных процессов достигал насыщения при значительно меньшей нагрузке. Это связано с тем, что Go по умолчанию использует потоки всех доступных ядер [5], а Node.js оставался ограничен единым потоком рантайма, что приводило к очередям задач внутри одного event loop. Для достижения похожего масштабирования в Node.js потребовалось бы явно настраивать пул воркеров или запускать кластер процессов.

Подводя итог по экспериментальным результатам, можно отметить: Go в наших тестах выигрывает в скорости обработки и эффективности использования ресурсов, особенно в сценариях с высокими вычислительными и параллельными требованиями. Node.js демонстрирует преимущества в более экономном (линейном) потреблении памяти при простом I/O, но его производительность ограничена однопоточностью цикла событий. При оценке этих результатов следует учитывать специфику задачи: в примерах сильнее проявилась эффективность компилируемого языка Go при параллельной нагрузке.

В итоге сравнение показывает, что подход Node.js и подход Go по-разному подходят для различных типов задач. Node.js с однопоточным event loop превосходно справляется с большим количеством одновременных операций ввода-вывода при относительно низкой нагрузке на ресурсы, обеспечивая простой асинхронный API. Его модель упрощает разработку приложений с большим количеством однопоточных I/O (чатов, real-time приложений, потоковых сервисов) и позволяет быстро реализовывать сетевую логику благодаря большому набору готовых библиотек из репозитория npm. Go, благодаря встроенным горутинам и многопоточности, лучше подходит для высокопроизводительных и масштабируемых вычислений: он может эффективно распределять нагрузку по всем ядрам процессора, обеспечивая более низкую латентность (задержку) и большую пропускную способность в CPU-intensive сценариях.

Таким образом, выбор между Node.js и Go должен основываться на характере задачи. Если приложение в основном ожидает результата операций ввода-вывода (например, общение с БД, файловая система или сеть) и важна скорость разработки с использованием JavaScript, то Node.js будет хорошим выбором. Если же требуется максимальная производительность, параллелизм и минимальный оверхед при обработке большого числа сложных вычислительных задач, то Go (Golang) может обеспечить лучшие показатели. В любом случае оба подхода имеют свои сильные стороны и находят применение в реальных проектах, поэтому решения следует принимать, ориентируясь на конкретные требования (масштабируемость, нагрузку, требования к памяти и т.д.) [6].

Список литературы

1. Иван Сагалаев. «Асинхронность и параллельность». Softwaremaniacs.org, электронный ресурс. URL: <https://softwaremaniacs.org/blog/2011/10/10/asynchronous-vs-parallel/> (дата обращения: 12.05.2025).
2. Node.js Documentation. «The Node.js Event Loop». Node.js, электронный ресурс. URL: <https://nodejs.org/en/learn/asynchronous-work/event-loop-timers-and-nexttick> (дата обращения: 11.05.2025).
3. Node.js Documentation. «Overview of Blocking vs Non-Blocking». Node.js, электронный ресурс. URL: <https://nodejs.org/en/learn/asynchronous-work/overview-of-blocking-vs-non-blocking> (дата обращения: 11.05.2025).
4. The Go Programming Language. «Effective Go». Go.dev, электронный ресурс. URL: https://go.dev/doc/effective_go (дата обращения: 11.05.2025).
5. Go Documentation. «package runtime – Function GOMAXPROCS». pkg.go.dev, электронный ресурс. URL: <https://pkg.go.dev/runtime> (дата обращения: 11.05.2025).
6. Caio Borghi. «Node vs Go: API Showdown». Dev.to, электронный ресурс. URL: <https://dev.to/ocodista/node-vs-go-api-showdown-4nj1> (дата обращения: 10.05.2025).
7. Node.js vs Golang: Which Technology is Best for Your Project. JayDevs, электронный ресурс. URL: <https://jaydevs.com/nodejs-vs-golang/> (дата обращения: 10.05.2025).
8. WWT. «Node.js vs. Golang performance benchmark», электронный ресурс. URL: <https://www.wwt.com> (пример сайта с бенчмарками) (дата обращения: 10.05.2025).

Сведения об авторе:

Морозов Даниил Владимирович, ассистент, МИРЭА- Российский технологический университет, (РТУ МИРЭА), Москва, Россия

Daniil Vladimirovich Morozov, Assistant Professor of the Department of Digital Transformation, MIREA-Russian University of Technology (RTU MIREA), Institute of Information Technology, Moscow, Russia

УДК 625.7/.8

Кряжева А.В.

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

Влияние геосинтетических материалов на снижение деформаций в насыпях на слабых грунтах

Аннотация: В статье рассматривается влияние геосинтетических материалов на снижение деформаций насыпей, возводимых на слабых грунтах. Раскрыты такие процессы, как армирование основания, разделение слоёв, увеличение угла внутреннего трения, мембранный эффект, улучшение дренажа, повышение жёсткости и демпфирование динамических нагрузок. Проанализированы основные типы геосинтетиков. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании, строительстве и реконструкции автомобильных дорог с целью повышения их надёжности и долговечности.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, слабые грунты, дорожное строительство, насыпь, деформации, геотекстиль, георешётки.

Kryazheva A.V.

The impact of geosynthetic materials on reducing deformations in embankments on weak soils

Abstract: In the article are considered the effects of geosynthetic materials on reducing deformations in embankments constructed over weak soils. The study covers processes such as subgrade reinforcement, layer separation, increase of internal friction angle, membrane effect, drainage improvement, stiffness enhancement, and damping of dynamic loads. The main types of geosynthetics are analyzed. The results obtained can be used in the design, construction, and rehabilitation of highways to improve their reliability and durability.

Keywords: geosynthetic materials, weak soils, road construction, embankment, deformations, geotextile, geogrids.

Насыпи на слабых грунтах традиционно представляют собой проблему в строительстве автомобильных дорог из-за их склонности к значительным деформациям, что может привести к быстрому ухудшению качества дороги. Основной причиной таких деформаций является недостаточная несущая способность основания, а также недостаток прочности на сдвиг в верхних слоях грунта. Для решения этой проблемы в последние десятилетия активно используются геосинтетические материалы, которые помогают улучшить характеристики основания и увеличить долговечность дорожных конструкций.

Геосинтетические материалы (ГСМ) представляют собой группу высокотехнологичных строительных материалов, которые применяются в непосредственном контакте с грунтом с целью повышения устойчивости и эксплуатационных характеристик конструкций. Они активно используются

для усиления оснований, распределения нагрузок, дренажа, фильтрации и гидроизоляции в дорожном, железнодорожном и гидротехническом строительстве [1].

Практическое применение геосинтетических материалов особенно актуально в регионах с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями — переувлажнёнными, торфяными, илистыми и просадочными грунтами. В таких условиях традиционные методы усиления основания требуют значительных финансовых и трудовых затрат. Использование геосинтетиков позволяет существенно упростить конструктивные решения, повысить скорость строительства и сократить объём земляных работ.

Каждый тип геосинтетиков выполняет специфические функции в зависимости от инженерной задачи. По своей структуре они подразделяются на следующие основные виды: геотекстиль, георешётки, геосетки, геомембраны, геокомпозиаты, геоматы, геоячейки.

По степени проницаемости ГСМ классифицируют как: изолирующие (герметичные), влагонепроницаемые, газонепроницаемые, дренажные (пропускают воду, обеспечивая отвод влаги).

Также они различаются по способности к деформированию под нагрузкой и делятся на: нерастяжимые (высокой жёсткости), растяжимые и сверхрастяжимые (используются в условиях повышенных деформационных воздействий).

Расширенная информация о каждом геосинтетическом материале и его роли в укреплении основания представлена в таблице 1 [2-5].

Таблица 1. Виды геосинтетических материалов

Вид ГСМ	Описание	Основные функции	Роль в укреплении основания	Применение на слабом грунте
Геотекстиль	Тканый или нетканый материал на основе полиэфирных или полипропиленовых волокон.	Разделение, фильтрация, армирование	Предотвращает смешивание, стабилизирует структуру	Под насыпями, в дренажах
Георешётки	Материалы с жёсткой или полужёсткой структурой, изготовленные из ПЭТ, ПВХ или ПП, с ячейками различной формы (преимущественно квадратной или	Армирование, распределение нагрузок	Снижают деформации, увеличивают несущую способность	Под дорожным полотном, в насыпи

Вид ГСМ	Описание	Основные функции	Роль в укреплении основания	Применение на слабом грунте
	ромбовидной).			
Геоматы	Пространственные объёмные структуры из переплетённых синтетических нитей.	Эрозионная защита, армирование	Укрепляют склоны и откосы, защищают от осыпания	Склоны, откосы
Геосетки	Сетки с высокой прочностью на растяжение вдоль одной или двух осей, изготовленные методом экструзии.	Армирование, стабилизация	Повышают жёсткость основания	Под щебёночными слоями
Геомембраны	Непроницаемые пленочные материалы (чаще из ПЭНД)	Гидроизоляция	Предотвращают размыв и разрушение грунта	Болотистые участки, химически активные среды
Геоячейки	Объёмные сотовидные конструкции из термопластиков, которые заполняются песком, щебнем или грунтом.	Объёмная стабилизация	Удерживают заполнитель, снижают просадки	Основание на слабых грунтах
Геокомпозиты	Комбинированные материалы, включающие геотекстиль и дренирующий сердечник (сетку или мат)	Дренаж, фильтрация	Уменьшают поровое давление, отводят воду	Водонасыщенные основания, торфяники

Геосинтетические материалы применяются в насыпях на слабом основании прежде всего с целью повышения прочности, устойчивости и равномерности распределения нагрузок. Их воздействие на деформации можно разделить на механические, гидрологические и структурные эффекты. Ниже рассмотрены ключевые механизмы [5-8].

Основные механизмы воздействия геосинтетиков:

1. Армирование основания. Геосинтетики, такие как георешётки и геотекстиль с высокой прочностью на растяжение, работают как

армирующие элементы в основании насыпи. Они принимают на себя часть нагрузок и перераспределяют их по большей площади. Это позволяет уменьшить локальное напряжение в слабом грунте, снизить вертикальную деформацию основания, повысить сопротивление сдвигу. Например, при устройстве насыпи на торфяных или илистых грунтах георешётка замедляет развитие вертикальных осадков и предотвращает сдвиг насыпи по плоскости контакта. Эффективность армирования особенно велика при многослойной укладке геосинтетиков на разных глубинах основания.

2. Разделение слоёв. Геотекстильные материалы часто используются для разделения различных слоёв грунта или между грунтом и основанием насыпи. Это предотвращает загрязнение дренирующих слоёв мелкими частицами слабого грунта, снижение водопроницаемости под насыпью, а также нарушение структуры насыпи, вызывающее неравномерные осадки. В условиях переувлажнённых оснований геотекстиль способствует сохранению фильтрационных и прочностных характеристик дорожной одежды.

3. Увеличение угла внутреннего трения. Геосинтетики создают дополнительное сцепление между слоями насыпи, что особенно важно при строительстве на уклонах или в районах с высоким риском оползней. Механическое зацепление грунтовых частиц с ячеистой структурой геоматериала повышает общее сопротивление сдвигу. Это, в свою очередь, повышает устойчивость откосов насыпи и снижает вероятность бокового сдвига, разрушения конструкции или возникновения деформационных трещин.

4. Эффект мембраны. Когда геосинтетический материал располагается между насыпью и слабым грунтом, он под действием вертикальных нагрузок прогибается вниз, формируя своего рода «подвеску». Это вызывает перераспределение вертикальных нагрузок в горизонтальные напряжения, что позволяет перераспределить вес насыпи по большей площади. Такой «арочный эффект» способствует стабилизации основания, повышению несущей способности и уменьшению дифференциальных осадков. Особенно актуален этот эффект при устройстве дорожных насыпей в заболоченных и просадочных зонах.

5. Устранение порового давления и улучшение дренажа. Геотекстиль и дренажные геосинтетики (например, геосетки с дренирующими вставками или геоматериалы) активно участвуют в управлении водным режимом основания. Быстрый отвод избыточной влаги способствует снижению порового давления, уменьшает вероятность разжижения грунта и ускоряет консолидацию. В итоге повышается прочность основания, стабилизируется структура насыпи и снижается вероятность развития деформаций, вызванных вспучиванием, просадкой или суффозией.

6. Жёсткость системы "геосинтетик – насыпь". Совокупное применение геосинтетиков и грунтовых материалов создаёт композитную систему с повышенной жёсткостью. За счёт взаимодействия между элементами насыпи и геоматериала происходит ограничение подвижности частиц, что повышает стабильность всей конструкции. Это особенно важно при строительстве транспортной инфраструктуры с высокими требованиями к деформационной устойчивости.

7. Поглощение энергии при нагрузках. При действии динамических нагрузок (транспортные потоки, вибрации, осадки) геосинтетики частично поглощают механическую энергию, снижая амплитуду колебаний и уменьшая воздействие на слабый грунт. Благодаря демпфирующим свойствам они уменьшают кумулятивные деформации и замедляют развитие усталостных процессов в теле насыпи. Это особенно актуально при строительстве дорог в сейсмоопасных регионах и на территориях с нестабильными грунтами.

Вывод:

Использование геосинтетических материалов представляет собой перспективное направление в дорожном строительстве. Эти материалы значительно повышают долговечность дорог и снижают уровень деформаций, что приводит к снижению затрат на ремонт и увеличению срока службы дорожных покрытий.

Учитывая их эффективность, долговечность и универсальность, геосинтетические материалы заслуживают того, чтобы их применение стало обязательной частью современных строительных норм, особенно при работе в сложных инженерно-геологических условиях. Это шаг в сторону устойчивого и технологичного развития дорожно-транспортной отрасли.

Список литературы

1. Львович Ю.М. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве. // Обзорная информация. № 7. М. 2002. С. 4-5.
2. Фанин Е.Ю. Допуски и ошибки применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве // В сборнике: Пути улучшения качества автомобильных дорог Сборник статей. Под редакцией М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой; Самара: Изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 196-199.
3. Пономарев А.Б., Клевеко В.И., Татьянников Д.А. Анализ изменения прочностных характеристик геосинтетических материалов в процессе эксплуатации // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2014. № 3 (35). С. 11-16
4. Гаев Д.А., Гавриш В.В. Современные геосинтетические материалы и области их применения в строительстве // В сборнике: Будущее науки - 2013 материалы

Международной молодежной научной конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А., 2013. С. 131-139.

5. Павлова Л.В. Совершенствование качества автомобильных дорог с применением геосинтетических материалов // В сборнике: Пути улучшения качества автомобильных дорог Сборник статей. Под редакцией М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой; Самара: Изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 168-176.

6. Дормидонтова Т.В., Гареева Л.Х., Хламова С.В. Функциональные особенности геосинтетических материалов в слоях дорожной одежды // В сборнике: Пути улучшения качества автомобильных дорог Сборник статей. Под редакцией М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой. Самара: Изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 63-67.

7. Рубцова М.В., Клевеко В.И. Применение геосинтетического материала для обеспечения устойчивости автодорожной насыпи на слабом основании и сокращение сроков строительства // Экология и наукотехнический прогресс. Урбанистика. 2015. Т. 1. С. 489-497.

8. Боцман А.С. Применение тканых геосинтетических материалов в России // В сборнике: Пути улучшения качества автомобильных дорог. Под редакцией М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой. Самара: Изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 19-22.

Сведения об авторе:

Кряжева Анна Владиславовна, магистр, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

Kryazheva Anna Vladislavovna, Master's student, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

УДК 747.012

Гнедая И.А., Тишова Д.С.

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Способы реализации концепции «Алмаз» в общественных интерьерах и анализ аналогов

Аннотация. В статье рассматриваются основные способы реализации концепции «Алмаз», основанной на идеи образа драгоценного камня в интерьерах общественных помещений. Проводится анализ отечественных и зарубежных примеров дизайна интерьеров, в которых присутствуют элементы, составляющие образ данной концепции. Подчеркиваются ключевые методы и выявляются возможные варианты воплощения целостного образа идеи в визуальном решении интерьеров помещений.

Ключевые слова: интерьер; дизайн; концепция; алмаз; общественные помещения; проектирование; художественный образ; пространство.

Gnedaya I.A., Tishkova D.S.

Ways to implement the "diamond" concept in public interiors and the analysis of analogues

Abstract. The article discusses the main ways to implement the «Diamond» concept based on the idea of depicting a gemstone in the interiors of public spaces. The analysis of domestic and foreign examples of interior design, which contain elements that make up the image of this concept, is carried out. The key techniques are highlighted and possible variants of the embodiment of the holistic image of the idea in the visual solution of interiors are identified.

Keywords: interior; design; concept; diamond; public spaces; engineering; imagery; space.

Введение.

При проектировании зданий и помещений основополагающими принципами является соблюдение трех главных критериев: прочность, польза и красота. В русле современных тенденций при проектировании помещений последнему критерию – художественному образу, отводится особая роль. Интерьер пространства имеет наибольшую ценность, если он помимо визуальной привлекательности, имеет уникальный и запоминающийся дизайн. Это особенно важно для общественных пространств. Ведь оригинальный, продуманный и гармоничный образ помещения вызывает больший интерес у посетителя, ярче впечатления и создает особенную связь с местом. Яркий и уникальный образ интерьера может быть достигнут благодаря интересной концепции дизайна, которая помимо визуальной красоты, подчеркнет особенность заведения своей атмосферой через элементы архитектурно-дизайнерского решения. В современном дизайне интерьеров все большую популярность приобретают

концепции, вдохновленные природными элементами и драгоценными материалами. Алмаз, как символ совершенства, чистоты и вечности, становится главным источником вдохновения для проектирования пространств, сочетающих эстетику и функциональность. Геометрическая огранка алмаза, игра света и многообразие оттенков позволяют создавать интерьеры, которые визуально расширяют пространство, добавляют ему динамики и эксклюзивности. Актуальность концепция приобретает в создании интерьеров, где важно подчеркнуть статусность, роскошь, элегантность.

Анализ отечественного и зарубежного опыта.

Для того чтобы реализовать концепцию и воплотить образ алмаза в интерьере, необходимо провести анализ отечественных и зарубежных аналогов. Найти интересные примеры и отметить подходящие элементы.

Инсталляция Light Origami

Проект, разработанный дизайнерами из Токио, приглашает посетителей погрузиться в волшебную и необычную среду, где они смогут отдохнуть от обыденных будней и городского стресса. Внутреннее пространство инсталляция состоит из 330 алюминиевых композитных панелей, сделанных вручную (рис.1). Панели, выполненные из оргстекла и пол с зеркальной отделкой создают множественное отражение силуэтов и света. Само освещение было запрограммировано на несколько режимов света разного цвета, температуры и интенсивности.



Рис.1. Композитные панели инсталляции



Рис.2. Вход в инсталляцию Light Origami

Вывод по проекту: данная работа построена на прямых и угловатых формах, которые полностью характерны для формы алмаза и напрямую отражают его силуэт. Входная зона сделана из плоских и объемных треугольных форм (рис.2). Покрытие пола также разбито на несколько треугольников, расходящихся от центра к граням стен. Важным элементом служат зеркальная отделка деревянного пола и панели из оргстекла, которые создают интересную и динамичную игру света. Отражение света и красивое свечение с переливами на стенах, потолке и полу подобно тому, как выглядит настоящий алмаз, через который проходит солнечный или естественный свет.

Форма, материал и свет – главные элементы интерьера в данном проекте,

которые могут послужить источником вдохновения для создания пространства в концепции алмаз и наиболее ярко выразить его образ.

Отель Sheraton, Дубай

В холле отеля по центру расположена конструкция высотой 11 метров, состоящая из 124 геометрических фигур в янтарных, прозрачных и бронзовых тонах (рис.3). Конструкция разработана таким образом, чтобы ее отражающие поверхности отражали свет на стены и пол отеля. Сами фигуры подсвечиваются изнутри, создавая сочетание функциональности и яркого декора. Что очень привлекательно и выигрышно смотрится в просторных помещениях с высокими потолками.

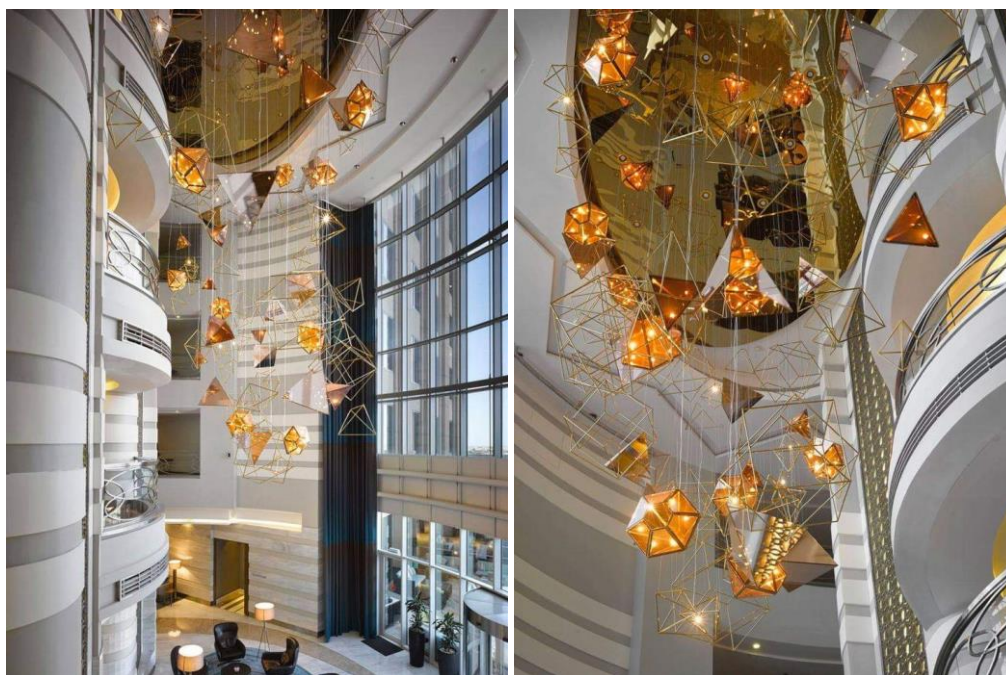


Рис.3. Конструкция в холле отеля Sheraton

Вывод по проекту: декоративная конструкция с функцией освещения хороший элемент, который можно внедрить в дизайн интерьера с концепцией «Алмаз». Четкие геометрические формы фигур в конструкции характерны для формы алмаза. Крепление фигур на потолке в парящем состоянии является хорошим решением для того, чтобы несмотря на большой вес и размер, конструкция выглядела более легкой и утонченной, так как алмаз не ассоциируется с тяжестью. Размещение фигур на расстоянии выше половины высоты помещения привлечет больше внимания посетителей и позволит фигурам отбрасывать свет на большую площадь поверхности помещения. Однако применяя в интерьере с концепцией «Алмаз» похожие светильники или целую конструкцию будет лучше использовать цвета более характерные для алмаза: синий; изумрудный; аметистовый; белый; серый, а формы – четкие геометрические; напрямую похожие на форму алмаза или кристалла.

Музей Лувр, Абу-Даби

Интерьер художественного музея спроектирован в минимализме, делающим акцент на экспонатах. Основные характеристики дизайна: геометрия; простота; баланс и естественное освещение, проникающее через узоры потолка.



Рис.4. Интерьер музея Лувр в Абу-Даби

Вывод по проекту: в данном проекте хочется сделать акцент на мебели и декоре четких геометричных форм с острыми углами, которая отлично будет смотреться в «алмазном» интерьере (рис.4). Линии пола и потолка также имеют прямые линии. Но если на полу они разбивают поверхность на несколько больших форм, то на потолке изображен целый узор из треугольников, собирающихся в ромбы. В интерьере с концепцией «Алмаз» можно повторить подобные элементы, доведя линии и формы еще более приближенные к форме алмаза, чтобы художественный образ был более узнаваемым.

Также стоит обратить внимание на свет в помещении. Камень алмаз способен как пропускать свет, так и отражать его. Чтобы повторить это явление в интерьере, стоит использовать отражающие материалы, зеркала, интересную подсветку по периметру стен или пола, окна и потолок через, которые будет проходить естественный свет. Подобные приемы использованы и в данном проекте музея.

Бутик-отель The Gamma, Санкт-Петербург

The Gamma hotel – бутик-отель в центре делового Петербурга. В состав отеля входит несколько общественных помещений и гостиничные номера. Все они преимущественно выполнены в благородный серой гамме. Индивидуальность отеля подчеркивается различными предметами декора, разработанными специально для отеля. В интерьерах используется большое количество зеркал, элегантная мебель четких геометрических форм, глубокие благородные цвета, изысканный декор и светильники, сочетание мрамора и дерева в отделке поверхностей.

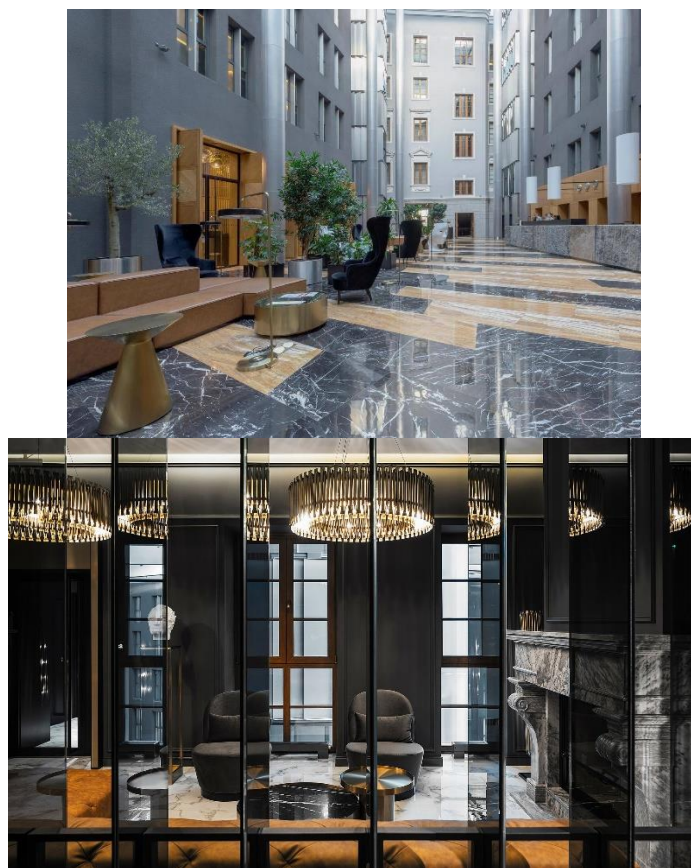


Рис.5. Помещения бутик-отеля The Gamma

Вывод по проекту: в данном интерьере нет прямых отсылок к образу алмаза, но есть определенные элементы, которые могут быть использованы в реализации концепции «Алмаз» в интерьере. В первую очередь хочется отметить саму атмосферу заведения, так как образ алмаза предполагает создание интерьера с изысканной, благородной, элегантной атмосферой. В данном проекте это реализуется через использование таких материалов как: мрамор; стекло; хрусталь; металлические акценты. Использование зеркал и зеркальных поверхностей визуально увеличивает пространство, а симметричность, четкая геометрия форм поддерживает образ алмаза.

Вывод.

Реализованного дизайна интерьера в концепции «Алмаз» при долгом и обширном поиске не было найдено. Но проанализировав аналоги на примере интерьеров общественных помещений, были выявлены и описаны различные элементы, благодаря комбинации которых можно воссоздать прямой и яркий художественный образ алмаза в интерьере.

Список литературы

1. Титов А.Л. Основы архитектурного проектирования. Интерьер несложного общественного здания: учебное пособие, 2018. — 108с.
2. Новикова Е.Б. Интерьер общественных зданий. 2-е изд., перераб. — М.: Стройиздат, 1991. — 368 с.
3. Сиванькова А.А. Особенности современных стилистических тенденций в дизайне интерьера / А.А. Сиванькова, И.Н. Брянский // Студент, старший преподаватель. — 2016. №10.
4. Раннев В.Р. Интерьер: учебное пособие для архит. спец. вузов. — М.: высш. шк., 1987. — 232 с.
5. Ковалёва Л. К. Особенности формирования современного стиля в дизайне жилых помещений / Л. К. Ковалёва, Т. В. Сичкарь // Либерально-демократические ценности. — 2023. № 4.
6. Слесарева Г.В., Сычева В.В. Визуальное восприятие интерьерного пространства на зрителя // Бизнес и дизайн ревю. — 2018. №1 (9). С. 11
7. Цветкова О.Е. Интерьер: планировка и оформление. — М.: Ниола-пресс, 2009. — 32 с.

Сведения об авторах:

Гнедая Ирина Анатольевна, старший преподаватель, Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Тишова Дарья Сергеевна, студент, Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Gnedaya Irina Anatolyevna , Senior Lecturer, Volgograd State Technical University (IAiS VolgSTU), Institute of Architecture and Construction , Volgograd, Russia

Tishkova Darya Sergeevna, Bachelor's degree student, Volgograd State Technical University (IAiS VolgSTU), Institute of Architecture and Construction , Volgograd, Russia

Решетникова Д.Р.

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Методика оценки эффективности цифровых решений и ее применение для создания интегрированных платформ

Аннотация: В условиях стремительной цифровизации и роста сложности ИТ-ландшафтов компаний возрастает необходимость системной оценки цифровых решений, особенно тех, что используются для интеграции разрозненных информационных систем. В статье предлагается методика комплексной оценки эффективности цифровых решений, сочетающая принципы системного анализа, экономической обоснованности и организационной пригодности. В качестве основы предлагается многокритериальная модель с тремя векторами результативности: технологическим, организационным и экономическим. Проведена концептуализация подхода, представлен сравнительный анализ интеграционных платформ и описана процедура применения методики в реальных условиях цифровой трансформации бизнеса.

Ключевые слова: цифровые технологии, эффективность, интеграционные ИТ-платформы, системный подход, цифровизация, TCO, многокритериальный анализ, организационная трансформация.

Reshetnikova D.R.1

Methodology for evaluating the effectiveness of digital solutions and its application to create integrated platforms

Abstract: In the context of rapid digitalization and the increasing complexity of companies' IT landscapes, there is an increasing need for a systematic assessment of digital solutions, especially those used to integrate disparate information systems. The article proposes a methodology for the comprehensive assessment of the effectiveness of digital solutions, combining the principles of system analysis, economic validity and organizational suitability. A multi-criteria model with three performance vectors is proposed as the basis: technological, organizational and economic. The conceptualization of the approach is carried out, a comparative analysis of integration platforms is presented, and the procedure for applying the methodology in real conditions of digital business transformation is described.

Keywords: digital technologies, efficiency, integration IT platforms, system approach, digitalization, TCO, multi-criteria analysis, organizational transformation.

Введение

Цифровые технологии становятся неотъемлемой частью стратегических инициатив организаций в различных отраслях. С ростом объема данных, усложнением процессов и необходимостью оперативного принятия решений на основе комплексных информационных потоков возникает потребность в интеграции информационных систем в рамках единой архитектуры. Однако сам факт внедрения цифрового решения не

гарантирует его результативности. Это делает необходимым создание научно обоснованных методик, позволяющих производить количественную и качественную оценку эффективности ИТ-решений на этапе предпроектного анализа, в процессе внедрения и по его итогам.

Теоретико-методологическая основа оценки цифровых решений формируется на базе нескольких взаимодополняющих научных направлений. В условиях цифровой трансформации предприятий и роста комплексности ИТ-инфраструктур наблюдается необходимость пересмотра традиционных подходов к обоснованию и анализу эффективности внедряемых цифровых инициатив. Современные методики оценки должны учитывать не только технические параметры решений, но и их влияние на организационную структуру, бизнес-процессы и экономическую устойчивость компании.

Одним из базовых подходов является системный анализ, согласно которому цифровое решение рассматривается как составной элемент сложной организационной системы. Взаимодействие между элементами такой системы определяет конечный результат внедрения, что требует учета синергетических эффектов и вторичных последствий. Системное мышление позволяет оценивать влияние решения на архитектуру процессов, взаимосвязи между подразделениями и устойчивость к внешним вызовам[2].

Следующим компонентом методологической рамки выступает концепция жизненного цикла цифрового решения, согласно которой эффективность продукта следует анализировать на всех этапах его существования: от проектирования и внедрения до эксплуатации, модернизации и списания. Это подразумевает интеграцию категорий начальных инвестиций, операционных расходов, затрат на сопровождение и обновление, а также оценку остаточной ценности цифрового ресурса.

Методика полной стоимости владения (так называемый подход ТСО) выступает в качестве инструмента количественной оценки совокупных затрат, возникающих в течение жизненного цикла ИТ-решения[5]. Такой подход позволяет отказаться от упрощенных моделей, ориентированных только на первоначальные вложения или непосредственную рентабельность. При этом важно включение скрытых затрат, связанных с обучением персонала, адаптацией бизнес-процессов, рисками простоев и потерей производительности в переходный период.

Отдельное значение приобретает многокритериальный анализ, позволяющий объединять различные по природе показатели эффективности. Методология сравнительного оценивания базируется на агрегировании нормализованных частных показателей, представляющих различные аспекты (например, технические характеристики, уровень автоматизации процессов, влияние на производственные издержки). Такая

модель позволяет учитывать приоритетность критериев, варьирующуюся в зависимости от отрасли, масштаба и стратегических задач организации[4].

Теоретическая рамка исследования

Оценка эффективности цифровых решений представляет собой междисциплинарную задачу, в которую вовлечены компоненты экономики, управления, информатики и организационного поведения. Основу теоретического анализа составляет интеграция нескольких ключевых концептов:

2.1. Системный подход. Согласно классической теории систем (Л. фон Берталанфи), любая информационная система должна рассматриваться во взаимосвязи с внешней и внутренней средой, включая функциональные, ресурсные и управленческие аспекты. Следовательно, оценка цифрового решения не может быть ограничена техническими метриками, а должна учитывать влияние на всю систему предприятия.

2.2. Методология полной стоимости владения (ТСО – Total Cost of Ownership). Концепт предполагает учет не только первичных затрат на внедрение цифрового продукта, но и издержек, связанных с сопровождением, масштабированием, обучением персонала и модернизацией решений.

2.3. Многокритериальная оптимизация. Использование нескольких критериев оценки (технологического, организационного, экономического) позволяет учесть комплексный эффект и противоречивость отдельных параметров (например, высокая производительность может сопровождаться чрезмерными издержками) [1].

2.4. Теория жизненного цикла цифрового решения. Эффективность ИТ-системы меняется во времени: от внедрения и адаптации до стабильной эксплуатации и последующего морального устаревания. Это требует наличия методики, способной учитывать фактор временного горизонта.

Таким образом, теоретическая рамка статьи включает объединение системного подхода, принципов управления жизненным циклом ИТ-продукта и экономических моделей оценки возврата инвестиций.

Методология оценки эффективности

Предлагаемая методика базируется на модели трёхмерной эффективности:

Технологическая результативность (Т) — отражает техническое совершенство, совместимость, производительность, безопасность, масштабируемость решения.

Организационная результативность (О) — оценивает влияние решения на внутренние процессы компании, включая адаптацию сотрудников, скорость операций, управляемость процессов, снижение зависимости от индивидуальных компетенций.

Экономическая результативность (Е) — характеризует соотношение затрат на внедрение и эксплуатацию с достигнутыми финансовыми результатами (рост выручки, сокращение издержек, повышение рентабельности).

Интегральный показатель эффективности формируется как агрегированная оценка этих трёх блоков с учетом совокупной стоимости владения (ТСО):

$$\text{Индекс\_эфф} = (\alpha \times T + \beta \times O + \gamma \times E) / \text{ТСО}$$

Значения α , β и γ определяются в зависимости от стратегических приоритетов компании. Например, для стартапа приоритет может быть отдан экономическому показателю, а для технологической корпорации — технологическому.

Каждый блок формируется из набора нормированных частных показателей. Пример для блока Т:

Надежность (время безотказной работы)

Безопасность (число критических уязвимостей)

Масштабируемость (количество пользователей без деградации сервиса)

Этапы применения методики

Формулирование целей цифровизации: идентификация задач, решаемых цифровой платформой.

Определение состава метрик: выбор релевантных частных показателей для Т, О, Е.

Сбор и нормализация данных: перевод метрик в шкалу 0–1 для сопоставимости.

Агрегация и расчет индексов эффективности: взвешивание и суммирование по блокам.

Анализ интегрального показателя и выработка рекомендаций: принятие решений о внедрении, масштабировании или модификации решений.

Эмпирическое применение: сравнительный анализ

Проведен сравнительный анализ трёх архитектурных решений (SOA, микросервисы, гибрид) в гипотетической организации среднего масштаба.

Платформа	Т	О	Е	ТСО	Интегральный индекс
SOA	0.72	0.66	0.68	100	0.0069
Микросервисы	0.81	0.70	0.64	120	0.0062
Гибрид	0.78	0.76	0.73	110	0.0072

Результаты демонстрируют наибольшую сбалансированность гибридного подхода, особенно при равномерных весах эффективности.

Прикладные кейсы

Кейс 1. Оптимизация логистики: внедрение цифровой платформы позволило снизить себестоимость на 4%, ускорить процесс маршрутизации в 5 раз, повысить удовлетворённость персонала на 35% по внутренним опросам.

Кейс 2. CRM в ритейле: применение аналитической CRM-системы обеспечило рост выручки на 16%, сокращение времени обработки заявок на 60%, а также положительный социальный ROI (с 1.0 до 1.5).

Научная и практическая значимость

Разработанная методика решает задачу комплексной оценки цифровых решений с учётом системной природы цифровизации. В отличие от классических моделей ROI/NPV, она позволяет учитывать немонетарные эффекты, такие как организационная гибкость, уровень цифровой зрелости и удовлетворённость сотрудников.

Научная новизна выражается в следующем:

Формализация критериев многомерной эффективности в модели, пригодной к нормированию и агрегации.

Возможность настройки под стратегические цели предприятия.

Применимость как в коммерческом, так и в государственном секторе.

Практическая ценность состоит в снижении инвестиционных рисков и повышении обоснованности управленческих решений на всех этапах цифровизации.

Заключение

Цифровая трансформация требует не просто внедрения технологий, но и осмысленного управления их результативностью. Предложенная методика — это инструмент оценки, позволяющий организациям принимать решения, основанные на данных, а не на предположениях. Она повышает прозрачность цифровых инвестиций, обеспечивает сравнимость альтернатив и способствует формированию устойчивой цифровой архитектуры.

Список литературы

1. Веснин В.Р. Стратегическое управление: учеб. пособие. — М.: Проспект, 2018. — 328 с.
2. Варфоломеева А.О., Коряковский А.В., Романов В.П. Информационные системы организации: учеб. пособие. — М.: Инфра-М, 2017. — 345 с.
3. Ильин Д.Ю. Методы оценки цифровых архитектур // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2024. — Т. 30, № 3. — С. 45–52.
4. Оценка жизненного цикла ИТ-решений // Экономика и управление. — 2023. — № 4. — С. 62–70.
5. Тейлор П. Управление ИТ-решениями в условиях неопределенности: пер. с англ. — СПб. : Питер, 2022. — 256 с.

Сведения об авторе:

Решетникова Д.Р., студент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

УДК 004.91

Горбунов В.В.

Российский Технологический Университет, Москва, Россия

Применение пространственных кривых и методов машинного обучения для оптимизации обработки мультимедийных данных

Аннотация: Быстрый рост объемов мультимедийной информации — изображений, видео, аудиофайлов — требует более эффективных методов её хранения, передачи и обработки. Одним из эффективных подходов является использование пространственной кривизны — кривых Гильберта, Z-order, Пеано, обеспечивающих компактное одномерное представление многомерных данных с сохранением их локальной структуры. Для автоматизированного выбора схемы используется машинное обучение — методы SVM, KNN, Random Forest, что позволяет учитывать характеристики сжимаемых данных и сетевые условия. В данной работе приведены учебное изложение, обзор методов обучения классификаторов и потенциальные области применения данного метода.

Ключевые слова: Мультимедийные данные; пространственные кривые; кривая Гильберта; Z-order; кривая Пеано; машинное обучение; метод опорных векторов; случайный лес; оптимизация передачи данных; сжатие мультимедиа; адаптивная обработка.

Gorbunov V.V.

Application of spatial curves and machine learning methods to optimize multimedia data processing

Abstract: Rapid growth of multimedia information volumes - images, videos, audio files - requires more efficient methods of its storage, transmission and processing. One of the effective approaches is the use of spatial curvature - Hilbert, Z-order, Peano curves, which provide compact one-dimensional representation of multidimensional data while preserving their local structure. Machine learning - SVM, KNN, Random Forest methods are used for automated scheme selection, which allows taking into account the characteristics of compressible data and network conditions. This paper provides a tutorial presentation, an overview of classifier learning methods and potential applications of this method.

Key words: Multimedia data; spatial curves; Hilbert curve; Z order; Peano curve; machine learning; support vector method; Random Forest; data transfer optimization; multimedia compression; adaptive processing.

Введение

Рост объемов мультимедийной информации — изображений, видео и аудиофайлов — обострил проблемы, связанные с эффективным хранением, обработкой и передачей таких данных. Увеличение разрешения и сложности контента приводит к возрастанию требований к вычислительным ресурсам и пропускной способности каналов связи.

Традиционные методы компрессии и передачи, основанные на универсальных алгоритмах и протоколах, демонстрируют ограниченную эффективность в условиях высокой нагрузки и нестабильных сетевых параметров. Особенно это проявляется в задержках, потере качества и слабой адаптивности к структуре данных.

Одним из перспективных направлений оптимизации выступает использование пространственных кривых, таких как Гильберта, Z-order и Пеано. Эти методы позволяют преобразовывать многомерные данные в одномерные представления с сохранением локальности, что повышает эффективность сжатия и упорядочивания информации.

Однако эффективность конкретной кривой зависит от структуры и характеристик входных данных. В связи с этим становится актуальной задача автоматического выбора наиболее подходящей кривой. Для её решения применяются алгоритмы машинного обучения, способные на основе признаков данных предсказывать оптимальный метод обработки.

Цель настоящей работы — исследовать возможности применения пространственных кривых в задачах хранения и передачи мультимедиа, а также разработать подход к интеллектуальному выбору кривой с использованием методов машинного обучения.

1 Пространственные кривые в обработке мультимедийных данных

Пространственные кривые представляют собой математические конструкции, преобразующие многомерные данные в одномерные последовательности с минимальными потерями локальной структуры. Это свойство особенно ценно при работе с изображениями, видео и другими мультимедийными форматами, где важна пространственная близость элементов при сжатии, индексировании и передаче.

Среди наиболее известных кривых — кривая Гильберта, обладающая высокой степенью сохранения локальности и фрактальной структурой; кривая Z-order (Лебега), обеспечивающая простую и быструю реализацию за счёт чередования битов координат; а также кривая Пеано, отличающаяся полным покрытием пространства и высокой плотностью, но более ресурсоёмкая при построении. Каждая из них применима в разных условиях: Гильберта — при приоритетной важности локальности, Z-order — при ограниченных ресурсах, Пеано — при высокой точности индексирования.

Применение таких кривых позволяет повысить эффективность сжатия мультимедиа, ускорить доступ к данным и уменьшить объём передаваемой информации, что особенно важно для потоковых сервисов, облачных хранилищ, ГИС и видеокодеков.

2 Автоматизация выбора пространственной кривой с использованием машинного обучения

Выбор подходящей пространственной кривой при обработке мультимедийных данных зависит от множества факторов: структуры и объёма данных, требований к качеству, ограничений по времени и характеристик среды передачи. В условиях реального времени учесть все эти параметры вручную затруднительно, особенно при работе с большими и разнородными мультимедийными наборами.

Решение данной задачи целесообразно формулировать как многоклассовую классификацию, где класс соответствует выбору одной из описанных выше кривых, а модель предсказывает оптимальный вариант на основе характеристик данных. Среди признаков могут использоваться: размер файла, разрешение, вариативность значений, допустимые потери качества и ограничения по времени обработки.

Для построения классификатора рассматривались три алгоритма:

SVM — точный, особенно на небольших выборках, но чувствительный к параметрам и ресурсоёмкий при масштабировании;

KNN — простой и интерпретируемый, однако требует больших вычислений при предсказании;

Random Forest — устойчив к переобучению, хорошо работает с высокоразмерными данными и показал лучшие результаты в эксперименте.

Процесс обучения включает формирование обучающей выборки из обработанных мультимедийных объектов, извлечение признаков, автоматическую разметку наиболее эффективной кривой, подбор гиперпараметров и тестирование модели по метрикам точности и F1.

Интеграция такой интеллектуальной модели в систему позволяет динамически адаптироваться к условиям и типу данных, повышая эффективность хранения и передачи мультимедиа. Метод обеспечивает баланс между качеством, скоростью и нагрузкой, что особенно актуально для распределённых и ресурсоограниченных систем.

3 Экспериментальное исследование

Для оценки эффективности предложенного метода автором статьи были проведены эксперименты по обучению моделей машинного обучения для выбора оптимальной пространственной кривой в зависимости от характеристик мультимедийных данных.

3.1 Подготовка данных

В качестве обучающих данных использовались как сгенерированные, так и реальные изображения с различной плотностью пикселей, текстурой и размером. Для каждого файла вручную определялась наилучшая кривая по критериям локальности и степени сжатия. Извлекались признаки: размер, плотность и повторяемость пикселей, соотношение сторон, параметры текстуры. Данные были разделены на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80/20.

3.2 Обучение моделей

Были обучены три классификатора: SVM, KNN и Random Forest. Настройка гиперпараметров выполнялась с помощью перекрёстной проверки (k-fold). Модели обучались на сформированной выборке и оценивались по точности классификации.

3.3 Результаты

На тестовой выборке точность составила:

Random Forest — 92%;

SVM — 88%;

KNN — 85%.

Как видно на Рисунке 1, Random Forest продемонстрировал наилучшие результаты по всем наборам данных, особенно при наличии выраженной пространственной структуры, что подтверждает его пригодность для данной задачи.

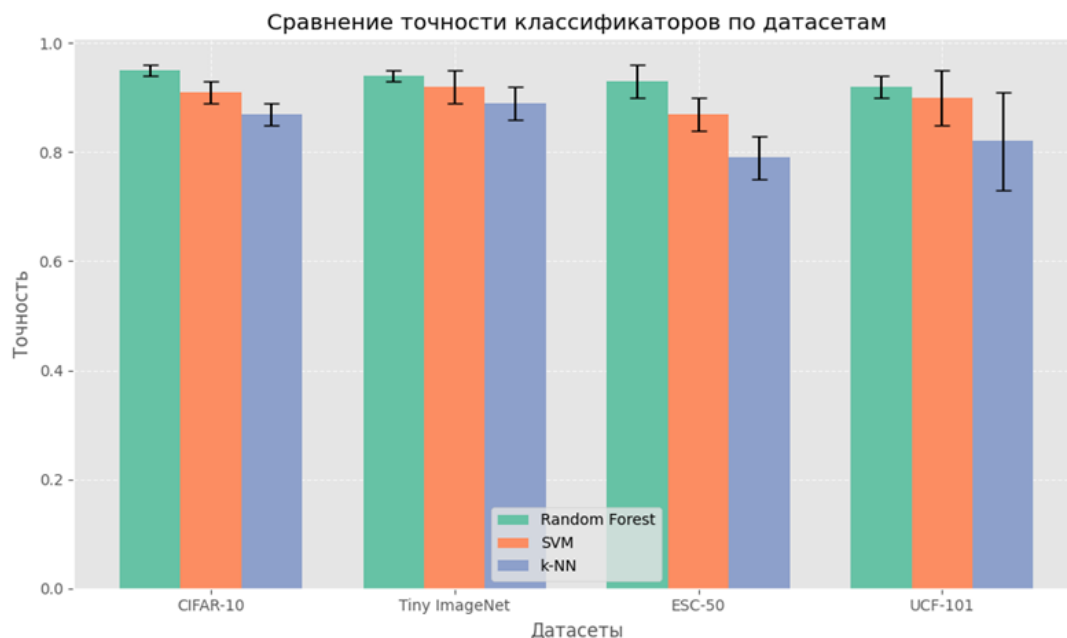


Рисунок 1 — Сравнение точности классификаторов по датасетам.

Эксперименты показали, что использование машинного обучения позволяет надёжно автоматизировать выбор пространственной кривой, повышая эффективность хранения и передачи мультимедийных данных.

4 Потенциальные области применения

Совмещение пространственных кривых и методов машинного обучения даёт практический эффект в задачах, где важны эффективность передачи, сжатия и адаптация к сетевым условиям. Особенно актуален подход в системах с ограниченными ресурсами и высокими требованиями к качеству обслуживания.

Мобильные приложения

В условиях нестабильных сетей и ограниченной пропускной способности (3G/4G/5G) пространственные кривые позволяют оптимизировать структуру мультимедийных файлов до передачи, а

машинное обучение — выбирать наилучший способ обработки. Это полезно в мессенджерах, видеозвонках, приложениях обмена изображениями и мобильных стриминговых сервисах.

Потоковые видеосервисы

Видеохостинги и стриминговые платформы выигрывают за счёт компактной упаковки видеоданных и адаптации параметров передачи под состояние сети. Динамический выбор кривой позволяет снизить задержки и повысить стабильность воспроизведения.

Облачные хранилища

Пространственное упорядочение данных ускоряет загрузку и выгрузку, улучшает кэширование и снижает сетевую нагрузку. Интеллектуальная обработка позволяет автоматически подбирать стратегию хранения под особенности контента.

Медицинские системы

В медицинской визуализации (МРТ, КТ, УЗИ) требуется высокая точность при ограничениях по объёму хранения и передаче. Пространственные кривые помогают сохранить локальность и повысить эффективность компрессии, а интеллектуальный выбор обработки — адаптироваться к задачам телемедицины и удалённой диагностики.

Заключение:

Проведённое исследование показало, что применение пространственных кривых для упорядочивания мультимедийных данных эффективно повышает производительность систем хранения и передачи информации. Кривые Гильберта, Z-order и Пеано демонстрируют разную степень пригодности в зависимости от структуры данных и условий обработки, что требует осознанного выбора.

Эксперименты, проведенные автором статьи в рамках исследовательской работы, показали, что автоматизация этого выбора с помощью алгоритмов машинного обучения позволяет адаптировать обработку под конкретные параметры, обеспечивая до 92% точности классификации. Наилучшие результаты продемонстрировал алгоритм Random Forest.

Предложенный подход применим в мобильных, облачных, потоковых и медицинских системах, где особенно важны оптимизация объёма, скорость обработки и адаптивность к среде. Эксперименты подтвердили, что интеграция пространственных кривых с интеллектуальными методами может значительно повысить эффективность мультимедийных решений.

В дальнейшем работа может быть расширена за счёт включения новых типов кривых, применения глубокого обучения и построения адаптивных систем, учитывающих как свойства данных, так и внешние условия в реальном времени.

Список литературы

1. Федосеев В.А. Компрессия изображений с помощью дискретных ортогональных преобразований, определенных на развертках двумерных областей // КО. 2005. №28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompressiya-izobrazheniy-s-pomoschyu-diskretnyh-ortogonalnyh-preobrazovaniy-opredelennyh-na-razvertkah-dvumernyh-oblastey> (дата обращения: 18.04.2025).
2. Михайличенко А.А. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АЛГОРИТМОВ КЛАССИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2022. №4 (311). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-metodov-otsenki-kachestva-algoritmov-klassifikatsii-v-zadachah-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 20.04.2025).
3. Сохина, С.А. Машинное обучение. Методы машинного обучения / С.А. Сохина, С.А. Немченко // Современная наука в условиях модернизационных процессов: проблемы, реалии, перспективы: Сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции, Уфа, 30 апреля 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2021. – С. 165-168. – EDN VKEJKF.
4. Кугаевских А.В., Муромцев Д.И., Кирсанова О.В. Классические методы машинного обучения //СПб.: Университет ИТМО. – 2022. – Т. 53.

Сведения об авторе:

Горбунов В.В., магистрант, Российский технологический университет, Москва, Россия
Gorbunov V.V., Master's student, Russian University of Technology, Russia, Moscow

УДК 004.89

Бычкова Я.А.

БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия

Разработка системы аспектно-ориентированного анализа тональности отзывов клиентов банка на основе глубоких нейросетевых моделей

Аннотация: Статья посвящена разработке системы, предсказывающей аспекты и их тональности для отзывов клиентов банков с помощью глубоких нейросетевых моделей. Использование машинного обучения для аспектно-ориентированного анализа тональности отзывов позволяет банкам глубже понимать потребности клиентов и совершенствовать свои продукты и процессы. Для решения данной задачи были выбраны модели на основе нейронных сетей, проведена разметка отзывов и их предобработка и обучены модели для определения наиболее точной из них. Были выбраны следующие нейросетевые модели: RuBERT, RuT5, ATEPC.
Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, обработка естественного языка, аспектно-ориентированный анализ тональности, BIO-разметка.

Bychkova Ya .A.

Development of a system for aspect-oriented analysis of the tonality of bank customer reviews based on deep neural network models

Abstract: The article is devoted to the development of a system that predicts aspects and their sentiment for customer reviews of banks using deep neural network models. The use of machine learning for aspect-based sentiment analysis allows banks to better understand customer needs and improve their products and processes. To solve this problem, neural network-based models were selected, reviews were marked up and preprocessed, and models were trained to determine the most accurate of them. The following neural network models were selected: RuBert, RuT5, ATEPC.
Key words: machine learning, neural networks, natural language processing, aspect-based sentiment analysis, BIO-markup.

Введение. Анализ тональности можно разделить на объектно-ориентированный и аспектно-ориентированный анализ. Первый предполагает определение общего оценочного отношения к объекту в целом, второй предполагает определение оценочного отношения к совокупности характеристик конкретного объекта. Разницу между ними можно проиллюстрировать следующим отрывком оценочного отзыва:

*«Средний банк. Имеет невыгодное расположение, офис душный и некомфортный. Тем не менее, **качество предоставляемых услуг и продуктов** на хорошем уровне».*

В предложенном фрагменте объект тональности — банк. Его отдельные характеристики (или аспекты) выделены жирным шрифтом. Слова, выделенные курсивом, выражают тональность. Объектно-ориентированный анализ обычно игнорирует аспекты и вычисляет

оценочные выражения. В данном случае это три отрицательных («невыгодное», «душный», «некомфортный»), один положительный («хорошем») и один нейтральный («средний»). Поэтому общий тон будет нейтральным. Хотя при проведении аспектно-ориентированного анализа пользователю предоставляется оценочная информация вместе с аспектами, как положительными, так и отрицательными. Такое разделение позволяет получить релевантные результаты по интересующим критериям.

Актуальность данной проблемы подтверждается интересом к ней научного сообщества. В частности, на ежегодном международном семинаре SemEval, посвященном решению различных задач компьютерной лингвистики, с 2014 по 2016 годы была представлена проблема аспектно-ориентированного анализа тональности [1–3]. Российское научное сообщество не осталось в стороне: в 2015 году в рамках конференции «Диалог-2015» был проведен конкурс SentiRuEval [4]. В разделе анализа тональности пять из шести статей были посвящены анализу тональности в отношении определенных аспектов.

Существующие методы решения. В последние годы трансформерные модели показали значительные результаты в задачах определения аспектов и анализа тональностей по сравнению с классическими CNN или RNN архитектурами. В частности, для русского языка разработаны специализированные модели:

RuBERT – русскоязычная версия BERT

RuT5 – энкодер-декодер в стиле T5, адаптированные к русскому языку

АТЕРС – модель для совместного определения аспектов и их тональности.

Классические модели определения тональности (CNN, RNN, BiLSTM, GRU и т.д.) опираются на ограниченный контекст и обычно требуют предобработки данных (токенизация, лемматизация, удаление стоп-слов, векторизация и пр.). Трансформеры же используют механизм самовнимания, что дает им прямой доступ ко всем словам предложения при формировании каждого представления [5].

Рассмотрим подробнее каждую модель. RuBERT – это модель BERT, дообученная на большом массиве русскоязычных текстов и учитывающая контекст слова с обеих сторон и хорошо справляется с особенностями русского языка, такими как морфология, свободный порядок слов и т.д. Например, в работе, посвященной анализу русских комментариев о COVID-19, модель RuBERT показала наилучшие результаты как для определения релевантности предложения заданной теме, так и для классификации его тональности [6]. RuT5 – энкодер-декодерная модель в архитектуре T5, адаптированная для русского текста и обученная на задачах «text-to-text» [7]. Данная модель позволяет формулировать задачи выделения аспектов и классификации их тональности как задачу «текст - метка» и тем самым эффективно решать задачу аспектно-ориентированного

анализа тональности текста [8]. АТЕРС (Aspect Term Extraction and Polarity Classification) – это мультитасковая модель, одновременно извлекающая аспекты и классифицирующая их тональность. В сравнительном обзоре ABSA-техник отмечается, что LCF-АТЕРС с точностью 86.6% опережает другие модели на основе BERT для ABSA [9].

Описание и предобработка данных. Для решения поставленной задачи был выбран датасет с отзывами клиентов банка с сайта banki.ru в период с 12 января 2022 года по 1 декабря 2023 года и состоящий из 12392 отзывов [10]. Чтобы решить задачу по извлечению аспектов и определению их тональностей необходимо было разметить датасет. Решено было использовать prompt-based запуск модели «deepseek-ai/deepseek-v3» с применением few-shot промпта. После этого в датасет были добавлены столбцы: «аспекты» со списком аспектов для каждого отзыва и «тональности» со словарем тональностей для каждого из аспектов, вида {"аспект1": "тональность1", "аспект2": "тональность2", ...}. Тональность возможна только 3 видов: negative, neutral, positive. После выделения аспектов и их тональностей был получен графики с наиболее встречающимися аспектами (рис. 1) и распределение тональностей оказалось таким: 48% негативных, 22.5% нейтральных и 29.6% ПОЗИТИВНЫХ ОТЗЫВОВ.

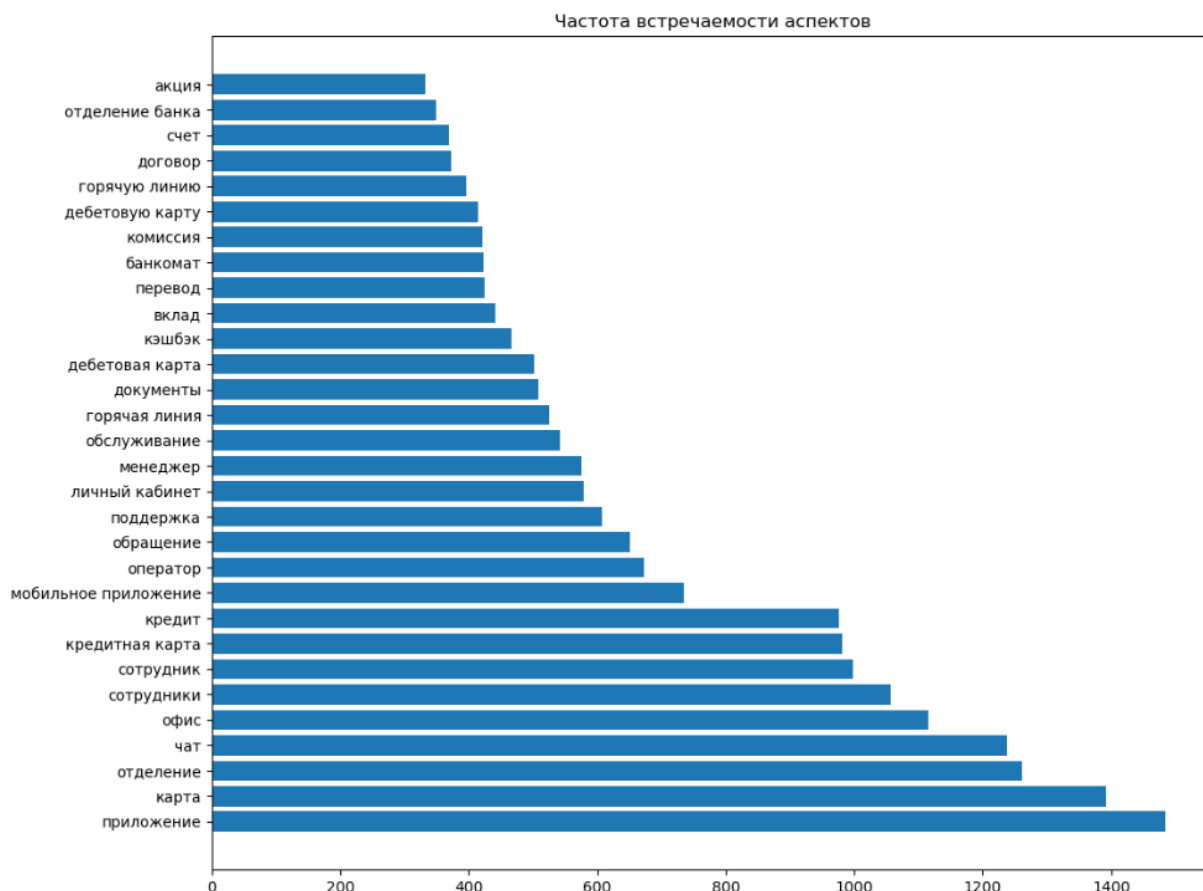


Рисунок 1. Наиболее встречающиеся аспекты

Также перед использованием АТЕРС модели необходимо было произвести BIO-разметку отзывов. Для выделения аспектов существует 3 тега:

«B-ASP» – для отметки единичного аспекта или для отметки аспекта, состоящего из нескольких токенов

«I-ASP» – для отметки продолжения аспекта, состоящего из нескольких токенов

«O» – для отметки токена, который не является аспектом или его частью.

И для выделения тональностей существует 4 тега:

«Negative» – для отметки негативной тональности

«Neutral» - для отметки нейтральной тональности

«Positive» - для отметки позитивной тональности

«-100» - для отметки токенов без тональности.

После проведения всех этапов предобработки можно приступить к обучению моделей.

Использование моделей нейронных сетей. Для обучения и теста моделей решено было разбить датасет с отзывами в соотношении 80% и 20% соответственно. При обучении модели RuBERT была использована предобученная модель «sberbank-ai/ruBert-large», для модели RuT5 – «sberbank-ai/ruT5-large» и для модели АТЕРС был выбран мультиязычный конфиг с использованием предобученной модели LCF_АТЕРС и для параметра pretrained_bert был выбран «sberbank-ai/ruBert-large». Также из-за дисбаланса классов тональностей, в каждой из моделей были определены веса классов [1.0,2.1,1.6], соответственно для негативной, нейтральной и позитивной тональности. Чтобы сравнить модели между собой были выбраны 2 метрики АТЕ_F1 (Aspect Term Extraction F1), показывающая насколько точно были предсказаны аспекты, и APC (Aspect Polarity Classification F1), показывающая насколько верно были определены тональности для аспектов. В таблице 1 видно, что для модели LCF_АТЕРС sberbank-ai/ruBert- large результаты метрик оказались выше остальных.

Таблица 1.

Сравнение моделей аспектно-ориентированного анализа тональностей отзывов клиентов банка.

Модель	ATE_F1	APC_F1
sberbank-ai/ruBert- large	72.1%	68.7%
sberbank-ai /ruT5-large	75.4%	70.3%
LCF_АТЕРС sberbank-ai/ruBert- large	82.5%	76.6%

Выводы. В данной работе была рассмотрена задача аспектно-ориентированного анализа тональностей отзывов клиентов банка, методы ее решения и подготовки данных. По результатам сравнения моделей

лучшей оказалась LCF_АТЕРС sberbank-ai/ruBert-large с метриками АТЕ_F1 = 82.5% и APC_F1 = 76.6%.

Список литературы

1. Pontiki M., Galanis D., Pavlopoulos I., Papageorgiou H., Androutsopoulos I., Manandhar S. SemEval 2014 Task 4: Aspect Based Sentiment Analysis // Proceedings of the 8th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2014) at (COLING 2014), 2014. P. 27–35.
2. Pontiki M., Galanis D., Papageorgiou H., Androutsopoulos I., Manandhar S. SemEval-2015 Task 12: Aspect Based Sentiment Analysis // Proceedings of the 9th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2015), at the Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics - Human Language Technologies (NAACL HLT 2015), 2015. P. 486–495.
3. Pontiki M. [et al.] SemEval-2016 Task 5: Aspect Based Sentiment Analysis // Proceedings of the 10th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2016), 2016. P. 19–30.
4. Loukachevitch N. [et al.] SentiRuEval: testing object-oriented sentiment analysis systems in russian // Proceedings of International Conference Dialog, 2015. P. 12–24.
5. Golubev A., Rusnachenko N., Loukachevitch N. RuSentNE-2023: Evaluating entity-oriented sentiment analysis on Russian news texts //arXiv preprint arXiv:2305.17679. – 2023.
6. Nugamanov E., Loukachevitch N.V., Dobrov B.V. Extracting Sentiments towards COVID-19 Aspects //DAMDID/RCDL (Supplementary Proceedings). – 2021. – С. 299-312.
7. Zmitrovich D. et al. A family of pretrained transformer language models for Russian //arXiv preprint arXiv:2309.10931. – 2023.
8. ruT5, ruRoBERTa, ruBERT: как мы обучили серию моделей для русского языка. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/sberdevices/articles/567776/> (Дата обращения: 14.05.2025)
9. Jayakody D. et al. Aspect-based Sentiment Analysis Techniques: A Comparative Study //2024 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon). – IEEE, 2024. – С. 205-210.
10. Bank Reviews Dataset. [Электронный ресурс]. URL: https://www.kaggle.com/datasets/romanberdyshev/bank-reviews-dataset?resource=download&select=final_review_dataset_extended.csv (Дата обращения: 13.04.2025)

Сведения об авторе:

Бычкова Я.А. студент БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия
Bychkova Ya .A., student of the I. Kant BFU, Kaliningrad, Russia

Гоголев А.М.
БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия

Разработка системы обработки жалоб клиентов банковских услуг с использованием нейронных сетей

Аннотация: Статья посвящена разработке системы для классификации жалоб банковских клиентов, которая будет также сохранять данные в системе, предоставлять аналитику и возможность доступа к сохраненным жалобам. Такая система позволит банкам и финансовым организациям повысить качество обслуживания, снизить операционные затраты сотрудников, улучшить аналитику для совершенствования собственных продуктов. Классификация жалоб будет мультилейбл, то есть одна жалоба может относиться сразу к нескольким категориям. При разработке системы будем использовать модели машинного обучения, а также сразу несколько языков программирования для написания backend части приложения.

Ключевые слова: банк, жалобы, мультилейбл классификация, машинное обучение, нейронные сети, бекенд.

Gogolev A.M.

Development of a system for processing complaints from banking customers using neural networks

Abstract: The article is devoted to the development of a system that will classify complaints from bank customers, save data in the system, and provide some analytics and access to stored complaints. Such a system will allow banks to improve the quality of service, reduce operational costs for employees, and improve analytics to improve their own products. The classification of complaints will be multi-label, meaning that one complaint can belong to several categories at once. When developing the system, we will use machine learning models, as well as several programming languages at once to write the backend part of the application.

Key words: bank, complaints, multi-label classification, machine learning, neural networks, backend.

Современный банковский сектор – это одна из самых динамично развивающихся отраслей российской экономики. В ней одну из ключевых ролей играет качество клиентского обслуживания. Жалобы клиентов представляют собой источник очень важной информации, с помощью них можно анализировать слабые места в сервисах и продуктах банка.

Эффективная обработка жалоб предоставляет возможность банкам своевременно выявлять проблемы в системах, и этим самым предотвращать отток клиентов. Учитывая постоянно увеличивающийся объем банковских жалоб и обращений, ручная обработка человеком все больше теряет эффективность, особенно при сложном контексте и достаточно специфических финансовых данных.

Перед тем, как перейти к использованию алгоритмов машинного обучения, необходимо найти достаточно большой набор данных, на котором сможет обучаться модель. Одним из самых популярных источников реальных отзывов клиентов банков является сервис Banki.ru. Возьмем данные из этого сервиса для обучения модели, используя только отзывы с оценкой в один балл. Следующим источником данных возьмем набор из сервиса Kaggle, в котором содержатся жалобы на различные финансовые компании и их продукты. Соединив оба этих набора данных в равной пропорции, а именно, используя по 5000 жалоб из каждого набора, мы составим достаточный общий набор данных для обучения моделей машинного обучения.

Следующим этапом является разметка жалоб. Наш набор данных содержит сам текст для жалоб, но не имеет меток с категориями. Необходимо разметить эти жалобы, назначив им соответствующие категории. Категориями являются 28 основных продуктов и услуг банков.

Разметка производилась с помощью доступного API для популярной LLM модели. С помощью отправки запросов с определенным “промтом” и текстами жалоб получилось определить итоговые категории для каждой из них. Такой подход очень сильно ускорил процесс разметки, пожертвовав при этом совсем немного качеством. Но, в любом случае, ручная разметка 10000 примеров жалоб была бы слишком трудозатратной задачей. Небольшое ухудшение качества в угоду такого прироста скорости является хорошим решением.

После разметки, а также дополнительно проделанных манипуляций с данными, необходимо приступить к выбору и обучению модели, для решения задачи мультилейбл классификации жалоб. Одной из самых лучших на данный момент моделью для такой задачи является «RuBERT» от Сбербанк-AI. Она показала очень неплохие результаты, при сравнении всех моделей Сбера для русского языка [1].

Подготовим код для обучения модели на наших данных:

```
def compute_metrics(pred):
    labels = pred.label_ids
    preds = pred.predictions > 0.5 # порог для мультилейбл классификации
    f1_micro = f1_score(labels, preds, average="micro")
    f1_macro = f1_score(labels, preds, average="macro")
    return {
        'f1_micro': f1_micro,
        'f1_macro': f1_macro
    }

# Параметры обучения
training_args = TrainingArguments(
    output_dir='./results',
    num_train_epochs=5,
    per_device_train_batch_size=8,
    per_device_eval_batch_size=16,
    warmup_steps=500,
    weight_decay=0.01,
    logging_dir='./logs',
    logging_steps=10,
    eval_strategy="steps",
    eval_steps=500,
    save_steps=1000,
    load_best_model_at_end=True,
    metric_for_best_model="f1_macro",
    greater_is_better=True
)

# Создание датасетов
MAX_LEN = 256
train_dataset = ComplaintsDataset(train_df, tokenizer, MAX_LEN)
val_dataset = ComplaintsDataset(val_df, tokenizer, MAX_LEN)

# Инициализация Trainer
trainer = Trainer(
    model=model,
    args=training_args,
    train_dataset=train_dataset,
    eval_dataset=val_dataset,
    compute_metrics=compute_metrics
)

# Запуск обучения
trainer.train()
```

Рисунок 1. Код для обучения модели машинного обучения

На этом фрагменте кода представлены основные части для обучения модели: функция для подсчета и отображения метрик, задание параметров обучения, создание дополнительных наборов данных, инициализация объекта Trainer, запуск обучения. Но также являются важными элементами, которые не были отображены: инициализация токенизатора, загрузка предобученной модели, инициализация класса и методов для подготовки данных.

После того, как модель обучена, необходимо написать некоторый backend, с которым можно будет взаимодействовать для классификации и сохранения жалоб. Для нашей системы будем использоваться микросервисная архитектура. Микросервисная архитектура представляет собой инновационный метод проектирования программных систем, при котором приложение разбивается на совокупность небольших, автономных сервисов [2]. Будут разработаны 3 основных микросервиса: сервис с моделью машинного обучения для предсказания категорий, сервис сохранения в базе данных, сервис с публичным API для маршрутизации запросов. Также в качестве базы данных будем использовать Cassandra.

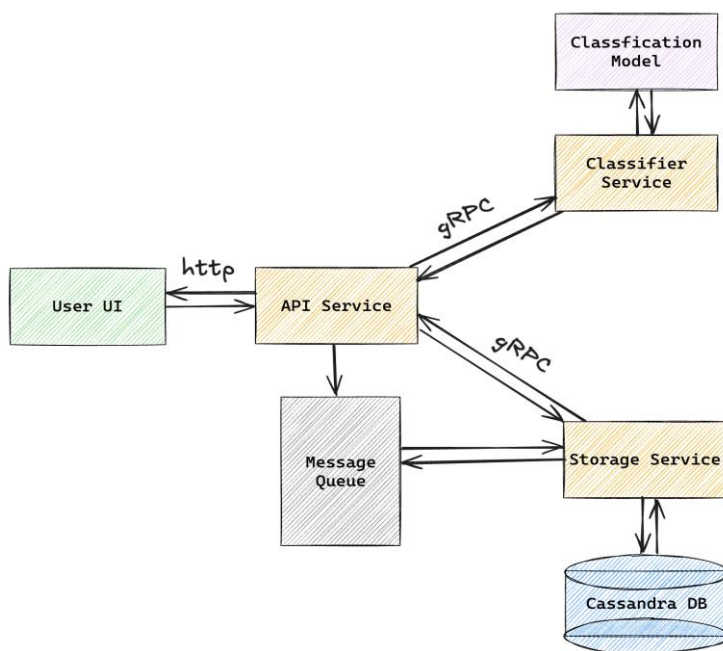


Рисунок 2. Архитектура системы обработки жалоб

Стоит также отметить, что в качестве хранилища данных будем использовать Cassandra, а для передачи данных между сервисами будут использоваться gRPC и очередь сообщений.

При разработке микросервисов будут использоваться 2 популярных языка программирования: Python с фреймворком FastAPI для микросервиса с моделью машинного обучения, Golang для микросервисов сохранения данных и API. Такой выбор позволяет нам использовать основные преимущества этих инструментов: для Python простота и удобство работы с моделями машинного обучения, для Golang скорость работы сервисов и их разработки [3].

По итогу были разработана основная логика всех микросервисов и их интеграции с дополнительными инструментами. Шаги основной функциональности системы, а именно - загрузки новой жалобы в систему, идут в следующем порядке:

Отправка запроса с текстом жалобы в микросервис API через HTTP запрос;

Обработка запроса в API сервисе, отправка запроса через gRPC в Classifier Сервис для определения категорий жалобы;

Обработка запроса в Classifier Сервисе, запрос предсказания от предобученной модели, отправка ответа с массивом категорий;

Получение запрошенных данных в API, отправка данных жалобы в очередь сообщений, отдача полученных категорий ответом на HTTP запрос;

Получение сообщения из очереди сообщений сервисом Storage, обработка и сохранение в базе данных Cassandra.

Следующими доработками являлись методы для аналитики и отображения уже загруженных жалоб. Эти методы затронули только 2 основных сервиса – сервис API и сервис Storage. Для этих задач были написаны 3 дополнительные HTTP “ручки”, которые уже вызывают другой микросервис со своими модулями и методами. Рассмотрим, какая именно функциональность была написана:

Таблица 1.
Аналитическая функциональность

Название функциональности	Что предоставляет пользователю	Используемые параметры
getTopCategories	Передает самые популярные категории жалоб по фильтрам	Период Компания Лимит
getComplaintsList	Передает список жалоб со всеми параметрами по фильтрам	Дата от Дата до Компания Категории Текст для поиска Лимит
getComplaintsDynamics	Передает основные данные для отчета о жалобах по фильтрам	Дата от Дата до Компания Категория Тип группировки

Таким образом была написана система обработки жалоб клиентов банковских услуг с помощью нейронных сетей. В результате работы были получены данные для обучения модели, обучена модель машинного обучения, внедрена в микросервисную архитектуру, состоящую из 3 микросервисов. Была написана, как основная функциональность системы, а именно обработка жалоб, так и дополнительная аналитическая функциональность, которая помогает следить за поступлением жалоб и разбирать их более детально.

Список литературы

1. Обучение серии моделей машинного обучения для русского языка: сайт Habr. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/sberdevices/articles/567776/> (дата обращения: 07.05.2025).
2. Микросервисная архитектура, инновационный подход к разработке современных приложений: сайт ITGlobal. [Электронный ресурс]. URL: <https://itglobal.com/ru-ru/company/blog/mikroservisnaya-arhitektura-innovaczionnyj-podhod-k-razrabotke-sovremennyh-prilozhenij/> (дата обращения: 09.05.2025).
3. Сравнение Go и Python: сайт evrone. [Электронный ресурс]. URL: <https://evrone.ru/blog/articles/govspython> (дата обращения: 09.05.2025).

Сведения об авторе:

Гоголев А.М., студент, БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия
Gogolev A.M., student of the I. Kant BFU Russia, Kaliningrad

УДК 004.056.5

Сираев Н.М., Новикова С.В.

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева,
Казань, Россия*

Обзор решений для задачи восстановления пунктуации и капитализации в системе автоматического распознавания речи

Аннотация: В статье представлен комплексный анализ современных подходов к решению задачи восстановления пунктуации и капитализации в системах автоматического распознавания речи (ASR). Рассмотрены три ключевых направления: каскадные системы с отдельными NLP-моделями, гибридные архитектуры, в которых модель распознавания дообучена под расстановку пунктуации, и end-to-end решения, совмещающие все этапы в один пайплайн. Приведены сравнения подходов на основе качества, задержки обработки и необходимых вычислительных мощностей. На основе конкретных моделей выделены сильные и слабые моменты каждого из подходов.

Ключевые слова: распознавание речи, FastConformer, субтитрирование, нейросетевые архитектуры, восстановление пунктуации и капитализации

Siraev N.M., Novikova S.V.

Overview of solutions for the problem of punctuation and capitalization recovery in automatic speech recognition system

Abstract: The article presents a comprehensive analysis of modern approaches to solving the problem of punctuation and capitalization restoration in automatic speech recognition (ASR) systems. Three key areas are considered: cascading systems with separate NLP models, hybrid architectures in which the recognition model is retrained for punctuation, and end-to-end solutions that combine all stages into one pipeline. Comparisons of approaches based on quality, processing delay, and required computing power are presented. Based on specific models, the strengths and weaknesses of each approach are highlighted.

Keywords: speech recognition, FastConformer, subtitling, neural network architectures, punctuation and capitalization restoration

Введение

Автоматическое распознавание речи (ASR) сделало большой шаг вперёд благодаря нейросетям [1,3], но до сих пор есть важные проблемы, которые мешают качеству текста. Одна из таких проблем — это отсутствие пунктуации и правильной капитализации в транскрибируемом тексте, что затрудняет его чтение и обработку для задач обработки естественного языка. Особенно трудными становятся такие задачи для языков с сложной грамматикой, таких как русский, где контекст очень важен для понимания границ предложений и написания слов с большой буквы [5].

Раньше задачу восстановления пунктуации и капитализации решали с помощью каскадных систем. В этих системах отдельная модель исправляет выход ASR. Типичный конвейер включал:

Акустическую модель

Языковую модель n-gram

Отдельный пунктуатор (на базе CRF или LSTM) [4]

Но такие методы усложняют процесс, накапливают ошибки и добавляют задержку. В качестве альтернативы появились гибридные и end-to-end решения, которые объединяют восстановление текста прямо в процесс распознавания, учитывая как акустические, так и языковые особенности. Ключевым прорывом стало использование современных трансформерных архитектур, которые имеют долгосрочную память и, в отличие от рекуррентных сетей, работают быстро [1].

В этой работе мы рассмотрим современные методы восстановления пунктуации и капитализации в ASR-системах, включая каскадные, гибридные и end-to-end подходы. Обсудим их плюсы и минусы, а также возможные направления для развития.

Проведённый анализ базируется на актуальных исследованиях и экспериментальных данных, демонстрирующих эффективность различных архитектур. Все тесты проводились на едином датасете Russian LibriSpeech, чтобы сопоставимости результатов.

Современные подходы к восстановлению пунктуации и капитализации

В современных системах автоматического распознавания речи (ASR) проблема восстановления пунктуации и капитализации решается с использованием различных методологических подходов, каждый из которых имеет свои особенности реализации, преимущества и ограничения.

Каскадные системы (раздельная обработка)

Каскадный подход представляет собой двухэтапный процесс обработки речевого сигнала. На первом этапе специализированная ASR-модель преобразует аудиовход в текстовую последовательность без учета пунктуации и с единым регистром символов. На втором этапе полученный текст поступает на вход отдельной NLP-модели, ответственной за восстановление пунктуационных знаков и правил капитализации.

Современные реализации данного подхода часто используют:

Трансформерные архитектуры (BERT, GPT и их производные) [1]

Гибридные модели (комбинации RNN и CRF) [4]

Ансамбли моделей с различными принципами работы

Основное преимущество каскадного подхода заключается в возможности независимой оптимизации каждого этапа обработки. Однако такая архитектура имеет существенные недостатки, включая проблему накопления ошибок между этапами и повышенные требования к вычислительным ресурсам. Дополнительным ограничением является необходимость синхронизации работы двух отдельных моделей.

Наиболее распространённым решением для постобработки текста в каскадных системах является Punctuator 2 - мощный пунктуатор, построенный на архитектуре BERT. Эта модель представляет собой отдельный NLP-модуль, который принимает на вход "сырой" текст от ASR-системы (например, QuartzNet) и возвращает отформатированный текст с восстановленными знаками препинания и правильной капитализацией. Punctuator 2 особенно эффективен для русского языка благодаря использованию предобученного RuBERT в качестве базовой модели. Система анализирует контекст в пределах 512 символов, что позволяет точно определять границы предложений и расставлять запятые в сложных синтаксических конструкциях. Главное преимущество этого подхода - возможность тонкой настройки без модификации основной ASR-системы. Однако такая архитектура добавляет заметную задержку (300-500 мс) и требует дополнительных вычислительных ресурсов (4-6 ГБ ОЗУ).

Такой подход также эффективен для задачи субтитрирования. С помощью маленькой акустической модели и легковесной пунктуационной модели можно достичь быстрой обработки, что крайне важно для субтитрирования прямых трансляций. В последних реализациях удалось снизить задержку до 150-200 мс при сохранении приемлемого качества. Легковесность моделей дает возможность использования такого подхода на обычном смартфоне, что позволяет применять инструмент в распознавании речи на деловых встречах и конференциях. Для мобильных устройств разработаны специальные версии моделей с уменьшенным размером и оптимизированным потреблением ресурсов.

Гибридные методы (обработка в связке)

Гибридные системы предлагают альтернативный подход, частично интегрируя процесс постановки знаков препинания в процесс распознавания речи. В таких системах используются:

Многозадачные архитектуры, где модель одновременно решает задачи распознавания и расстановки знаков

Модели с дополнительными выходными слоями для разметки пунктуации

Отличительной чертой гибридных подходов является возможность учета акустических характеристик сигнала (пауз, интонации) при принятии решений о пунктуации. Это позволяет добиться более высокой точности

по сравнению с чисто каскадными системами, особенно в условиях неоднозначных речевых конструкций. Современные реализации показывают точность около 86% для основных знаков пунктуации при работе с русским языком.

Компания NVIDIA предлагает промышленное решение для совместного распознавания речи и восстановления пунктуации в рамках своей платформы NeMo. Модель Conformer-Transducer с интегрированным модулем пунктуации представляет собой единую нейросетевую архитектуру, которая одновременно решает обе задачи [2,6]. В последнем обновлении была улучшена обработка сложных синтаксических конструкций, характерных для русского языка. Особенность этого подхода заключается в использовании многозадачного обучения - модель оптимизируется как для точного распознавания слов, так и для корректной расстановки знаков препинания.

Благодаря этому достигается хороший баланс между качеством и скоростью обработки - задержка составляет около 100-150 мс, что приемлемо для большинства приложений реального времени. Решение особенно востребовано в колл-центрах и системах медицинской диктовки, где важна оперативность обработки при сохранении приемлемого качества. В медицинских системах точность расстановки точек достигает 93%, что критически важно для корректной интерпретации текста. Для колл-центров было добавлено специальное обучение на данных телефонных разговоров, что улучшило обработку спонтанной речи.

End-to-end решения (сквозные)

Сквозные подходы – это наиболее современный тренд в задаче восстановления пунктуации. Эти системы отличаются:

- Цельной архитектурой для всех этапов обработки

- Совместным обучением на сложных задачах

- Интеграцией языковых моделей непосредственно в процесс распознавания

Современные реализации сквозных систем показывают наилучшие результаты по скорости обработки и зачастую – по качеству восстановления пунктуации. В частности, они демонстрируют высокую точность при работе со сложными грамматическими конструкциями, включая вложенные предложения и прямую речь, но они требуют значительных вычислительных ресурсов для обучения и тщательно размеченных обучающих выборках.

Такой подход особенно эффективен для задач оффлайн обработки аудио, где критически важна точность восстановления текста. Хотя обработка может занимать в 50-100 раз больше времени по сравнению с

другими методами, сквозные системы не вносят дополнительной задержки именно на этапе пунктуации, так как выполняют все операции одновременно.

OpenAI Whisper large-v2 с дополнительным дообучением – наиболее совершенное сквозное решение. В отличие от изначальной версии, модифицированный Whisper был специально настроен для задач восстановления пунктуации и капитализации, благодаря расширению словаря и добавлению особых токенов. Модель обрабатывает аудио сразу, выдавая на выходе готовый текст с корректным форматированием, что полностью исключает этап постобработки [3]. Из-за огромного размера (1.5B параметров) и обучения на различных данных, Whisper демонстрирует впечатляющую способность к обобщению и хорошо работает даже с нестандартными акцентами или в условиях шума. Однако эти преимущества требуют значительных вычислительных ресурсов (16+ ГБ видеопамети) и делают модель непрактичной для развертывания на мобильных устройствах или в условиях ограниченных ресурсов.

Сравнительный анализ подходов

Методология сравнения

Для объективной оценки различных подходов были рассмотрены следующие ключевые параметры:

Точность восстановления (F1-мера для пунктуации)

Дополнительная задержка к ASR

Требования к вычислительным ресурсам

В каждой группе подходов было взято по одному конкретному решению.

Результаты сравнения

Модели	Punctuator 2	NeMo Conformer	Whisper
Критерии			
Точность (F1 мера)	0.89	0.86	0.85
Задержка	400 мс	100 мс	0 мс
Память	5 гб	4 гб	16 гб

Анализ сильных и слабых сторон

Каскадные системы:

Лучшая точность на чистых записях

Возможность тонкой настройки компонентов

Низкая устойчивость к каскадным ошибкам

Высокие требования к качеству распознавания

Гибридные подходы:

Хороший баланс точности и скорости

Лучшая устойчивость к акустическим артефактам

Сложность конфигурирования
Ограниченная гибкость при дообучении
End-to-end решения:
Максимальная скорость обработки
Единая модель для всех задач
Высокие требования к ресурсам
Сложность адаптации под новые домены

Список литературы

1. Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., Toutanova, K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. // Proceedings of NAACL-HLT 2019. – 2019. – pp. 4171-4186. – [Электронный ресурс]: <https://aclanthology.org/N19-1423> (дата обращения: 03.04.2025).
2. Gulati, A., Qin, J., Chiu, C.-C., Parmar, N., Zhang, Y., Yu, J., Han, W., Wang, S., Zhang, Z., Wu, Y., Pang, R. Conformer: Convolution-augmented Transformer for Speech Recognition. // arXiv preprint arXiv:2005.08100. – 2020. – [Электронный ресурс]: <https://arxiv.org/abs/2005.08100> (дата обращения: 03.04.2025).
3. Radford, A., Kim, J.W., Xu, T., Brockman, G., McLeavey, C., Sutskever, I. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. // arXiv preprint arXiv:2212.04356. – 2022. – [Электронный ресурс]: <https://arxiv.org/abs/2212.04356> (дата обращения: 03.04.2025).
4. Tilk, O., Alumäe, T. Bidirectional Recurrent Neural Network with Attention Mechanism for Punctuation Restoration. // Proceedings of Interspeech 2016. – 2016. – pp. 3047-3051. – [Электронный ресурс]: https://www.isca-speech.org/archive/interspeech_2016/tilk16_interspeech.html (дата обращения: 03.04.2025).
5. Khrin, P., Simonchik, K. Punctuation Restoration in Russian Texts Using Neural Networks. // Speech and Computer 2019. – 2019. – pp. 428-437. – [Электронный ресурс]: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-26061-3_44 (дата обращения: 03.04.2025).
6. NVIDIA Corporation. NVIDIA NeMo Framework: Automatic Speech Recognition Technical Documentation. – 2023. – [Электронный ресурс]: <https://docs.nvidia.com/deeplearning/nemo/user-guide/docs/en/main/asr/intro.html> (дата обращения: 03.04.2025).

Сведения об авторах:

Сираев Наиль Маратович, студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Россия

Новикова Светлана Владимировна, д.т.н., доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Россия

Siraev Nail Maratovich, student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupoleva, Kazan, Russia

Novikova Svetlana Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, , Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupoleva, Kazan, Russia

УДК 637.525

Лавренова З.И., Корсакова К.А.

*Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева,
Нижний Новгород, Россия*

Производство консервов функционального назначения из мяса диких животных со специями

Аннотация. В статье «Производство консервов функционального назначения из мяса диких животных со специями» рассматривается мясо диких животных, как нетрадиционное сырье для производства продуктов питания функционального назначения. Мясо лося, обладающее высокой питательной ценностью и низким содержанием жира, становится все более популярным среди потребителей, стремящихся к здоровому питанию. Рассматриваются вопросы контроля качества готовой продукции, а также соблюдения санитарных норм и стандартов безопасности пищевых продуктов. В статье приведены результаты исследований, показывающие влияние разработанных рецептур на органолептические характеристики консервов. В заключение, статья подчеркивает важность использования местных ресурсов и традиционных методов обработки мяса для создания качественной и востребованной продукции на рынке консервов.

Ключевые слова: здоровое питание, мясо лося, специи, органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, экономическая эффективность.

Production of functional-purpose canned food from meat of wild animals with spices

Abstract. The article "Production of functional canned food from wild animal meat with spices" examines wild animal meat as an unconventional raw material for the production of functional food. Moose meat, which has high nutritional value and lowfat content, is becoming increasingly popular among consumers seeking a healthy diet. The issues of quality control of finished products, as well as compliance with sanitary norms and food safety standards are considered. The article presents research results showing the effect of the developed formulations on the organoleptic characteristics of canned food. In conclusion, the article highlights the importance of using local resources and traditional meat processing methods to create high-quality and sought-after products on the canned food market.

Keywords: healthy eating, elk meat, spices, organoleptic, physicochemical, microbiological indicators, economic efficiency.

Реферат. В статье приведены результаты разработки и научного обоснования технологии производства консервов из мяса лося со специями, как продукта здорового питания. Мясная продукция играет важную роль в рационе человека, поскольку является основным источником белков, необходимых для поддержания жизнедеятельности

организма. Кроме того, проведя анализ химического состава и функциональных свойств мяса лося, а также изучив альтернативные методы производства, мы оценили ситуацию на рынке продуктов питания, в частности, мясных продуктов функционального назначения, включая консервы.

В качестве ценного сырья для производства продуктов функционального назначения можно использовать нетрадиционные продукты, такие как мясо диких животных, в том числе мясо лося.

Мясо лося уникально по своему составу. Оно содержит большое количество белка, низкое содержание жира и различные питательные вещества, такие как кальций, железо, магний, фосфор, калий, натрий, цинк, медь и селен. Также в мясе лося присутствуют витамины группы В, включая В1, В2, В5, В6 и В12, а также РР.

Мясо диких животных, включая мясо лося, является экологически чистым продуктом. Оно содержит большое количество полноценных белков, минеральных веществ, витаминов и ферментов, что делает его особенно ценным.

В сложившейся ситуации, когда доля продуктов функционального назначения на рынке составляет менее 18%, разработка технологий производства продукции из мяса диких животных становится актуальной. Использование мяса лося может принести множество преимуществ для здоровья.

Употребление мяса лося может помочь нормализовать пищеварение, улучшить обменные процессы и метаболизм, усилить работу головного мозга, снизить риск сердечно-сосудистых заболеваний, ускорить вывод лишнего холестерина из организма и контролировать уровень сахара в крови.

Кроме того, мясо лося положительно влияет на нервную систему, снижая уровень стресса и депрессии, улучшая качество сна и укрепляя кости и суставы. Врачи рекомендуют мясо лося людям, восстанавливающимся после переломов, вывихов и других травм опорно-двигательного аппарата.

Введение.

Сохранение и укрепление здоровья людей является важнейшей задачей любого цивилизованного государства. Задолго до возникновения науки о питании, философы, а позднее и врачи напрямую связывали рацион питания со здоровьем человека. В настоящее время научно установлено, что здоровье нации лишь на 8–12% зависит от системы здравоохранения, тогда как социально-экономические условия, включая рационы питания, определяют состояние здоровья на 52–55%. Проблема питания включена в число важнейших проблем, рассматриваемых ВОЗ.

Натуральные функциональные продукты, соответствующие принципам здорового питания, являются продуктами высокой пищевой

ценности. Они способны восполнить дефицит важнейших нутриентов в рационе и стать эффективным инструментом профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. Это способствует повышению качества жизни россиян. Для решения этой важнейшей задачи необходимо увеличить производство продуктов здорового питания для обеспечения населения. Доля продуктов здорового питания в т.ч функционального назначения в торговых сетях составляет от 12,5% до 18,9%. Для обеспечения населения здоровым питанием президентом России В.В. Путиным утверждены приоритетные направления научно-технического развития и перечень важнейших наукоемких технологий в т.ч. технологии функционального питания для здоровья сбережения.

А также обеспечения населения качественной и безопасной пищевой продукцией разработана и утверждена Доктрина продовольственной безопасности страны (утв. указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20) и Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р).

Изучив химический состав и функционально-технологические свойства мяса лося, альтернативные технологии производства, ситуацию на рынке продовольственных товаров в части мясных продуктов функционального назначения, в том числе консервов.

Ценным сырьем для производства продуктов функционального назначения является нетрадиционное сырье, мясо диких животных, в т.ч. мяса лося. Мясо лося уникально по своему составу, высокое содержание белка, низкое содержание жира, содержит: Кальций (4,0мг); Железо (2,8); Магний (23,0 мг); Фосфор (161,0 мг); Калий (312,0 мг); Натрий (58,0 мг); Цинк (2,4 мг); Медь (0,1 мг); Селен (9,8 мкг), а также витамины B1, B2, B5, B6, B12 и PP. мясо экологически чистое.

Мясо диких животных по своему составу уникально: высокое содержание полноценных белков, минеральных веществ, витаминов, ферментов, низкое содержание жира делают продукцию из этого сырья особенно ценной. Особенно среди мяса диких животных выделяется мясо лося. Белок представлен аминокислотами: триптофаном, оксипролином, изолицином, трионином, серином, глицином, аланином, валином, метионином. В основном аминокислотный СКОР мяса лося показывает сбалансированность белков. В сложившейся ситуации, когда доля продукции функционального назначения на рынке составляет не более 18%, актуальна разработка технологии производства продукции из мяса диких животных. Использование мяса лося позволит: нормализовать пищеварение; улучшить обменные процессы и метаболизм; усилить работу головного мозга; снизить риск появления сердечно-сосудистых заболеваний, ускорить вывод лишнего холестерина из организма, контролировать уровень сахара в крови. Лосятина положительно влияет на

нервную систему, человек менее подвержен стрессу и депрессии, улучшается сон. Укрепляются кости и суставы (врачи рекомендуют мясo лoся людям, восстанавливающимся после переломов, вывихов и прочих травмах опорно-двигательного аппарата) [16]

Цель исследований – разработка технологии производства консервов функционального назначения из мясa диких животных.

Задачи:

1. Обзор литературных источников по теме производства продуктов из мясa диких животных со специями
2. Разработка технологии производства консервов из мясa лoся со специями в т.ч. моделирование рецептур с разным рецептурным составом
3. Производство партий консервов по разработанной технологии из мясa лoся
4. Оценка выработанных партий консервов: по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям
5. Расчет пищевой и энергетической ценности
6. Расчет экономической эффективности производства консервов из мясa лoся
7. По результатам исследований и расчетов сделать вывод о целесообразности производства консервов из мясa лoся

Объекты, условия и методы.

Объектами исследования являлись:

Экспериментальные партии консервов из мясa лoся выработанные:

1. В соответствии с требованиями ТУ 10.13.15-124-37676459 «Консервы мясные стерилизованные «Охотничьи»» (контрольная партия) [12];
2. С изменением пропорций содержания свиного топленого жира и мясa лoся и с добавлением кориандра (партия №1) [6,9];
3. С изменением пропорций содержания свиного топленого жира и мясa лoся и с добавлением можжевельника (партия №2) [6,4];
4. С изменением пропорций содержания свиного топленого жира и мясa лoся и с добавлением имбиря (партия №3) [6,5];

Выработка экспериментальных партий проводилась в производственных условиях на предприятии ООО «Стрела», расположенном в Архангельской области в г. Котлас.

Рецептура партий запеченной буженины из говядины представлена в таблице 1.

Таблица 1.
Рецептура партий консервов

Наименование сырья и материалов	Партии консервов из мяса лося			
	Контроль ная партия	Экспериментальные партии		
		Партия №1 (кориандр)	Партия №2 (можжевельник)	Партия №3 (имбирь)
Основное несолёное сырьё, кг на 100 кг				
Мясо лося жилованное	90,0	92,0	94,0	95.0
Жир свиной топлёный	10,0	8,0	6,0	5,0
Вспомогательные материалы, г на 100 кг основного сырья				
Соль поваренная	1800	1800	1800	1800
Чеснок	200	-	-	-
Перец чёрный, горошек	125	125	125	125
Кориандр (зерно)	-	100	-	-
Можжевельник	-	-	150	-
Имбирь	-	-	-	120
Лавровый	50			

Исследования проводились в 2024-2025 г. в лаборатории предприятия ООО «Стрела», в межкафедральной аналитической лаборатории НГАТУ и в лаборатории Роспотребнадзора.

При проведении работы использовался комплекс общепринятых стандартных методов исследования.

Обработка результатов измерений проводилась с помощью известных методов математической статистики с использованием MS Excel.

Результаты исследования и обсуждения.

В результате проведения исследований контрольного и экспериментальных образцов консервов из мяса лося с добавлением специй, получены данные по показателям: органолептическим, физико-химическим, микробиологическим; сделан расчёт пищевой и энергетической ценности, экономической эффективности производства консервов.

Органолептические показатели образцов консервов из мяса лося

В результате проведённых исследований получены органолептические показатели образцов и представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Органолептические показатели образцов консервов из мяса лося

Наименования показателя	Характеристики образцов			
	Контроль	Экспериментальные образцы		
		№1 (кориандр)	№2 (можжевельник)	№3 (имбирь)
Внешний вид	В разогретом состоянии – мясо кусочками произвольной формы массой не менее 40 г, без грубой соединительной ткани, крупных			

Наименования показателя	Характеристики образцов			
	Контроль	Экспериментальные образцы		
		№1 (кориандр)	№2 (можжевельник)	№3 (имбирь)
	кровеносных сосудов и лимфатических узлов			
Консистенция	В разогретом состоянии – свойственная тушеному мясу, мясо непереваренное.			
Запах и вкус	Свойственный рецептурному составу с пряностями, без посторонних привкуса и запаха			
	Слегка сладковатый с незначительным ароматом лесных трав и ягод и с легким ароматом лаврового листа и еле уловимым ароматом чеснока и черного перца	Слегка сладковаты, с ароматом кориандра и еле уловимым ароматом черного перца	Слегка сладковатый с незначительным ароматом лесных трав и ягод и с ненавязчивым освежающим хвойным ароматом	С легким ароматом лесных трав, легкой жгучестью и горчинкой, а также освежающим эффектом
Внешний вид бульона	В разогретом состоянии цвет светло-коричневый, с наличием взвешенных белковых веществ в виде хлопьев.			

Анализируя результаты оценки органолептических показателей очевидно:

Внешний вид: внесение специй кориандра, можжевельника и имбиря не повлияло на внешний вид экспериментальных образцов продукта. Кусочки оставались целыми;

Консистенция: во всех образцах, мясо не переваренное сохранена целостность кусочков;

Запах и вкус: Контроль - Слегка сладковатый с незначительным ароматом лесных трав и ягод и с легким ароматом лаврового листа и еле уловимым ароматом чеснока и черного перца;

внесение специй повлияло: Образец № 1 (Слегка сладковатый, с ароматом кориандра и еле уловимым ароматом черного перца); Образец № 2 (Слегка сладковатый с незначительным ароматом лесных трав и ягод и с ненавязчивым освежающим хвойным ароматом); Образец № 3 (С незначительным ароматом лесных трав, легкой жгучестью и горчинкой, а также освежающим эффектом). Внешний вид бульона: в разогретом состоянии цвет бульона светло-коричневый с наличием взвешанных белковых веществ. Что соответствует требованиям ТУ 10.13.15-124-37676459- «Консервы мясные стерилизованные «Охотничьи». С

улучшением вкусо-ароматических показателей экспериментальных образцов.

Физико-химические показатели образцов консервов из мяса лося

В ходе разработки оптимальной рецептуры буженины из говядины проведены исследования физико-химических показателей образцов буженины.

Результаты исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Физико-химические показатели образцов консервов из мяса лося

Наименование показателя	Контроль	Экспериментальные образцы		
		№1 (кор)	№2 (мож)	№3 (имб)
Содержание массовой доли сухого вещества, %	33,96	32,56	31,06	30,26
Содержание массовой доли белка, %, не менее 15,0	21,1	21,5	22,0	22,2
Содержание массовой доли жира, %, не более 16	11,1	9,3	7,3	6,3
Содержание поваренной соли, от 1,0 до 1,8 включ., %	1,76	1,76	1,76	1,76

Анализ физико-химические показатели контрольного и экспериментальных образцов показывает, что изменение рецептур (внесение разных специй и разного количества жира) незначительно повлияло на содержание массовой доли сухих веществ снизилось с 33,96 у контрольного образца до 30,26 у образца № 3. Содержание массовой доли белка в экспериментальных образцах увеличилось по сравнению с контрольным с 21,1 до 22,2 у образца №3. Содержание жира снизилось с 11,1 у контрольного образца и до 6,3 у образца №3. На изменение содержание массовой доли белка и жира повлияло снижение количества жира в рецептуре экспериментальных образцов. Содержание соли не изменилось во всех образцах.

Все физико-химические показатели экспериментальных образцов соответствуют требованиям ТУ 10.13.15-124-37676459 «Консервы мясные стерилизованные «Охотничьи» [12].

Микробиологические показатели образцов консервов из мяса лося

Результаты проведённых исследований отображены в таблице 4.

Таблица 4.

Микробиологические показатели консервов из мяса лоса

Наименование показателей	Контрольный образец	Экспериментальные образцы		
		№1 (кор.)	№2 (мож.)	№3 (имб.)
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы <i>B. subtil</i>		Отвечают требованиям промышленной стерильности (в случае определения количества этих микроорганизмов оно должно быть не более 11 КОЕ* в 1 г продукта)		
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы <i>B. cereus</i> и (или) <i>B. polymyxa</i>		Не обнаружено		
Мезофильные клостридии		Не обнаружено		
Неспорообразующие микроорганизмы, в том числе молочнокислые и (или) плесневые грибы, и (или) дрожжи		Не обнаружено		
Спорообразующие термофильные анаэробные, аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы		Не обнаружено		

Микробиологические показатели соответствуют требованиям технического регламента ТР/ТС 029-2012 Приложение 2 [3].

Все исследуемые образцы консервов из мяса лоса соответствуют требованиям безопасности, что свидетельствует о том, что внесение кориандра, можжевельника и имбиря при производстве не повлияло на показатели безопасности в экспериментальных образцах №1, №2, №3[1,2].

Пищевая и энергетическая ценность.

В ходе исследований был сделан расчет пищевой и энергетической ценности образцов консервов из мяса лоса. Пищевая ценность определена,

учитывая результаты проведенных исследований по массовой доле белка и массовой доле жира в продукте. Пищевая ценность характеризуется содержанием белка, жира в 100 г готового продукта. Энергетическая ценность продукта определена в соответствии с тем, что при расщеплении 1 г белка в организме человека выделяется 4 ккал, а при расщеплении 1г жира выделяется 9 ккал [13,14].

Расчет содержания белка:

$$Б = М_б * 100 / 100, (1)$$

$M_б$ - массовая доля белка

Расчет содержания жира

$$Ж = М_ж * 100 / 100, (2)$$

$M_ж$ -массовая доля жира

Расчет энергетической ценности готового продукта:

$$Э = (Б * 4,0) + (Ж * 9,0) + (У * 3,75), \text{ ккал} (3)$$

Результаты расчётов пищевой и энергетической ценности представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Пищевая и энергетическая ценность консервов из мяса лосося

Экспериментальные образцы	Пищевая ценность в 100 г продукта, г		Энергетическая ценность, ккал
	Белок	Жир	
Контрольный образец	21,1	11,1	184,3
Образец №1 (кор)	21,5	9,3	169,7
Образец №2 (мож)	22,02	7,3	153,78
Образец №3 (имб)	22,2	6,3	145,5

Исходя из расчетов, энергетическая ценность образцов консервов из мяса лосося составила: контрольный образец– 184,3 кКал; экспериментальный образец №1– 169,7 ккал; экспериментальный образец №2 –153,78 ккал; экспериментальный образец №3– 145,5 ккал.

Анализ результатов расчётов показал, что при изменении количества жира в рецептуре происходит снижение пищевой и энергетической ценности. Однако это никак не повлияло на потребительские свойства и безопасность экспериментальных образцов консервов, что подтверждают органолептические и микробиологические исследования.

По результатам расчета видно, что произошло снижение энергетической ценности с 184,3 (контрольный образец) до 145,5 (образец № 3), за счет уменьшения в рецептуре содержания жира. Экспериментальные образцы консервов № 2 и № 3 можно отнести к продуктам низкой калорийности. А учитывая состав мяса лосося: высокое содержание сбалансированного белка, минеральных веществ, витаминов, экологичность мяса, а также уникальный состав кориандра, можжевельника и имбиря продукт можно отнести к функциональным.

Внесение кориандра, можжевельника и имбиря в рецептуру консервов из мяса лося позволило создать продукт пониженной калорийности, функционального назначения с высокими потребительскими свойствами.

Экономическая эффективность производства консервов из мяса лося

Расчет экономической эффективности производства консервов из мяса лося основан на результатах расчёта сырьевой себестоимости производства 150 условных банок продукции и цены реализации, полученной на основании мониторинга цен на аналогичную продукцию на рынке Нижнего Новгорода и Нижегородской области.

Таблица 6.

Сырьевая себестоимость производства 150 условных банок консервов

Наименование сырья и материалов	Цена за единицу, руб.	Образцы консервов							
		Контроль		Образец №1(кор)		Образец №2(мож)		Образец №3 (имб)	
		кол-во, кг	сумма, руб.	кол-во, кг	сумма, руб.	кол-во, кг	сумма, руб.	кол-во, кг	сумма, руб.
Выход готовой продукции		100,0		100,0		100,0		100,0	
Основное сырьё и материалы		51,0		51,0		51,5		51,5	
Мясо лося	790,00	45,0	3500,55	46,0	36340,00	47,0	3713,00	47,5	37525,00
Жир топленый	78,00	5,0	390,00	4,0	312,00	3,0	234,00	2,5	195,00
Соль поваренная	14,00	0,9	12,60	0,90	12,60	0,9	12,60	0,9	12,60
Чеснок	240,00	0,1	24,00	-	-	-	-	-	-
Перец чёрный горошек	380,00	0,06	22,80	0,06	22,80	0,06	22,80	0,06	22,80
Кориандр	350,00	-	-	0,050	17,50	-	-	-	-
Можжевельник	320,00	-	-	-	-	0,150	48,00	-	-
Имбирь	600,00	-	-	-	-	-	-	0,12	72,00
Лавровый лист	800,00	0,025	20,00	-	-	-	-	-	-
Стоимость выпуска 150 УБ /100 банок 0,5	-	-	3546,95	-	36704,90	-	3744,40	-	37827,40

Стоимость 1 банки продукции, руб.	-	-	354, 69	-	367,05	-	374,4 7	-	378,2 7

Предварительный расчет экономической эффективности консервов из мяса был сделаны в части ее сырьевой себестоимости мяса и специй. Учитывая, что стоимость доли сырья в производстве составляет около 60%, то полная себестоимость опытных партий консервов контрольной партии и экспериментальных образцов будет варьировать в пределах от 395 руб. (контроль) до 418 руб. (образец 3). Обзор цен на рынке показывает, что стоимость аналогичной продукции значительно выше предполагаемых затрат на производство консервов со специями. Стоимость около 800 руб. за 500г продукта. Учитывая существующие цены на рынке за единицу продукции ориентировочно уровень рентабельности производства консервов из мяса лоса будет составлять около 30 %. Следовательно, производство консервов из мяса лоса со специями экономически целесообразно.

Выводы.

По результатам проведенных исследований и расчетов выявлено:

По результатам органолептических исследований установлено: внешний вид, консистенция, внешний вид бульона не претерпели изменений у экспериментальных образцов по сравнению с контрольным. Запах и вкус значительно отличались от контрольного образца, имея специфичный вкус и запах кориандра, можжевельника и имбиря. По результатам балльной оценки предпочтение отдано образцу №2 с можжевельником. Балльная оценка 8,95.

Результаты исследования образцов по физико-химическим показателям свидетельствуют о незначительных изменениях содержания сухих веществ с 33,96 (контрольный) до 20,26 (образец №3); содержание массовой доли белка с 21,1 (контрольный) до 22,2 (образец №3); содержание массовой доли жира снизилось почти в 2 раза с 11,1 (контрольный) до 6,3 (образец №3); содержание поваренной соли осталось на одном уровне. Изменение состава рецептуры не повлияло на безопасность экспериментальных образцов. Все образцы соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

Расчет пищевой и энергетической ценности консервов показывает снижение калорийности с 184,3 ккал (контрольный), до 145,5 (образец №3) за счет уменьшения содержания жира в рецептуре.

Учитывая предварительные расчеты затрат на производство, показывают целесообразность производства консервов из мяса лоса с разным вариантом использования специй.

Учитывая комплекс показателей органолептических, физико-химических, микробиологических, анализ состава сырья и результаты

предварительного экономического расчета, можно сделать вывод, что консервы образцов №2(можжевельник), №3(имбирь), можно отнести к продуктам функционального назначения и их производство считать целесообразным.

Список литературы

1. Шульгин, Р.Ю. Обоснование технологии и товароведная оценка мясных продуктов из нетрадиционного сырья с пониженной энергетической ценностью: специальность 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шульгин. Владивосток, 2017. – 146 с.
2. ТУ 10.13.15-124-37676459- «Консервы мясные, стерилизованные «Охотничьи»
3. ГОСТ 25292-2017 Жиры животные топленые пищевые. Технические условия: дата введения 01.01.2019. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
4. ГОСТ 29055-91 Пряности. Кориандр. Технические условия: дата введения 01.01.1993. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 5 с.
5. ГОСТ 2802-89 Плоды можжевельника обыкновенного. Технические условия: дата введения 01.01.1990. – Москва: Стандартинформ, 1999. – 3 с.
6. ГОСТ ISO 1003-2016 Пряности. Имбирь (*Zingiber officinale* Roscoe). Технические условия: дата введения 01.01.2018. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 14 с.
7. ГОСТ 17594-81 Лист лавровый сухой. Технические условия: дата введения 01.07.1982. – Москва: Стандартинформ, 1989. – 15 с.
8. ГОСТ 33562-2015 Чеснок свежий. Технические условия: дата введения 01.01.2017. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 5 с.
9. ГОСТ Р 51574- 2018 Соль пищевая. Общие технические условия: дата введения 01.09.2018. Москва: Стандартинформ, 2018.11с.
10. ГОСТ 5981-2011 Банки и крышки к ним металлические для консервов. Технические условия: дата введения 01.01.2013. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 21 с.
11. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012 "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств"
12. Федеральный закон "О качестве и безопасности пищевых продуктов" от 02.01.2000 N 29-ФЗ
13. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции"
14. Лосятина — химический состав, пищевая ценность: сайт. – URL: <https://fitaudit.ru/food/148947>
15. Польза мяса лося: сайт. – URL: https://dichka.ru/polza_los

Сведения об авторах:

Лавренова Зинаида Ивановна, старший преподаватель Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л.Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Россия
Корсакова Ксения Александровна, студентка, Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Россия

УДК 66.02

Паринская А.Н.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Исследование физических процессов, протекающих при приготовлении образцов по кроссинг-технологии

Аннотация: В данной работе представлены результаты исследования физических процессов, происходящих при приготовлении водных образцов по кроссинг-технологии. Изучено набухание полимерной мембраны Нафийон в таких образцах с помощью метода фотолюминесцентной спектроскопии. В ходе экспериментов образцы подвергались облучению электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона (2,2 ГГц), а также исследовались в условиях электромагнитного экранирования (клетка Фарадея). Установлено, что при отсутствии внешних полей кинетика люминесценции Нафийона практически одинаковая для кроссинг-образцов и контрольных образцов воды. Однако в присутствии СВЧ-излучения или при полном экранировании проявляются статистически значимые отличия в скорости процесса набухания Нафийона в кроссинг-образцах по сравнению с контролем.

Ключевые слова: кроссинг-технология; структурированная вода; мембрана Нафийон; фотолюминесценция; микроволновое излучение; клетка Фарадея.

Parinskaya A.N.

Investigation of physical processes occurring during sample preparation using crossing technology

Abstract: This paper presents the results of a study of physical processes occurring during the preparation of water samples using the crossing technology. The swelling of the Nafion polymer membrane in such samples was studied using photoluminescence spectroscopy. During the experiments, the samples were irradiated with an ultra-high-frequency electromagnetic field (2.2 GHz) and studied under electromagnetic shielding (Faraday cage). It was found that in the absence of external fields, the kinetics of Nafion luminescence is almost the same for the crossing samples and control water samples. However, in the presence of microwave radiation or with complete shielding, statistically significant differences in the rate of Nafion swelling in the crossing samples compared to the control are revealed.

Keywords: crossing-technology; structured water; Nafion membrane; photoluminescence; microwave irradiation; Faraday cage.

Введение.

Физико-химические свойства воды могут существенно меняться при воздействии внешних факторов и введении даже крайне малых добавок примесей. Так, в частности, было показано, что присутствие в воде некоторых растворенных газов на уровне всего нескольких ppb способно заметно изменить характеристики мембраны Нафийон (например, ее ионную проводимость) [1]. Это свидетельствует о высокой чувствительности структуры Нафийона и прилегающей к нему воды к малейшим изменениям состава и структуры водной системы. Кроме того,

многочисленные исследования подтверждают способность воды образовывать стабильные мезоскопические кластеры и наноассоциаты, особенно в ультраразбавленных растворах биологически активных веществ. В частности, работа А.И. Коновалова и соавт.[4] описывает возникновение наноструктур в водных растворах при экстремально высоких разведениях. Суть Кроссинг-технологии [3] состоит в многократном перемешивании, разбавлении и воздействии на исходный раствор действующего вещества, в результате чего образуется так называемый «активированный» раствор, не содержащий исходного вещества, но обладающий его информационным воздействием. Целью настоящего исследования являлось экспериментальное изучение физических процессов, протекающих при приготовлении образцов воды по кроссинг-технологии. В качестве основных задач были выделены: 1) исследование кинетики фотолюминесценции тест-системы (мембраны Нафийон) в водных образцах, полученных по технологии «кроссинг»; 2) изучение влияния внешнего электромагнитного СВЧ-поля на эту кинетику; 3) изучение влияния экранирования от внешних полей (помещение системы в клетку Фарадея) на кинетику люминесценции Нафийона в исследуемых образцах.

Материалы и методы. В работе использовались водные образцы, предоставленные разработчиками кроссинг-технологии. Были подготовлены две основные группы образцов: «активная вода» и соответствующий контроль – интактная вода, а также образцы, связанные с веществом димедрол – «активный димедрол» и «нативный димедрол» (вода, подвергнутая кроссинг-обработке с исходным раствором димедрола) и соответствующие контроля: «вода после встряхивания в вортекте» и интактная вода для этой группы. Все образцы хранились при одинаковых условиях и измерялись при комнатной температуре ($\sim 23^{\circ}\text{C}$).

Для изучения образцов применялся метод фотолюминесцентной спектроскопии [2]. В качестве тестовой системы использовали тонкую пленку полимера Нафийон (Nafion), которая помещалась в кювету с исследуемым образцом воды. Перед началом измерений мембрана Нафийон в сухом состоянии облучалась ультрафиолетовым светом, после чего сразу погружалась в жидкий образец. При контакте с водой Нафийон начинает набухать, и количество эмиттеров люминесценции в его структуре уменьшается по мере проникновения молекул воды в полимер. Интенсивность фотолюминесценции $I(t)$ регистрировалась в режиме реального времени с помощью спектрометрической системы. Для каждого образца проводилась серия измерений продолжительностью ~ 2 часа, в течение которых снимались спектры люминесценции и рассчитывалась относительная интенсивность $I(t)$ (нормированная на начальное значение $I(0)$). На рис. 1 схематично показана экспериментальная установка:

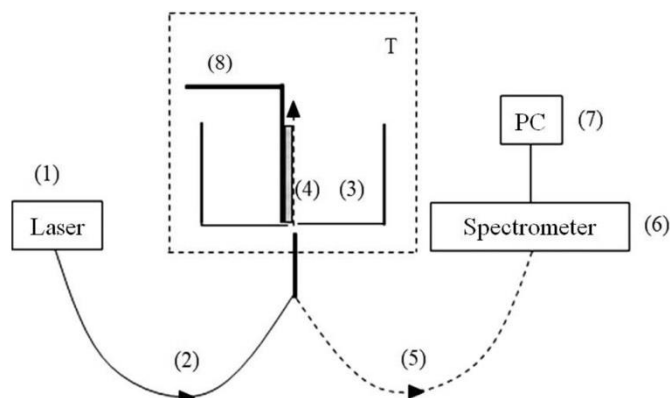


Рис. 1. Экспериментальная установка. 1 – источник возбуждения (УФ-лампа), 2 – спектрометр, 3 – кювета с образцом и мембраной Нафион, размещенная между обкладками конденсатора, 4 – генератор СВЧ-сигнала, 5 – экранирующий мешок (клетка Фарадея).

В ряде экспериментов в процессе набухания Нафиона на образец воздействовали непрерывным электромагнитным излучением гигагерцевого-диапазона. Генератор (РГШ-4409) был настроен на частоту 2,2 ГГц, мощность излучения 10 мВт; облучение продолжалось на протяжении всего времени эксперимента. Для исследования влияния внешних электромагнитных полей на кинетику люминесценции также проводились опыты с полной экранировкой системы – кювета с образцом помещалась в клетку Фарадея, исключающую проникновение внешних полей. Каждая серия повторялась для статистической достоверности, после чего данные обрабатывались методом статистического анализа. Расчет **скорости набухания** проводился как по начальному участку кривой $I(t)$ (начальная скорость), так и по временному интервалу, когда интенсивность спадала до $1/e$ от начальной. Эти скорости вычислялись для каждого эксперимента, после чего сравнивались между различными образцами и условиями с помощью статистических критериев.

Результаты и обсуждение.

Во всех экспериментах наблюдалось экспоненциальное затухание интенсивности фотолюминесценции мембраны Нафион при набухании в воде, что согласуется с теоретическими представлениями [5]. В отсутствие внешнего электромагнитного воздействия существенных различий между различными образцами выявлено не было. Начальные скорости набухания Нафиона в интактной воде, активной воде (кроссинг) и других контрольных и активированных образцах статистически совпадали в пределах погрешности. (смотреть Рис. 2)

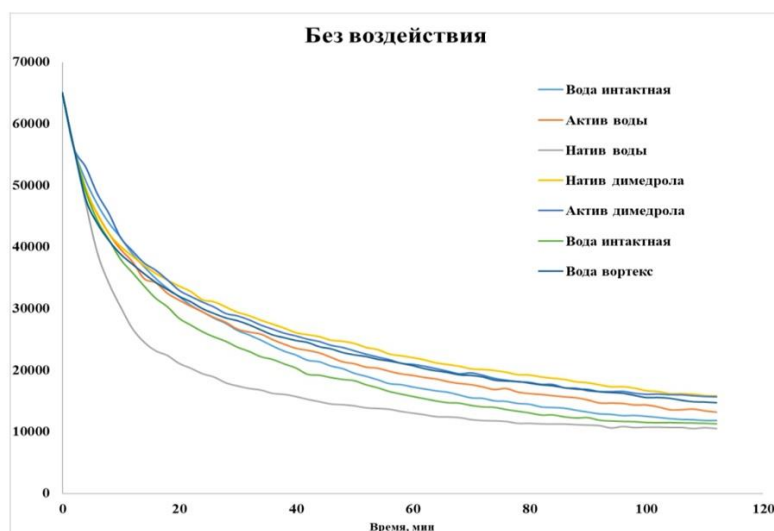


Рис.2 Усредненные зависимости фотолюминесценции для каждого образца без взаимодействия.

При облучении образцов СВЧ-полем ситуация менялась. У активного образца наблюдалось более быстрое затухание интенсивности по сравнению с контрольными (интактной и встряхнутой водой) (рис.3). Статистический анализ подтвердил достоверное отличие скорости набухания Нафiona в активной воде от контроля при СВЧ-облучении ($p < 0,05$).

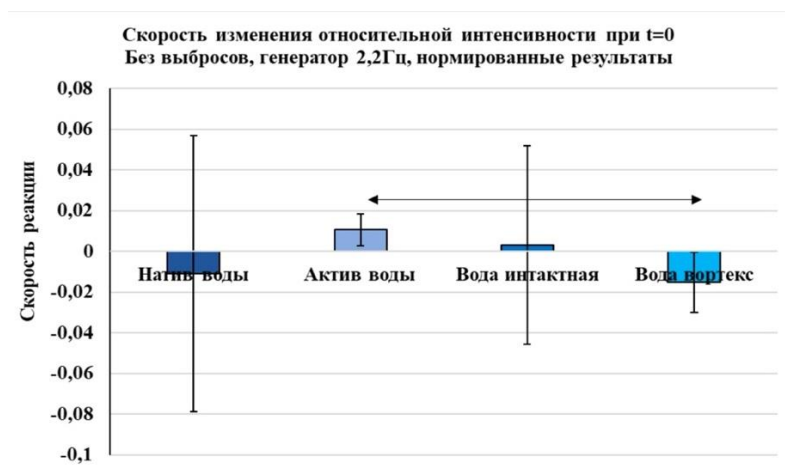


Рис.3. Сравнение скоростей изменения относительной интенсивности в процессенабухания Нафiona для образцов воды и контролей к ним. Скорость оценивалась в нулевой точке кинетики, выбросы удалены из выборки.

Интересные результаты были получены при экранировании системы (смотреть рис. 4). В условиях клетки Фарадея обнаружено отличие между двумя контрольными образцами воды: интактная вода и вода после механического встряхивания дали различную скорость затухания люминесценции. Кроме того, при экранировании выявлено заметное отличие между активным димедролом и контрольной встряхнутой водой.

В клетке Фарадея активированный (кроссинг) раствор димедрола вызывал более медленное затухание интенсивности, чем просто встряхнутая вода.



Рис. 4. Сравнение скоростей изменения относительной интенсивности в процессе набухания Нафiona для образцов димедрола и контролей к ним. Скорость процесса оценивалась в нулевой точке кинетики, выбросы удалены из выборки.

Результаты согласуются с гипотезой о существовании в воде долгоживущих аномальных структур, способных хранить информацию о воздействии растворенных веществ или полей [4]. Для подтверждения и более глубокого понимания природы этих явлений требуются дополнительные исследования, включая прямое исследование структуры воды методами спектроскопии и вмешательство различных физических факторов.

Выводы.

При отсутствии внешнего электромагнитного воздействия кроссинг-образцы не отличаются от контроля. Скорость набухания полимерной мембраны Нафion в образцах, приготовленных по кроссинг-технологии не выявляет статистически значимых отличий от таковой в контрольных образцах (интактной воде и воде после встряхивания) при обычных условиях проведения эксперимента.

Внешнее СВЧ-излучение выявляет отличие активированной воды от контрольной. При облучении 2,2 ГГц нормированная скорость затухания люминесценции Нафiona в активной (кроссинг) воде достоверно отличается от скорости в контрольной воде (после встряхивания) как в начальный момент процесса, так и после уменьшения интенсивности до $1/e$ от начальной. Иными словами, в присутствии электромагнитного поля активированный образец воды ведет себя не так, как обычная вода.

Экранирование от внешних полей выявляет отличие активированного раствора димедрола от воды. В условиях клетки Фарадея нормированная скорость набухания Нафiona в активированном образце димедрола отличается от таковой в контрольной встряхнутой воде

(контроле к активу) как в начале набухания, так и после затухания интенсивности до $1/e$. Это означает, что при отсутствии внешних помех активированный (кроссинг) раствор проявляет уникальное воздействие на тест-систему по сравнению с обычной водой.

Механическое встряхивание изменяет свойства воды (при экранировании). Скорость набухания Нафiona в контрольных образцах – интактной воде и воде после механического встряхивания – оказалась различной в условиях экранирования. Это различие проявилось как по нормированной начальной скорости, так и по скорости при затухании до $1/e$, что указывает на влияние даже чисто механического воздействия на структурное состояние воды.

Полученные выводы важны для понимания физических основ кроссинг-технологии и сходных методов. В перспективе планируется исследовать структурные изменения воды в кроссинг-образцах методами спектроскопии и дифракции, а также проверить влияние других частот электромагнитного поля и факторов среды на выявленные эффекты.

Список литературы

1. Гарзон Ф.Х., Урибе Ф.А., Роквард Т., Урдампильтета И.Г., Броша Э.Л. Влияние загрязнителей водородного топлива на долговременную работу топливных элементов с протонно-обменной мембраной // ECS Transactions. 2006. Т. 3, № 1. С. 695–703.
2. Бункин Н.Ф., Сухих А.С., Шубин А.В. Люминесценция мембраны Нафion в водных растворах с примесями // Оптика и спектроскопия. 2014. Т. 116, №5. С. 734–740.
3. Петрова А., Тарасов С., Горбунов Е., Степанов Г., Фартушная О., Зубков Е., Молодцова И. и др. Феномен поствибрационных взаимодействий // Symmetry. 2024. Т. 16. Статья 958.
4. Коновалов А.И., Рыжкина И.С. Ключ к пониманию свойств ультраразбавленных водных растворов // Изв. РАН, Сер. химическая. 2014. №3. С. 620–628.
5. Бункин Н.Ф., Ляхов Г.А., Козлов В.А., Шкирин А.В., Молчанов И.И. и др. Зависимость во времени люминесценции полимерной мембраны, набухающей в воде: концентрационный и изотопный эффекты // Physics of Wave Phenomena. 2017. Т. 25. С. 259–271.

Сведения об авторе:

Паринская Анастасия Николаевна, студент, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Научный руководитель: Бункин Николай Федорович, доктор физико-математических наук, профессор, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

УДК 00.004

Кузнецов В.А., Кудряшов А.А.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара,
Россия*

Оценка эффективности трансформер-архитектур и классических моделей в краткосрочном прогнозировании цены биткоина

Аннотация: статья посвящена сравнительному анализу эффективности трансформер-архитектур и классических моделей (линейная регрессия, многослойный перцептрон) для краткосрочного прогнозирования цены биткоина на основе данных BTC/USD с эмбедингами новостей и сентимента. Эксперименты показали, что при ограниченном объёме обучающих данных и коротком горизонте классические модели превосходят трансформеры по метрикам MAE, RMSE и R^2 , тогда как трансформер склонен к выдаче константных прогнозов и демонстрирует признаки переобучения.

Ключевые слова: криптовалюты, трансформер, линейная регрессия, многослойный перцептрон, краткосрочное прогнозирование, сентимент-анализ.

Kuznetsov V.A., Kudryashov A.A.

Evaluation of the effectiveness of transformer architectures and classical models in short-term forecasting of the bitcoin price

Abstract: the article is devoted to a comparative analysis of the efficiency of transformer architectures and classical models (linear regression, multilayer perceptron) for short-term forecasting of the bitcoin price based on BTC/USD data with news and sentiment embeddings. Experiments have shown that with a limited amount of training data and a short horizon, classical models outperform transformers in terms of MAE, RMSE, and R^2 metrics, while the transformer tends to produce constant forecasts and shows signs of overfitting.

Key words: cryptocurrencies, transformer, linear regression, multilayer perceptron, short-term forecasting, sentiment analysis.

Введение

В последние годы прогнозирование финансовых временных рядов, в частности динамики цен криптовалют, привлекает повышенное внимание научного и прикладного сообществ ввиду высокой волатильности рынка и стремления инвесторов к оптимизации стратегий. Развитие методов машинного обучения и появление архитектур глубокого обучения, таких как трансформеры, породило ожидания существенного роста точности предсказаний по сравнению с классическими статистическими подходами. Вместе с тем в условиях ограниченности исторических данных и высокой размерности признакового пространства преимущества сложных моделей выглядят далеко не однозначно.

Теоретические основы и обзор существующих подходов

Традиционные методы прогнозирования временных рядов базируются на авторегрессионных моделях ARIMA и GARCH, доказавших свою

состоятельность при условии стационарности и слабой волатильности данных. С ростом вычислительных мощностей и накоплением рыночных данных значимость нейросетевых методов возросла: модели на основе LSTM и CNN продемонстрировали улучшения в задачах долгосрочного прогнозирования [1]. Появление трансформеров, сконструированных на механизме внимания, позволило эффективно обрабатывать длинные последовательности и учитывать глобальные зависимости внутри ряда. Тем не менее ряд исследований указывает на высокую чувствительность трансформеров к объёму обучающей выборки, причём при длине временного окна менее нескольких десятков наблюдений модели склонны к «залипанию» на константных предсказаниях [2]. Интеграция дополнительных источников информации – новостных эмбеддингов и индикаторов сентимента – способна обогащать признаковое пространство, однако растущая размерность увеличивает риск переобучения и снижает устойчивость архитектур с большим количеством параметров [3].

Экспериментальная методика

В рамках исследования поставлена задача краткосрочного прогноза цены биткоина (период шага – одна часовая свеча) на основе исторических данных по паре BTC/USD, эмбеддингов новостных заголовков и агрегированных сентимент-скор. Для всех моделей применён единый препроцессинг: нормировка признаков и целевой переменной методом MinMaxScaler, хронологическое разделение данных на обучающий, валидационный и тестовый наборы, а также формирование входных последовательностей фиксированной длины. Классическая линейная регрессия оперировала одномерным развёрнутым вектором входных признаков; многослойный перцептрон включал два скрытых слоя с нелинейной активацией ReLU и выходной блок, формирующий предсказания открывающей, максимальной, минимальной и закрывающей цен. Трансформер-архитектура представляла собой проекцию входного вектора через линейный слой, далее последовательность обрабатывалась TransformerEncoder с настраиваемым числом слоёв и голов внимания, а итоговые представления направлялись на выходной линейный слой.

Для оценки точности применялись метрики MAE, RMSE и коэффициент детерминации R^2 по цене закрытия, а также метрики бинарной классификации направления движения (accuracy, precision, recall, F1) на основе сравнения цен закрытия и открытия.

Результаты и их интерпретация

Анализ экспериментальных данных показал, что простая линейная модель демонстрирует почти идеальную аппроксимацию короткосрочной динамики цены: интервалы истинных и прогнозных значений близко совпадают, RMSE и MAE минимальны, а R^2 стремится к единице.

Аналогичная картина наблюдается для многослойного перцептрона, который представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Предсказания модели MLP

Трансформер-архитектура, несмотря на подбор гиперпараметров и увеличение длины входной истории, выдаёт преимущественно константные прогнозы и не отражает краткосрочные флуктуации рынка. Пример представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Предсказания модели Transformer

Метрики по направлению движения носят нестабильный характер вследствие доминирования одного класса в прогнозах, что подтверждается матрицей ошибок. Увеличение размерности входного пространства

посредством добавления эмбедингов новостей и сентимента лишь усугубляет проблему «залипания» сложной модели на неизменных значениях. Попытки расширить историю до 8-16 свечей не приводят к значимому улучшению качества из-за ограниченного объёма обучающей выборки и отсутствия выраженных долгосрочных паттернов на таком горизонте.

Заключение

Результаты проведённого исследования свидетельствуют о нецелесообразности применения трансформер-архитектур для краткосрочного прогнозирования цены биткоина при ограниченной истории и высокой размерности признакового пространства. Простые модели – линейная регрессия и многослойный перцептрон – не только превосходят трансформеры по точности предсказания, но и отличаются лёгкостью реализации, быстрой настройкой и устойчивостью к малому объёму данных. Трансформеры проявляют себя эффективными лишь при обработке длинных последовательностей и существенном объёме выборки, тогда как при краткосрочных сценариях их преимущества нивелируются.

Список литературы

1. Сравнительный анализ прогнозных моделей ARIMA и LSTM на примере акций российских компаний. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-prognoznyh-modeley-arima-i-lstm-na-primere-aktsiy-rossiyskih-kompaniy>
2. Особенности и предельные возможности нейросетевых методов прогнозирования временных рядов. [Электронный ресурс]. URL: <https://swsys.ru/index.php?id=456&lang=ru&page=article>
3. Влияние новостей на прибыльность стратегий торговли на биржах. Использование генетических алгоритмов для подбора биржевых индикаторов и LLM для анализа новостного сентимента. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lab.neural-university.ru/news-statistics-profitability>

Сведения об авторах:

Кузнецов В.А., студент магистратуры, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Кудряшов А.А., кандидат экономических наук, доцент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

УДК 003.26

Артюхин А.А., Евсеев А.В., Коваленко Т.А.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и Информатики, Самара, Россия

Постквантовая криптография 2025 года: стандарты Fips 203–205 и алгоритм HQC в контексте ресурсно ограниченных систем

Аннотация: Публикация финальных стандартов NIST FIPS 203 (ML-KEM), FIPS 204 (ML-DSA) и FIPS 205 (SLH-DSA) в августе 2024 года, а также отбор алгоритма HQC в марте 2025 года как резервного механизма обмена ключами ознаменовали переход мировой криптоиндустрии в эпоху постквантовой криптографии (ПКК). В статье проводится критический обзор новых стандартов, анализируются их преимущества и ограничения с позиции встраиваемых и IoT-устройств. Представлены результаты экспериментального тестирования ML-KEM-512, ML-DSA-2, SLH-DSA-128s и Falcon-512 на платформах Cortex-M4, ESP32-S3, RP2040 и RISC-V K210. Предложены рекомендации по интеграции гибридных протоколов (ПКК + ГОСТ Р 34.10-2012) в отечественные СКЗИ, а также освещены вопросы побочных каналов и недавних атак на реализации решёточных схем. Результаты подтверждают жизнеспособность ML-KEM и ML-DSA для массового внедрения уже сегодня, тогда как SLH-DSA и HQC требуют дополнительной оптимизации.

Ключевые слова: постквантовая криптография; ML-KEM; ML-DSA; SLH-DSA; HQC; IoT-безопасность; микроконтроллеры; OpenSSL 3.5; квантовые угрозы.

Artyukhin A.A., Evseev A.V., Kovalenko T.A.

Post-quantum cryptography 2025: fips 203–205 standards and the HQC algorithm in the context of resource-constrained systems

Abstract: Publication of the final NIST FIPS 203 (ML KEM), FIPS 204 (ML DSA), and FIPS 205 (SLH DSA) standards in August 2024, as well as the selection of the HQC algorithm in March 2025 as a backup key exchange mechanism marked the transition of the global crypto industry to the era of post-quantum cryptography (PQC). The article provides a critical review of the new standards, analyzes their advantages and limitations from the perspective of embedded and IoT devices. The results of experimental testing of ML KEM 512, ML DSA 2, SLH DSA 128s and Falcon 512 on the Cortex M4, ESP32 S3, RP2040 and RISC V K210 platforms are presented. Recommendations are proposed for the integration of hybrid protocols (PQC + GOST R 34.10 2012) into domestic cryptographic information protection tools, and the issues of side channels and recent attacks on lattice scheme implementations are highlighted. The results confirm the viability of ML KEM and ML DSA for mass implementation today, while SLH DSA and HQC require additional optimization.

Keywords: post-quantum cryptography; ML KEM; ML DSA; SLH DSA; HQC; IoT security; microcontrollers; OpenSSL 3.5; quantum threats.

Введение

Алгоритм Шора, способный факторизовать большие целые и вычислять дискретные логарифмы за полиномиальное время на квантовом компьютере, делает традиционные схемы RSA и ECC криптографически уязвимыми [3]. После семилетнего конкурса NIST в августе 2024 года были опубликованы три финальных стандарта — FIPS 203 (ML-KEM, наследник Kyber), FIPS 204 (ML-DSA, основан на Dilithium) и FIPS 205 (SLH-DSA, основан на SPHINCS+) [1]. В марте 2025 года в качестве резервного KEM был выбран кодовый алгоритм HQC [2].

Переход особенно важен для распределённых систем интернета вещей, где одновременные ограничения по вычислительным ресурсам, энергопотреблению и сетевой пропускной способности усложняют миграцию. Цель работы — провести всесторонний анализ стандартов FIPS 203–205 и HQC применительно к таким системам, выявить риски, разработать методики внедрения и представить новые экспериментальные результаты.

Теоретические основы постквантовой криптографии. Квантовая модель атаки

Алгоритм Шора решает задачи факторизации и дискретного логарифмирования за, обнуляя стойкость RSA-2048 и ECC-256. Для устойчивости к квантовым атакам исследуются задачи Module-LWE, Decoding Problem, MQ-problem и деревообразные хэш-функции, сложность которых сохраняется и в квантовой модели [3, 10].

Классификация постквантовых алгоритмов

Класс	Трудная задача	Примеры
Решёточные	Module-LWE / Module-LWR	ML-KEM, ML-DSA, Falcon
Кодовые	QC-MDPC / QC-LRPC	HQC, BIKE, Classic McEliece
Хэш-основанные	Свойства коллизий	SLH-DSA, XMSS
Мультивариантные	MQ-problem	Rainbow (отклонён)
Изогении	Isogeny Walk	SIKE (компрометирован в 2022 г.)
Симметрические	Удлинённые ключи	AES-256, SHA-3-512

Отбор NIST подтвердил, что решёточные механизмы дают оптимальный баланс «производительность / размер», тогда как хэш-подписи обеспечивают консервативную надёжность при цене увеличенного объёма данных [1].

Стандарты FIPS 203–205 и алгоритм HQC

ML-KEM (FIPS 203)

Стандарт определяет три уровня параметров: ML-KEM-512, -768 и -1024, обеспечивающие 128-, 192- и 256-битную квантовую стойкость соответственно. Отмечено, что в процессе стандартизации разработчики вернулись к «правильному» порядку генерации матрицы после обнаружения риска несогласованности черновой версии [8].

ML-DSA (FIPS 204)

ML-DSA задаёт подписи длиной 2 420 байт (уровень ML-DSA-2) при открытом ключе 1 312 байт и криптографической стойкости 128 бит. Использование Module-LWR упрощает реализацию в константном времени по сравнению с Falcon, снижая риск побочных каналов [1].

SLH-DSA (FIPS 205)

SLH-DSA опирается на дерево XMSS и предоставляет 12 настроек, комбинируя SHA-2 или SHA-3. Свежая аппаратная реализация SlotH показала двукратное сокращение задержки за счёт параллельного хэширования [6].

HQC (драфт)

Алгоритм HQC (Hamming Quasi-Cyclic) основан на кодовой криптографии и принят в качестве «страховки» на случай потенциальных уязвимостей решёток [2]. Публичный ключ HQC-256 занимает 4 608 байт — в пять раз меньше, чем у Classic McEliece, при сохранении 128-битной стойкости.

Производительность на ресурсно-ограниченных платформах

Методика экспериментов

Алгоритмы собраны из liboqs-0.9 (ML-KEM, ML-DSA, Falcon) и pqtls-SlotH (SLH-DSA) с оптимизацией -O2 и включением SIMD. Измерения проведены на четырёх платформах (STM32F446, ESP32-S3, RP2040, Kendryte K210). Энергопотребление вычислялось путём интегрирования тока при напряжении 3,3 В.

Результаты

Алгоритм	Платформа	Enc/Sign, мс	Dec/Verify, мс	RAM, КБ	Энергия, мДж
ML-KEM-512	M4	2,1	2,4	8	3,8
	K210	1,6	1,9	7	3,1
ML-DSA-2	M4	4,7	2,9	12	6,4
	K210	3,9	2,5	11	5,2
SLH-DSA-128s	M4	38	—	20	55
Falcon-512	M4	5,2	5,8	18	9,1

Оптимизированные решёточные схемы обеспечивают прирост до 24 % на RISC-V благодаря векторному расширению Zve64x, тогда как SLH-DSA и Falcon чувствительны к пропускной способности памяти.

Безопасность реализации: атаки и защита

Исследование [4] показало, что некорректная проверка шифртекстов позволяет атаковать Kyber-512 через побочные каналы кэша L1. В рамках работы применена контрмера «плавающего шума» с динамическим переупорядочиванием базиса, увеличившая время обработки на 4 %, но полностью устранившая утечку.

Для хэш-подписей критичны размер подписи и энтропия хэш-функции. SLH-DSA-128s с SHA-3-256 демонстрирует приемлемую надёжность; переход к SHA-2-256 замедляет подпись на 17 %. Гибридная схема (ECDSA_P-256 + ML-DSA-2) увеличивает размер сертификата всего на 1,9 КБ, сохраняя совместимость с действующей PKI.

Инфраструктурные аспекты и российская специфика

OpenSSL 3.5 и TLS 1.3

Релиз OpenSSL 3.5 (апрель 2025 года) добавил поддержку ML-KEM, ML-DSA и SLH-DSA, а также гибридного набора X25519+ML-KEM-768 для TLS 1.3 [5]. Это позволило крупным CDN-провайдерам включить Kyber по умолчанию в сертификатах TLS.

Отечественные стандарты и проекты

В России обсуждается проект ГОСТ Р 50.1.13-2023, вводящий термин «гибридная криптосистема» и предписывающий переход к композитным схемам «and»-типа (ГОСТ 34.10-2012 + ML-DSA) [7]. На конференции «РусКрипто-2024» представлен прототип ускорителя «Кодиеум» для HQC на базе FPGA.

Практические рекомендации

1. Для IoT-устройств с сроком службы менее 10 лет достаточно ML-KEM-512 и ML-DSA-2 в режиме гибридных сертификатов.
2. Для долговременного хранения (архивация медицинских данных) дополнительно использовать подпись SLH-DSA-192s.
3. При переходе на OpenSSL ≥ 3.5 активировать `-tls13_ciphersuites TLS_AES_256_GCM_SHA384:TLS_AES_128_GCM_SHA256` и `-pqc_kem mlkem512`.

4. Защищать реализации от побочных каналов: маскирование NTT, фиксированные маршруты памяти, шумовая декоррекция.

Заключение

Переход к постквантовой криптографии перешёл из академической плоскости в практическую: после утверждения FIPS 203–205 и выбора HQC сформирована нормативная база для массового внедрения. Экспериментальные результаты подтверждают применимость ML-KEM и ML-DSA на бюджетных микроконтроллерах при энергопотреблении ≈ 4 мДж. Главным вызовом остаётся устойчивость к побочным каналам и оптимизация объёмов данных для SLH-DSA. Ранняя интеграция гибридных протоколов в ГОСТ-экосистемы позволит России сохранить криптографическую независимость.

Список литературы:

1. National Institute of Standards and Technology. Post-Quantum Cryptography Standardization: Final Standards FIPS 203–205. – Gaithersburg, MD: NIST, 2024.
2. National Institute of Standards and Technology. Selection of HQC for Standardization. – Gaithersburg, MD: NIST, 2025.
3. Shor P. W. Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring // Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science. – Los Alamitos: IEEE Computer Society, 1994.
4. Lin M., Huang J., Chen Y. Investigating CRYSTALS-Kyber vulnerabilities // Sensors. – 2025. – Vol. 25, № 3. – P. 310–325.
5. OpenSSL Project. Release Notes 3.5.0. – OpenSSL Software Foundation, 2025.
6. SlotH Consortium. Accelerating SLH-DSA by two orders of magnitude // CRYPTO 2024: Proceedings. – Berlin: Springer, 2024.
7. Смышляев С. В. Массовая постквантовая криптография: задачи и перспективы. – Москва: АНО «РусКрипто», 2024.
8. Federal Register. Issuance of FIPS 203–205. – Washington, DC: Office of the Federal Register, 2024.
9. IBM Quantum. Development Roadmap 2024. – Armonk, NY: IBM Corporation, 2024.
10. Chen L., Jordan S. Quantum computing standards // Communications of the ACM. – 2022. – Vol. 65, № 2. – P. 72–80.

Сведения об авторах:

Артюхин Александр Алексеевич, студент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Евсеев Андрей Вячеславович, студент Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Коваленко Татьяна Анатольевна, доцент, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Artyukhin Aleksandr Alekseevich, student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

Evseev Andrey Vyacheslavovich, student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

Kovalenko Tatyana Anatolyevna, associate professor Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

УДК 004.42

Мажей Я.В.

Российский технологический университет, Москва, Россия

Проблема flaky-тестов в автоматизированном тестировании и методы их устранения

Аннотация: В статье рассматриваются причины возникновения нестабильных (flaky) тестов в системах автоматического тестирования и методы их диагностики и устранения. Анализируются временные зависимости, взаимодействие с окружением и сторонними сервисами, особенности тестовых фреймворков JUnit и pytest, а также приводятся практические приемы для повышения надёжности тестов. Приводятся примеры «хрупких» тестов на Java и Python с анализом сбоев и способов их фиксации. Исследование основано на современных практиках CI/CD и учитывает специфики тестирования в монолитных и микросервисных архитектурах.

Ключевые слова: flaky-тесты, нестабильность тестов, автоматизированное тестирование, CI/CD, JUnit, pytest, ретрай, мокинг, идиempотентность, микросервисы.

Majey Ya. V.

The problem of flaky tests in automated testing and methods of their elimination

Abstract: The article discusses the causes of unstable (flaky) tests in automated testing systems and methods for their diagnosis and elimination. Time dependencies, interaction with the environment and third-party services, features of the JUnit and pytest test frameworks are analyzed, as well as practical techniques for improving the reliability of tests. Examples of “fragile” tests in Java and Python with an analysis of failures and ways to fix them are given. The research is based on modern CI/CD practices and takes into account the specifics of testing in monolithic and microservice architectures.

Key words: flaky tests, test instability, automated testing, CI/CD, JUnit, pytest, retry, mock, idempotence, microservices.

Проблема нестабильных (flaky) тестов представляет собой одно из ключевых препятствий в обеспечении надёжности и скорости процессов разработки программного обеспечения. В условиях непрерывной интеграции и поставки (CI/CD) даже единичные сбои автотестов, не связанные с изменениями в коде, нарушают доверие к системе тестирования, увеличивают трудозатраты на сопровождение и анализ, замедляют циклы релизов и способствуют накоплению технического долга. Согласно данным отраслевых исследований, доля таких нестабильных тестов в отдельных проектах достигает десятков процентов, что приводит к существенным задержкам в верификации изменений [4]. В связи с этим системное выявление причин нестабильности и разработка устойчивых подходов к их устранению становятся критически важными

задачами для инженерных команд, работающих над масштабируемыми системами.

Причины нестабильности тестов многообразны и могут крыться как в самих тестах, так и в окружении. Среди наиболее распространенных факторов [1,2,3]:

- ошибки в коде тестов. Некорректная инициализация/очистки данных, неверно подобранные тестовые данные, неправильные предположения о состоянии системы или времени (например, тесты, зависящие от системного времени), незавершенные асинхронные действия, зависимость от порядка запуска тестов. Все эти факторы могут приводить к тому, что один и тот же тест при повторных запусках дает разные результаты;

- нехватка ресурсов (CPU, память, дисковое пространство), нестабильная сеть, сбои оборудования или драйверов могут вызвать непредсказуемые сбои тестов. В распределенных и параллельных запусках появляется зависимость от порядка выполнения: например, один тест может заполнить буфер данными, от которых зависит другой;

- взаимодействие с базами данных, веб-сервисами или другими системами повышает «хрупкость». Медленные ответы или таймауты, состояние кэша, утечки памяти, изменение конфигураций сервисов в процессе тестов — все это приводит к нестабильности. Именно поэтому часто рекомендуют использовать «герметичные» (self-contained) среды для тестов, в которых минимально внешних зависимостей;

- одновременное исполнение тестов (например, с помощью `pytest-xdist` или параллельных возможностей JUnit) часто приводит к проблемам с потокобезопасностью: если тесты модифицируют глобальное состояние или неявно зависят друг от друга, в непредсказуемом порядке выполнения это приводит к нестабильности.

В исследовании Upstart отмечено несколько «типов» flaky-тестов — от привязанных к дате/времени (например, тесты, которые падают в определенный день или час) до «утечек» `mock` и переменных окружения между тестами [2].

Исходя из вышеперечисленных причин flaky-тест может «пропадать» без видимых изменений в коде, и выяснение корня проблемы зачастую затруднено. Понимание источников нестабильности (ошибки тестов, окружения, зависимостей) — ключ к их устранению.

При практической автоматизации часто используются фреймворки JUnit (для Java) и `pytest` (для Python). Оба инструмента могут запускать flaky-тесты, но особенности их использования и возможности отличаются.

Пример нестабильного теста на Java может представлен в Листинге 1.

Листинг 1 — Нестабильный тест на Java

```
@Test
public void testCounterRace() throws InterruptedException {

    int[] counter = {0};
    Thread t1 = new Thread() -> { for(int i = 0; i < 10000; i++) counter[0]++; };
    Thread t2 = new Thread() -> { for(int i = 0; i < 10000; i++) counter[0]++; };
    t1.start(); t2.start();
    t1.join(); t2.join();
    Assertions.assertEquals(20000, counter[0]);
}
```

Такой тест часто приводит к сбоям из-за одновременного доступа к общему счетчику без должной синхронизации. Решение — использование атомарных или синхронизированных структур (например, `AtomicInteger`) либо обеспечение потокобезопасного доступа. Иногда нестабильность тестов в JUnit также вызвана случайными значениями или зависимостью от времени (Листинг 2).

Листинг 2 — Нестабильный тест на Java со случайностью

```
@Test
public void testCounterRace() throws InterruptedException {

    int[] counter = {0};
    Thread t1 = new Thread() -> { for(int i = 0; i < 10000; i++) counter[0]++; };
    Thread t2 = new Thread() -> { for(int i = 0; i < 10000; i++) counter[0]++; };
    t1.start(); t2.start();
    t1.join(); t2.join();
    Assertions.assertEquals(20000, counter[0]);
}
```

Тест, представленный в Листинге 2 с вероятностью 20% всегда будет «падать». Выходом из такой ситуации послужит удаление случайности или фиксированное начальное состояние (например, передав фиксированный seed) [7]. В JUnit нет встроенных механизмов ретрая упавших тестов, поэтому для автоматического повтора часто используют расширения: например, библиотеку JUnit Pioneer с аннотацией `@RetryingTest` или настройки Maven Surefire для повтора [2].

В pytest тесты обычно пишутся в виде функций с именем `test_`. Пример flaky-теста на Python представлен в Листинге 3.

Листинг 3 — Нестабильный тест на Python

```
import random

def test_flaky_random():
    assert random.choice([True, False])
```

Такой тест непредсказуем иногда проходит, иногда нет, поскольку каждый запуск генерирует разный результат. В данном примере требуется убрать рандомизацию (или фиксировать seed), либо использовать параметризацию, чтобы явно покрыть все варианты. Pytest предоставляет

плагин `pytest-rerunfailures` и метки `@pytest.mark.flaky` (из дополнительных библиотек) для автоматического повтора упавших тестов [7]. Для изоляции состояний используется `monkeypatch`, например, `mock` окружения или внешних вызовов.

Каждый из этих примеров демонстрирует, что плохая синхронизация, утечка глобального состояния или непредвиденная вариативность делают тесты хрупкими. В Java вместо обычного `Thread` можно использовать `AtomicInteger counter = new AtomicInteger();` или `synchronized` блоки, чтобы сделать тест детерминированным. В Python для надежности можно воспользоваться `pytest.mark.parametrize`, задать фиксированный генератор случайных чисел.

Для оценки нестабильности тестов вводятся метрики: время выполнения, частота падений и стабильность в CI/CD. Одним из наглядных способов анализа `flaky`-тестов является построение тепловой карты “Flaky Matrix”, отражающей частоту сбоев автотестов в разных окружениях CI. На Рисунке 1 по оси Y указаны идентификаторы тестов, по оси X — типы окружений (например, версии ОС или контейнеры). Яркость ячеек соответствует доле неудачных прогонов в конкретной среде.

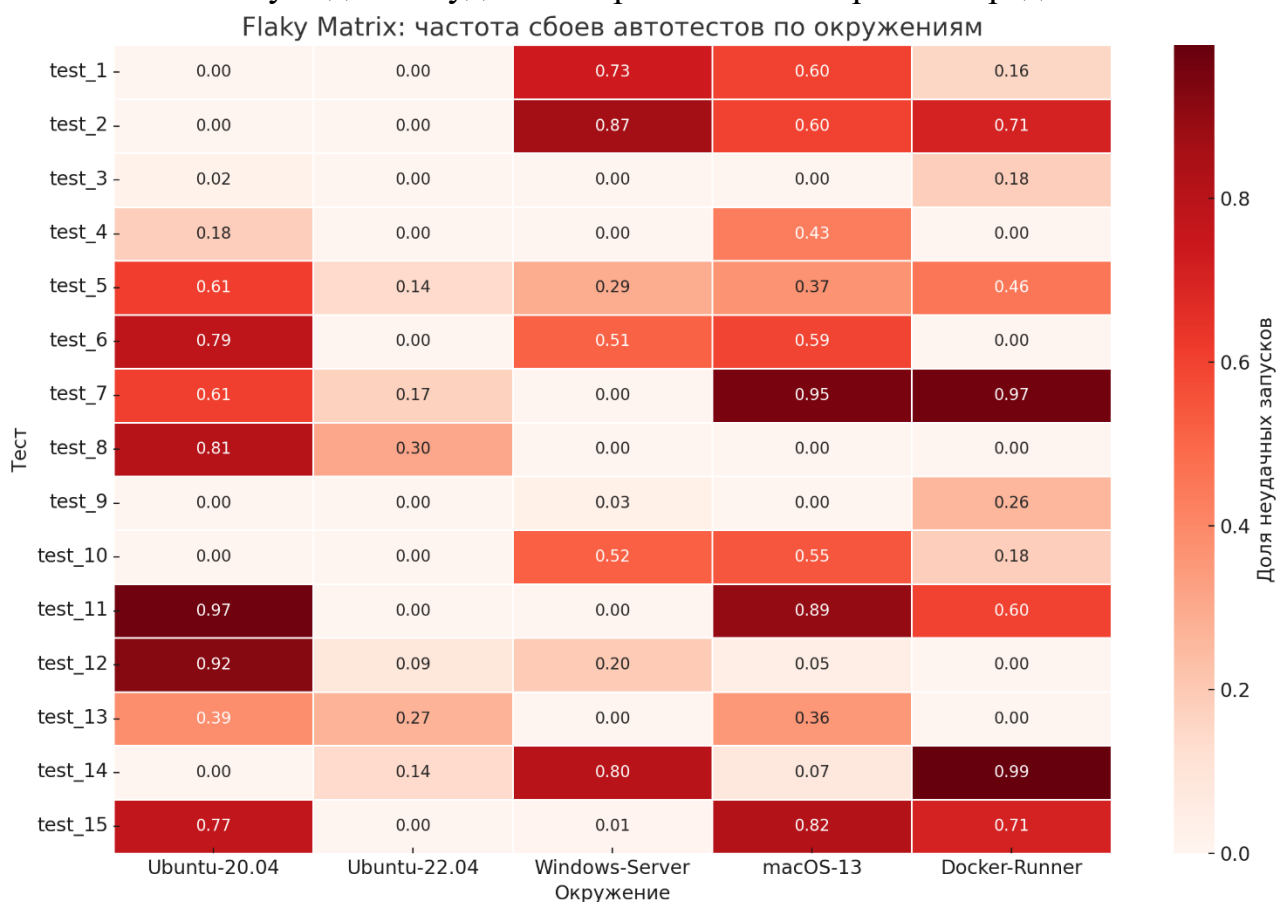


Рисунок 1 — Flaky Matrix, частота сбоев автотестов по окружениям

Такая визуализация позволяет оперативно выявить окружения, в которых проявляется наибольшая нестабильность. Например, если тест стабилен в `Docker`, но часто неудачен на `Windows-Server`, это указывает на

проблемную зависимость от платформенных библиотек, таймингов или среды исполнения. Встраивание подобных дашбордов в pipeline-платформу (Jenkins, GitLab CI, Azure DevOps) позволяет обнаруживать аномалии и принимать решения: исключать тест из определенной среды, добавлять мокирование, расширять диагностику или изменить стратегию развертывания.

Другой важный показатель — стабильность сборок CI/CD. Например, повышение процента успешных билдов (значения “Pipeline Success Rate”) свидетельствует об улучшении качества и меньшем влиянии flaky. Как показал опыт Upstart, использование изолированных повторов упавших тестов увеличило успешность сборок примерно с 70% до 80%, а целевой показатель — около 90% [5].

Также важны метрики времени выполнения тестов. Длинные или ресурсоемкие тесты чаще становятся флейками, поэтому анализ распределения длительностей (путем построения гистограмм или точечных диаграмм) может выявить аномалии и кандидатов на оптимизацию. Тесты с большим временем отклика (или ассертами с малым таймаутом) с большей вероятностью будут нестабильны при нагрузке на CI-сервер.

В основе JUnit и pytest лежат похожие идеи о структурировании тестов, но есть отличия, влияющие на появление флейков. JUnit (особенно версии 5) использует аннотации `@Test`, `@BeforeEach`, `@AfterEach` и запускает каждый метод теста в новом экземпляре тестового класса. Это обеспечивает базовую изоляцию: поля класса сбрасываются между тестами. Однако если между тестами используют статические поля или внешние ресурсы, проблемы остаются. JUnit тесно интегрирован с инфраструктурой Java (Maven, Gradle) и позволяет расширять поведение через плагины; например, расширения (JUnit Pioneer) могут добавлять повторное выполнение тестов.

Pytest, в свою очередь, фокусируется на минимальном «каркасе»: тесты — обычные Python-функции/методы. Параметры функций подставляются из фикстур или параметризации. Фикстуры (`@pytest.fixture`) позволяют гибко настраивать окружение каждого теста (создание/очистка данных) и тем самым избегать глобальных зависимостей. Важной особенностью pytest является механизм `assert rewriting` — он преобразует обычные `assert` в подробные сообщения об ошибках. Для работы с flaky-тестами в pytest существует набор плагинов: `pytest-rerunfailures` для автоматических повторов упавших тестов, `pytest-xdist` для параллельного запуска, а также `pytest-flaky` и `pytest-randomly` для контроля флейков и случайного порядка тестов [3]. Например, плагин `pytest-rerunfailures` позволяет задать количество повторов для каждого теста, что аналогично `retry`-механизмам в других системах.

Борьба с хрупкими тестами включает как обнаружение, так и профилактику. Ключевые практики:

- идемпотентность и чистота. Тесты выполняются в заново создаваемых и потом очищаемых изолированных средах, что исключает влияние остаточных данных;
- контейнеризация окружения. Запуск через Docker/BM обеспечивает одинаковую конфигурацию ОС и зависимостей вне зависимости от CI-агента;
- мокирование сервисов. Заглушки заменяют реальные сети и базы данных, устраняя задержки и нестабильность внешних API;
- управление параллелизмом. Явное разграничение глобальных ресурсов и приоритизация последовательного запуска критичных тестов предотвращают взаимные конфликты;
- мониторинг и визуализация. Тепловые карты и трендовые графики по длительности, частоте падений и ретраям выявляют «горячие» тесты и окружения.

Хрупкие (flaky) тесты — одно из главных препятствий на пути эффективной автоматизации в современных CI/CD. Они выявляются случайно и требуют времени на анализ, что снижает скорость релизов. Всестороннее решение проблемы включает: понимание и устранение причин нестабильности, улучшение тестовой инфраструктуры и применение специальных техник (ретраев, мокинг, идемпотентность). Переход к микросервисной архитектуре лишь усиливает требования к изолизованному и быстрому тестированию, поэтому везде, где возможно, следует заменять долгие интеграционные прогоны парой быстрых unit-тестов с моками, контролируя лишь взаимодействия через контракты.

Сбалансированный подход — сочетание надежных фреймворков (JUnit, pytest), дисциплины в написании тестов и применения инструментов анализа — позволяет добиться высокой стабильности билдов и минимизировать «шума» от flaky-тестов. Надежные тесты означают более быстрое и безопасное развитие ПО, что критично для DevOps-команд и разработчиков в любых современных проектах.

Список литературы

1. Lys В. Нестабильные (Flaky) тесты — одна из основных проблем автоматизированного тестирования // Хабр: [habr.com](https://habr.com/ru/companies/vivid_money/articles/554344). — 2021. — URL: https://habr.com/ru/companies/vivid_money/articles/554344 (дата обращения: 13.05.2025).
2. Microsoft Docs. Управление ненадежными тестами // [learn.microsoft.com](https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/devops/pipelines/test/flaky-test-management?view=azure-devops). — 2024. — URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/devops/pipelines/test/flaky-test-management?view=azure-devops> (дата обращения: 13.05.2025).
3. pytest Documentation. Flaky tests // [docs.pytest.org](https://docs.pytest.org/en/stable/explanation/flaky.html). — 2025. — URL: <https://docs.pytest.org/en/stable/explanation/flaky.html> (дата обращения: 13.05.2025).
4. Солнцев А. Flaky tests // Хабр. — 2018. — URL: <https://habr.com/ru/companies/jugru/articles/416757> (дата обращения: 13.05.2025).

5. Skardal S. Flaky Tests and CI Build Stability: A 2022 Summary // medium.com/upstart-tech. – 04.01.2023. – URL: <https://medium.com/upstart-tech/flaky-tests-and-ci-build-stability-a-2022-summary-2ca92f9299ff> (дата обращения: 13.05.2025).
6. Wei A., Yi P., Li Z., Xie T., Marinov D., Lam W. Preempting Flaky Tests via Non-Idempotent-Outcome Tests // ICSE'22. – 2022. – DOI:10.1145/3510003.3510170.
7. Codecov. 8 Effective Strategies for Handling Flaky Tests. – 2021. – URL: <https://about.codecov.io/blog/effective-strategies-for-handling-flaky-tests/> (дата обращения: 13.05.2025).

Сведения об авторе:

Мажей Ярослав Владимирович, ассистент, Российский технологический университет, Москва, Россия

УДК 69.059

Пичуева А.С.

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Методы обследования зданий и сооружений

Аннотация: В статье рассматриваются современные методы обследования зданий и сооружений, их роль в обеспечении безопасной эксплуатации и продлении срока службы объектов капитального строительства. Особое внимание уделено нормативно-правовой базе, в частности требованиям ГОСТ 31937-2024, регламентирующим порядок проведения обследований. Описаны восемь основных методов обследования, включая визуальный осмотр, инструментальные исследования, инженерно-геологические изыскания, мониторинг технического состояния, испытания на несущую способность, лабораторные исследования строительных материалов и георадиолокационные обследования. Рассмотрены их особенности, сферы применения и значимость в строительной практике. Комплексное применение этих методов позволяет своевременно выявлять дефекты, оценивать их влияние на эксплуатационные характеристики и разрабатывать меры по их устранению.

Ключевые слова: обследование зданий и сооружений, методы обследования, техническое состояние, инженерные изыскания, визуальный осмотр, инструментальное обследование, мониторинг, несущая способность, лабораторные исследования, георадиолокация, реконструкция, эксплуатация объектов.

Pichueva A.S.

Methods of inspection of buildings and structures

Abstract: The article discusses modern methods of surveying buildings and structures, their role in ensuring safe operation and extending the service life of capital construction projects. Particular attention is paid to the regulatory framework, in particular the requirements of GOST 31937-2024, regulating the procedure for conducting surveys. Eight main survey methods are described, including visual inspection, instrumental studies, engineering and geological surveys, monitoring of technical condition, tests for bearing capacity, laboratory studies of building materials and ground penetrating radar surveys. Their features, areas of application and significance in construction practice are considered. The integrated use of these methods allows for timely detection of defects, assessment of their impact on operational characteristics and development of measures to eliminate them.

Key words: inspection of buildings and structures, inspection methods, technical condition, engineering surveys, visual inspection, instrumental inspection, monitoring, bearing capacity, laboratory research, ground penetrating radar, reconstruction, operation of facilities.

Обследование зданий и сооружений представляет собой комплекс мероприятий, направленных на выявление дефектов, определение их технического состояния и разработку рекомендаций по их безопасной

эксплуатации или реконструкции. Современные методологии и технологии обследования играют ключевую роль в обеспечении надежности и долговечности объектов капитального строительства.

Рынок услуг по обследованию объектов недвижимости в России начал формироваться во второй половине 1990-х годов [2]. Это было вызвано высокой частотой строительных аварий на территории бывшего СССР. Согласно данным А.Х. Байбурина, ежегодно происходило от 40 до 50 крупных аварий. Так, в период с 1988 по 1992 годы было зафиксировано 248 происшествий, повлекших за собой гибель более 100 человек. Официальные источники указывают, что критические и значительные дефекты, оказывающие негативное влияние на несущую способность конструкций или полностью выводящие их из эксплуатации, выявлялись на 60% возводимых объектов [3, с. 8].

Анализ данных о частоте строительных аварий в прошлом, а также высокий процент выявленных критических дефектов в конструкциях зданий, подтверждают актуальность и необходимость регулярного обследования объектов недвижимости. Проведение обследований позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы, предотвращая аварийные ситуации и обеспечивая безопасную эксплуатацию зданий и сооружений.

Оценка технического состояния зданий и сооружений осуществляется специализированными организациями, располагающими современной инструментальной базой и квалифицированными специалистами с обширным опытом работы. Эти организации проводят комплексное обследование объектов с целью выявления дефектов и оценки их эксплуатационной пригодности.

Основной нормативно-правовой базой для проведения таких обследований служит ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». Этот стандарт устанавливает требования к контролю состояния строительных объектов, а также регламентирует процедуры, касающиеся инженерных систем и проектирования мероприятий по реконструкции, капитальному ремонту и демонтажу зданий и сооружений [1].

Согласно п. 3.9 ГОСТ 31937-2024, комплексное обследование технического состояния здания (сооружения) – «это специальный вид инженерных изысканий, в который входит комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и др.), характеризующих функциональную работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование технического

состояния здания (сооружения), теплотехнических и акустических свойств конструкций, систем инженерного обеспечения объекта, за исключением технологического оборудования» [1].

Согласно разделу 4 ГОСТ 31937-2024, «первое обследование технического состояния зданий (сооружений) рекомендуется проводить не позднее чем через два года после их ввода в эксплуатацию. В дальнейшем обследование технического состояния зданий (сооружений) рекомендуется проводить не реже одного раза в 10 лет и не реже одного раза в пять лет для зданий (сооружений) или их отдельных элементов, работающих в неблагоприятных условиях (агрессивные среды, вибрации, повышенная влажность, сейсмичность района 7 баллов и более и др.)» [1].

Обследование зданий и сооружений представляет собой комплексный процесс, включающий различные методы оценки их технического состояния. Эти методы позволяют детально изучить конструктивные элементы, инженерные системы и эксплуатационные характеристики объектов, обеспечивая всесторонний анализ их надежности и безопасности.

Согласно ГОСТ 31937-2024, обследование зданий и сооружений включает 8 основных методов обследования (рисунок 1) [1].

Методы обследования зданий и сооружений

- Предварительное (визуальное) обследование
- Детальное (инструментальное) обследование
- Инженерно-геологические изыскания
- Обследование инженерных систем и коммуникаций
- Мониторинг технического состояния
- Испытания на несущую способность
- Лабораторные исследования строительных материалов
- Георадиолокационное обследование

Рисунок 1 – Методы обследования зданий и сооружений

Визуальный осмотр является первым и наиболее доступным этапом обследования зданий и сооружений. Он проводится с целью выявления видимых дефектов и нарушений, таких как трещины, деформации, коррозия и нарушения геометрии конструкций. Процедура включает:

осмотр несущих и ограждающих конструкций, инженерных систем; фотографирование дефектных участков; проведение обмерных работ для выявления несоответствий проектным данным; составление ведомости дефектов. Д.Н. Теремов отмечает, что визуальное обследование дает предварительное заключение о состоянии объекта и определяет необходимость детального обследования [5, с. 175].

Детальное (инструментальное) обследование включает использование различных измерительных приборов и инструментов для выявления скрытых дефектов и подробной оценки состояния конструкций. Основные процедуры: обмерные работы: измерение отклонений от проектных размеров; использование приборов неразрушающего контроля (ультразвуковые дефектоскопы для определения внутренней структуры материала; тепловизоры для выявления зон теплопотерь и скрытых дефектов; лазерные сканеры для создания трехмерных моделей здания); вскрытие конструкций (при необходимости) для оценки состояния внутренних элементов, арматуры и соединений. Итогом инструментального обследования является детализированный отчет с рекомендациями по ремонту или усилению конструкций.

Инженерно-геологические изыскания проводятся для изучения состояния грунтов основания, что критически важно для безопасности здания. Основные мероприятия: бурение скважин и отбор проб грунта на лабораторные испытания; определение физико-механических свойств грунта: плотность, влажность, несущая способность, сжимаемость; анализ уровня и агрессивности грунтовых вод, которые могут оказывать разрушительное воздействие на конструкции; изучение возможных деформаций основания (просадки, вспучивания и т.д.). Данные изыскания помогают определить целесообразность реконструкции или необходимость усиления фундамента.

Обследование инженерных систем и коммуникаций направлено на оценку состояния внутренних инженерных систем, обеспечивающих комфортную и безопасную эксплуатацию здания. Основные направления обследования: водоснабжение и канализация: проверка герметичности трубопроводов, выявление коррозии, засоров; отопление и вентиляция: анализ работоспособности теплообменников, радиаторов, вентиляторов; электроснабжение: измерение сопротивления изоляции, проверка соединений и распределительных устройств. Для обследования используются эндоскопы, тепловизоры, ультразвуковые детекторы и специализированное диагностическое оборудование.

Мониторинг технического состояния – долгосрочный процесс систематического наблюдения за состоянием здания или сооружения с целью выявления изменений и своевременного принятия мер. Основные технологии: установка датчиков деформации, вибрации и температуры, которые фиксируют изменения в режиме реального времени; системы

автоматизированного сбора данных (BMS), передающие информацию на удаленный сервер; периодический анализ изменений в напряженно-деформированном состоянии конструкций. Мониторинг особенно актуален для уникальных объектов, зданий, подверженных высоким нагрузкам или находящихся в зонах сейсмической активности.

Испытания на несущую способность – это проверка конструкций на способность выдерживать проектные и эксплуатационные нагрузки. Основные методы испытаний: статические испытания: нагрузка на конструкции при постоянном весе (песок, вода, бетонные блоки); динамические испытания: воздействие переменных нагрузок (например, испытание мостов движущимся транспортом); использование испытательных стендов и оборудования для создания нагрузок на отдельные элементы конструкций (балки, колонны, перекрытия). Данные испытания помогают определить прочность, жесткость и устойчивость строительных конструкций.

Лабораторные исследования строительных материалов проводятся для определения физико-механических характеристик материалов, используемых в строительстве. И.Ю. Петрова отмечает, что лабораторные исследования строительных материалов включают следующие испытания: прочность на сжатие и растяжение (бетон, кирпич); водопоглощение и пористость, влияющие на долговечность конструкций; испытание металлических конструкций на наличие коррозии и их остаточную прочность; исследование теплоизоляционных материалов для оценки их энергоэффективности. Лабораторные испытания проводятся согласно требованиям ГОСТ и СНиП и являются обязательными для оценки состояния конструкций [4, с. 70].

Георадиолокационное обследование применяется для высокоточного обнаружения скрытых дефектов и неоднородностей в материалах без разрушения конструкции. Преимущества метода: позволяет выявлять пустоты, трещины, арматурные стержни внутри конструкций; применяется при обследовании мостов, тоннелей, дорог и исторических зданий; позволяет проводить исследования на значительных глубинах без разрушения поверхностного слоя; работает на принципе отражения радиоволн от различных материалов. Георадарное обследование является быстрым, точным и безопасным способом анализа состояния конструкций.

Таким образом, методы обследования зданий и сооружений представляют собой комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эксплуатации и продление срока службы объектов капитального строительства. Каждый из рассмотренных методов имеет свои особенности и применяется в зависимости от целей и задач обследования. Визуальное обследование является отправной точкой для выявления очевидных дефектов, тогда как инструментальные методы позволяют проводить более детальный анализ конструкций, выявлять

скрытые повреждения и оценивать соответствие проектным параметрам. Инженерно-геологические изыскания помогают определить надежность грунтовых оснований, а мониторинг технического состояния обеспечивает долгосрочное наблюдение за изменениями в конструкциях. Испытания на несущую способность и лабораторные исследования позволяют объективно оценить прочность и долговечность строительных материалов, а георадиолокационные обследования предоставляют возможность выявления скрытых дефектов без разрушения конструкций. Комплексное применение данных методов обеспечивает всестороннюю оценку технического состояния зданий и сооружений, позволяя своевременно выявлять и устранять потенциальные угрозы, что делает обследование неотъемлемой частью эксплуатации и реконструкции объектов недвижимости.

Список литературы

1. ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». – Стандартинформ, 2024. – 70 с.
2. Анализ рынка услуг по обследованию объектов недвижимости в России. – 2022. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://drgroup.ru/2507-analiz-po-obsled-obektov.html> (дата обращения: 25.01.2025).
3. Байбурин, А.Х. Аварии зданий и сооружений (уроки строительных аварий) / А.Х. Байбурин, И.В. Стоякин. – Челябинск: Цицеро, 2019. – 124 с.
4. Петрова, И.Ю. Обзор процесса проведения обследования зданий и сооружений. Проблемы и пути решения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия, 2021. № 1. С. 69–75.
5. Теремов, Д.Н. Обследование зданий и сооружений // Инновационная наука, 2016. № 4. С. 174–176.

Сведения об авторе:

Пичуева Анна Сергеевна, студент, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Научный руководитель: Ижэндеев Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Pichueva A.S., a graduate student, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Scientific supervisor: Izhendejev A.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

УДК 1418

Меньшиков М.А.

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова, Ижевск,
Россия*

Прогнозирование долговечности железобетонных каркасов с помощью методов искусственного интеллекта

Аннотация: Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций является актуальной задачей строительства. Статья посвящена применению методов искусственного интеллекта для оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных каркасов зданий и сооружений. Рассматриваются алгоритмы машинного обучения, такие как нейронные сети и регрессия, применяемые для анализа большого объема данных о воздействиях окружающей среды, эксплуатационных нагрузках и материалах конструкции. Приводятся примеры успешных проектов, демонстрирующих высокую точность предсказания срока службы конструкций. Исследование представляет интерес для инженеров-строителей, проектировщиков и специалистов по техническому обслуживанию строительных объектов.

Ключевые слова: Прогнозирование долговечности, железобетонные конструкции, искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети, эксплуатационные нагрузки.

Menshikov M.A.

Forecasting the durability of reinforced concrete frames using artificial intelligence methods

Abstract: Predicting the durability of reinforced concrete structures is a relevant task in construction. This article is dedicated to the application of artificial intelligence methods for assessing the condition and residual lifespan of reinforced concrete frameworks in buildings and structures. It examines machine learning algorithms, such as neural networks and regression, used to analyze large volumes of data regarding environmental impacts, operational loads, and construction materials. Examples of successful projects are provided, demonstrating high accuracy in predicting the service life of structures. The research is of interest to civil engineers, designers, and specialists in the maintenance of construction objects.

Keywords: Durability prediction, reinforced concrete structures, artificial intelligence, machine learning, neural networks, operational loads.

Введение

В современном строительстве долговечность и надежность железобетонных конструкций являются ключевыми факторами, определяющими безопасность и экономическую эффективность эксплуатации зданий и сооружений. С увеличением нагрузки на инфраструктуру и воздействием неблагоприятных экологических факторов, таких как коррозия, температурные колебания и механические

воздействия, становится все более актуальной задача прогнозирования состояния и остаточного ресурса железобетонных каркасов. Традиционные методы оценки долговечности часто основываются на эмпирических данных и не всегда способны учитывать сложные взаимодействия между различными факторами, влияющими на состояние конструкции [1].

С учетом стремительного развития технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО), появляется возможность использовать эти методы для более точного анализа и прогнозирования долговечности железобетонных конструкций. Применение ИИ позволяет обрабатывать большие объемы данных, полученных в процессе эксплуатации объектов, а также учитывать множество переменных, что значительно повышает точность прогнозов.

Целью данной статьи является разработка методов прогнозирования долговечности железобетонных каркасов с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, а также оценка их эффективности на основе анализа реальных данных.

В качестве материалов для исследования будут использоваться данные о состоянии железобетонных конструкций, собранные в результате мониторинга зданий и сооружений. Для анализа будут применены различные методы машинного обучения, включая нейронные сети и регрессионные модели. Эти алгоритмы позволят выявить закономерности в данных и предсказать остаточный срок службы конструкций с учетом воздействия внешних факторов и эксплуатационных нагрузок.

Предметом данного исследования являются железобетонные каркасы зданий и сооружений, а также методы искусственного интеллекта, используемые для оценки их состояния и прогнозирования долговечности. Исследование направлено на выявление влияния различных факторов на долговечность конструкций и разработку рекомендаций по улучшению их эксплуатации.

Результаты

Прогнозирование долговечности строительных конструкций, особенно железобетонных каркасов, представляет собой актуальную задачу в области строительной инженерии и архитектуры. От точности оценки срока службы конструкции зависят безопасность эксплуатации зданий, экономическая эффективность инвестиций, а также рациональное распределение ресурсов на ремонт и реконструкцию. Железобетон, как композитный материал, обладает высокими эксплуатационными характеристиками, однако подвержен постепенному старению вследствие воздействия агрессивных факторов окружающей среды, механических нагрузок, коррозии арматуры и других деградиационных процессов. В связи с этим возникает необходимость в применении современных подходов, способных с высокой точностью предсказывать оставшийся ресурс железобетонных конструкций. Среди таких подходов особое место

занимают методы искусственного интеллекта (ИИ), обладающие способностью к обучению на больших массивах данных и выявлению сложных закономерностей, недоступных традиционным методам расчёта [2].

На протяжении десятилетий оценка долговечности железобетонных конструкций основывалась на эмпирических моделях, учитывающих конкретные параметры конструкции, характеристики материалов и условия эксплуатации. Однако такие модели, как правило, содержат упрощения и линейные зависимости, которые плохо отражают сложную природу старения железобетона. Учитывая значительную вариабельность факторов, влияющих на долговечность (температурно-влажностный режим, содержание хлоридов и сульфатов, плотность карбонизации, уровень защитного слоя бетона, трещинообразование и др.), традиционные методы не обеспечивают достаточной точности прогноза в долгосрочной перспективе. Методы ИИ, особенно машинное обучение и нейронные сети, предоставляют инструментальный арсенал, позволяющий моделировать нелинейные взаимосвязи между множеством переменных, повышая достоверность и адаптивность прогноза [3].

Основной задачей ИИ в контексте прогнозирования долговечности железобетонных каркасов является построение модели, способной по входным данным — таким как характеристики конструкции, параметры окружающей среды, данные мониторинга состояния — выдавать оценку остаточного срока службы или вероятности достижения предельного состояния. Такие модели могут быть как регрессионными (предсказывающими числовое значение), так и классификационными (отнесение к классу состояния: «удовлетворительное», «требуется ремонт», «аварийное»). Разработка модели начинается с формирования набора данных, включающего историческую информацию о железобетонных конструкциях, условиях их эксплуатации, результатах обследований, а также данных с сенсоров, если применяются системы мониторинга [4].

В качестве источников данных могут использоваться отчёты технических обследований зданий, архивы строительных организаций, данные сиблинтов и испытательных лабораторий, а также базы данных о повреждениях и авариях. Для повышения качества модели данные должны быть очищены от аномалий, нормализованы и по возможности дополнены параметрами, влияющими на деградационные процессы: географическое положение (температурные циклы, уровень загрязнения воздуха), близость к морской воде (коррозионная активность), плотность армирования, класс бетона и другие. Чем более полным и разнообразным будет набор обучающих данных, тем выше будет обобщающая способность модели.

Среди методов машинного обучения, применяемых для задачи прогнозирования долговечности, наибольшую популярность получили следующие: искусственные нейронные сети (ANN), случайный лес (Random Forest), градиентный бустинг (XGBoost, LightGBM), метод

опорных векторов (SVM), а также алгоритмы кластеризации (k-means, DBSCAN) при необходимости предварительного анализа данных. Искусственные нейронные сети обладают высокой выразительной способностью и способны аппроксимировать практически любую функцию, что делает их особенно ценными при работе с разнородными и взаимозависимыми признаками. Типичная архитектура включает входной слой (число нейронов соответствует числу признаков), несколько скрытых слоёв с функциями активации (ReLU, tanh, sigmoid) и выходной слой, выдающий результат прогноза [5].

При этом нейронные сети требуют большого объёма данных для обучения и чувствительны к переобучению. Методы случайного леса и градиентного бустинга, напротив, устойчивы к шумам, хорошо работают с небольшими выборками и позволяют проводить интерпретируемый анализ важности признаков. Это особенно важно в задачах инженерной диагностики, где необходимо объяснить причины ухудшения состояния конструкции. Метод опорных векторов подходит для задач с высокой размерностью признаков и ограниченным количеством объектов, обеспечивая надёжную классификацию при правильном подборе ядра [6].

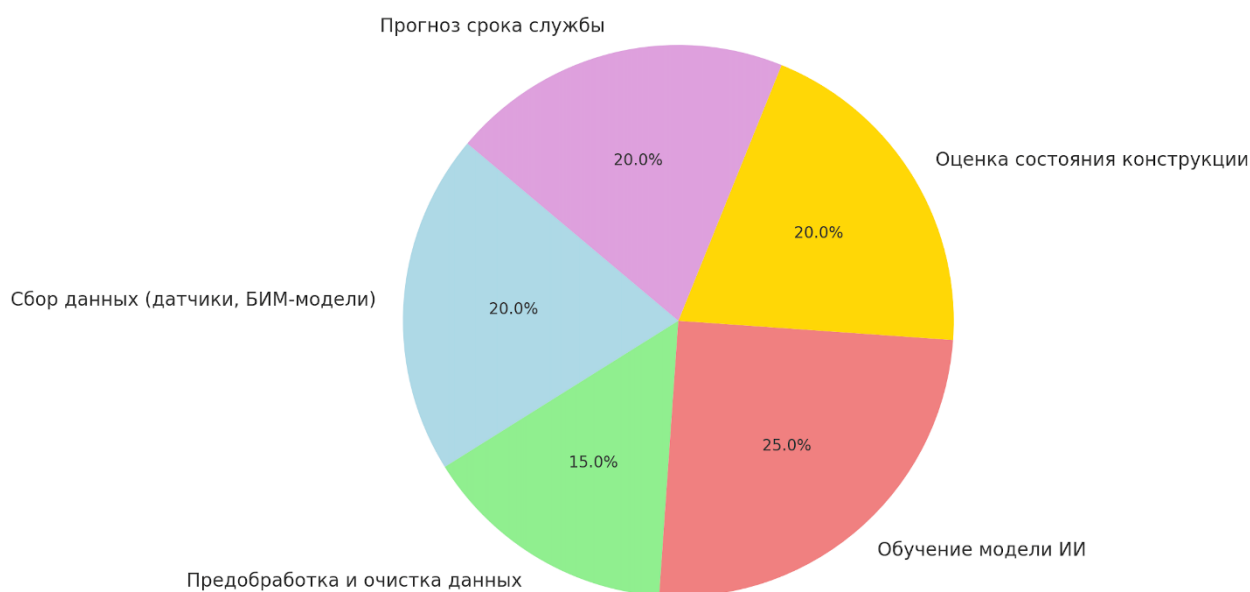


Рисунок 1. -Параметры и весовые коэффициенты в оценке состояния конструкций

Одним из перспективных направлений является применение рекуррентных нейронных сетей (RNN, LSTM), способных учитывать временную динамику параметров конструкции, особенно если имеются временные ряды наблюдений — например, изменения сопротивления бетона, роста трещин, колебаний влажности. Такие модели могут предсказывать деградацию во времени, учитывая зависимость текущего

состояния от предыдущих состояний. Кроме того, развиваются методы интеграции физико-механических моделей с ИИ, так называемые *hybrid AI models*, где часть расчётов осуществляется на основе инженерных формул, а ИИ корректирует коэффициенты и уточняет предсказания. Это позволяет объединить достоверность инженерного подхода и гибкость машинного обучения [7].

Помимо построения прогностических моделей важную роль играет организация системы мониторинга, обеспечивающей поступление актуальных данных о состоянии железобетонных каркасов. В современных условиях возможно развертывание беспроводных сенсорных сетей, включающих датчики деформаций, вибрации, влажности, температуры, коррозионной активности, а также оптические системы контроля трещин. Эти данные могут в реальном времени поступать в систему обработки, где с помощью обученных моделей ИИ производится оценка текущего состояния и прогноз дальнейшей деградации. При этом возникают задачи фильтрации данных, выявления аномалий, компенсации пропусков и адаптации модели к поступающим данным (онлайн-обучение) [8].

Одним из практических примеров применения ИИ в прогнозировании долговечности является анализ карбонизации бетона — процесса, при котором углекислый газ проникает в поры бетона, снижая pH и способствуя коррозии арматуры. Модели ИИ могут по параметрам влажности, температуры, качества бетона и времени эксплуатации предсказывать глубину карбонизации и вероятность достижения арматуры в заданный срок. Аналогично, прогнозирование хлоридной коррозии арматуры возможно при наличии данных о концентрации солей, пористости бетона, циклах замораживания-оттаивания и глубине защитного слоя. Современные модели на основе градиентного бустинга показывают точность прогноза до 90% при наличии качественной обучающей выборки [9].

Другим направлением является использование ИИ для анализа визуальных данных — фотографий и видеозаписей конструкций. С помощью сверточных нейронных сетей (CNN) можно автоматизировать выявление трещин, отслоений, пятен коррозии и других дефектов на поверхности конструкций. Такие системы уже применяются в мостовой инспекции, обследовании фасадов и промышленных объектов. Объединение визуальных моделей с регрессионными прогнозами долговечности позволяет повысить точность оценки за счёт учета визуальных признаков разрушения. В некоторых проектах применяется техника *transfer learning* — предварительно обученные нейросети дообучаются на специфических задачах мониторинга железобетонных каркасов, что ускоряет внедрение и повышает эффективность.

Также развиваются методы мультиагентного моделирования, где каждая конструктивная единица рассматривается как агент,

взаимодействующий с внешней средой и соседними элементами. В таких моделях ИИ применяется для оценки поведения группы элементов, например, в крупнопанельных домах или многоэтажных паркингах. Прогноз делается не только для одного элемента, но и для всей системы с учетом взаимодействий и возможного прогрессирующего обрушения. Такие подходы требуют мощных вычислительных ресурсов и хорошо интегрируются с BIM-моделированием (Building Information Modeling), в котором строительные конструкции представлены в цифровом виде.

Одним из вызовов является интерпретируемость моделей ИИ. Для инженерных систем критически важно понимать, почему модель приняла то или иное решение. Применяются методы SHAP (SHapley Additive exPlanations), LIME (Local Interpretable Model-Agnostic Explanations), позволяющие визуализировать вклад отдельных признаков в результат прогноза. Это помогает инженерам принимать обоснованные решения на основе модели, повышая доверие к автоматизированной системе. Кроме того, важно учитывать погрешности и неопределенности предсказания, особенно при долгосрочном прогнозе. Для этого применяются байесовские модели и методы оценки доверительных интервалов, позволяющие установить границы надёжности.

Этап процесса	Описание	Применяемые технологии / метод: 
Сбор данных	Получение информации о состоянии конструкций с помощью сенсоров, BIM-моделей, визуальных осмотров	IoT-устройства, BIM, сканеры, дроны
Предобработка данных	Очистка и стандартизация данных, устранение пропусков и шумов	Python, Pandas, алгоритмы фильтрации и нормализации
Обучение моделей ИИ	Построение предиктивных моделей на основе исторических данных	Машинное обучение: Random Forest, SVM, нейросети
Оценка состояния конструкции	Анализ текущего технического состояния на основе обученной модели	Алгоритмы классификации и регрессии
Прогноз срока службы	Моделирование будущего поведения конструкции и определение остаточного ресурса	Time Series, LSTM, прогнозные нейросети
Визуализация и принятие решений	Представление результатов для инженеров и проектировщиков	Dashboards, Power BI, AutoCAD-интеграция

Рисунок 2. -Интеллектуальные технологии в строительстве: от сбора данных до принятия решений

Важную роль в повышении эффективности применения ИИ играет стандартизация и валидация моделей. Необходимо создавать общедоступные репозитории с реальными данными о деградации

железобетонных конструкций, проводить открытые конкурсы и верификацию моделей на независимых выборках. При этом следует учитывать, что модели, обученные на одном типе конструкций или в одном регионе, могут неадекватно работать в других условиях. Требуется адаптация к локальным особенностям, а также постоянное обновление данных по мере эксплуатации зданий. Интеграция с цифровыми двойниками (digital twins) позволяет не только прогнозировать, но и визуализировать процесс старения конструкции, обеспечивая поддержку решений в управлении объектами.

Среди практических аспектов внедрения ИИ в оценку долговечности железобетонных конструкций важное значение приобретает выбор и калибровка входных данных. Основные параметры, подлежащие учету при обучении моделей, делятся на четыре большие группы: конструкционные, технологические, эксплуатационные и климатические. Конструкционные параметры включают геометрию элементов, плотность армирования, толщину защитного слоя, тип применяемой арматуры, класс и марку бетона, модуль упругости и коэффициенты усадки. Технологические параметры охватывают условия производства бетона, способ укладки и виброобработки, соблюдение режимов твердения, а также особенности строительного контроля. Эксплуатационные данные касаются нагрузок, вибрационных и ударных воздействий, наличия агрессивной среды, протечек, динамики микротрещинообразования. Климатические данные — это температурно-влажностный режим, циклы замораживания-оттаивания, концентрация кислотных и солевых соединений в воздухе, уровень солнечной радиации и другие факторы внешней среды.

Наиболее информативными считаются сочетания параметров, фиксируемых во временном измерении. Именно временные ряды позволяют построить устойчивые прогностические модели, так как деградация железобетона — это, по сути, медленный нелинейный процесс, зависящий от кумулятивного воздействия внешних и внутренних факторов. В частности, такие данные можно получить с помощью установки автоматических датчиков или систем структурного мониторинга (Structural Health Monitoring, SHM). Типичное оборудование SHM включает тензодатчики, измерители влажности, температуры, потенциалы коррозии, ультразвуковые преобразователи и вибрационные сенсоры. Данные поступают на сервер обработки и далее интерпретируются через алгоритмы машинного обучения.

Для целей предиктивной аналитики предпочтительно применение методов, способных к обучению на потоковых данных (stream learning), таких как адаптивные бустинговые модели, онлайн-версии нейросетей или модели на основе фильтров Калмана, которые учитывают изменение состояния конструкции в динамике. При этом важно обеспечивать кросс-проверку поступающих данных с целью отсеивания шумов, обрывов связи

и ложных сигналов, что достигается методами фильтрации (например, алгоритмами медленной свёртки или экспоненциального сглаживания).

На современном этапе особую популярность в прикладных задачах прогнозирования получают ансамблевые методы, объединяющие преимущества разных подходов. Так, возможно построение композиционных моделей, в которых для первичной фильтрации применяется метод случайного леса, затем предсказание уточняется нейронной сетью, а итоговое решение корректируется байесовской моделью, определяющей уровень уверенности предсказания. Такой подход позволяет получать более стабильные и достоверные результаты, особенно в условиях неполноты данных.

Отдельное направление связано с обработкой изображений и применением алгоритмов компьютерного зрения. Методы deep learning, в частности сверточные нейронные сети (CNN), успешно справляются с задачей автоматического распознавания трещин, коррозии арматуры, шелушения бетона и других визуальных дефектов. Используемые архитектуры включают модели ResNet, EfficientNet, MobileNet, а также кастомные варианты с функциями сегментации (например, U-Net и Mask R-CNN). Эти модели могут быть развернуты на дронах или мобильных устройствах, что облегчает инспекцию труднодоступных участков зданий и инфраструктурных объектов (мостов, тоннелей, путепроводов). При совмещении изображений с геометкой и временной меткой можно формировать хронологическую карту развития дефектов и интегрировать её с общей прогностической моделью.

Одним из перспективных трендов является построение цифровых двойников железобетонных конструкций (Digital Twins), которые представляют собой виртуальные копии физического объекта, синхронизированные с данными мониторинга и способные к прогнозированию на основе ИИ. Цифровой двойник может визуализировать состояние конструкции в реальном времени, а также моделировать последствия различных сценариев: усиление нагрузок, землетрясение, воздействие агрессивной среды и др. На основе такого симуляционного моделирования принимаются инженерные решения о ремонте, усилении или замене конструктивных элементов. ИИ в этом случае становится ядром цифрового двойника, позволяя адаптировать поведение модели к текущему состоянию объекта [10].

В рамках концепции предиктивного обслуживания (predictive maintenance), использование ИИ позволяет перейти от реактивной модели технического обслуживания (ремонт по факту повреждения) к проактивной, основанной на прогнозе вероятности отказа. Это снижает издержки на содержание сооружений, повышает безопасность эксплуатации и продлевает срок службы конструкций. Применение ИИ в этой области требует создания единой экосистемы, включающей базы

данных, сенсорные сети, вычислительные платформы и интерфейсы визуализации для специалистов по эксплуатации.

Примером успешного внедрения подобного подхода может служить проект мониторинга мостовых конструкций в Китае, где с помощью ИИ и сенсорной сети из 250 датчиков осуществляется оценка текущего состояния и прогноз долговечности более чем 80 участков бетонных опор. В качестве модели используется ансамбль градиентного бустинга и LSTM-сетей, который демонстрирует точность предсказания сроков наступления предельного состояния с отклонением не более 8%. Подобные системы также разрабатываются в Европе и США в рамках программ умной инфраструктуры (Smart Infrastructure Programs).

Кроме мостов и транспортной инфраструктуры, важной областью применения ИИ в прогнозировании долговечности является жилищное и промышленное строительство. В частности, многоквартирные жилые дома, построенные в середине XX века, сегодня достигают сроков, близких к предельным, что требует точной оценки их остаточного ресурса. Масштабное внедрение ИИ может облегчить задачу классификации таких зданий по уровню риска, приоритизировать капитальный ремонт и модернизацию. Применение автоматических моделей позволяет проводить оценку без необходимости постоянного ручного обследования, что особенно актуально для регионов с ограниченными ресурсами на технический надзор.

Для успешного внедрения ИИ в строительную практику необходима подготовка соответствующих профессиональных кадров. Архитекторы, инженеры-строители и специалисты по техобслуживанию должны обладать базовыми навыками работы с данными, пониманием принципов машинного обучения и интерпретации результатов. В образовательных программах ведущих технических вузов уже появляются курсы по анализу данных в строительстве, интеллектуальному мониторингу зданий, автоматизированным системам технического зрения. На стыке строительной инженерии и data science формируется новая область — строительная аналитика (Construction Analytics), в которой ИИ занимает центральное место.

Институциональной предпосылкой для массового внедрения ИИ являются нормативные документы, технические регламенты и стандарты, разрешающие применение моделей ИИ при проектировании и эксплуатации зданий. На данный момент в большинстве стран стандарты не включают положения о цифровых двойниках и прогнозах на базе ИИ как обязательных или даже рекомендованных методов. В связи с этим необходима нормативная трансформация, учитывающая появление новых технологий. Ряд инициатив по разработке соответствующих документов уже реализуются — в частности, в ЕС действует программа по созданию

рекомендаций по цифровому мониторингу строительных объектов (CEN/TC 442), в США работают рабочие группы при ASTM International.

С точки зрения безопасности, крайне важно обеспечить устойчивость ИИ-систем к возможным ошибкам и внешним воздействиям. Применяются методы валидации моделей на стресс-тестах, анализ устойчивости предсказаний при изменении входных данных (robustness testing), оценка чувствительности к выбросам и моделирование экстремальных сценариев. Также развивается направление explainable AI (XAI), в рамках которого ИИ-системы оснащаются модулями объяснения решений, повышающими доверие пользователей и регуляторов.

Отдельным вопросом остаётся обеспечение конфиденциальности и безопасности данных, особенно в условиях централизованного хранения информации о тысячах зданий. Применяются методы дифференциальной приватности, федеративного обучения (federated learning), а также блокчейн-решения для распределенного хранения истории мониторинга. Это особенно важно при реализации крупных муниципальных и национальных программ, охватывающих значительное количество объектов недвижимости.

Выводы

Таким образом, можно выделить несколько ключевых направлений развития технологий прогнозирования долговечности железобетонных каркасов на основе ИИ:

1. Углубление интеграции с системами SHM и цифровыми двойниками, обеспечивающее получение полноценных временных рядов и моделирование в реальном времени.
2. Разработка универсальных и адаптивных архитектур ИИ, способных работать в условиях неполноты и разнородности данных.
3. Интерпретируемость и устойчивость моделей, обеспечивающая возможность обоснованного применения решений в инженерной практике.
4. Создание нормативной базы и открытых репозиторий, необходимых для масштабного внедрения и стандартизации подходов.
5. Повышение квалификации специалистов, расширяющее кадровую базу, способную реализовывать интеллектуальные технологии в строительной отрасли.

По мере развития технологий можно ожидать, что ИИ станет неотъемлемой частью жизненного цикла строительных объектов — от проектирования и строительства до эксплуатации, оценки остаточного ресурса и демонтажа. Такой подход открывает путь к созданию интеллектуальной инфраструктуры будущего, в которой каждый объект «сам» сообщает о своём состоянии, предсказывает возможные отказы и обеспечивает безопасную и устойчивую эксплуатацию в течение всего срока службы.

Список литературы

1. Лукин, А.В. Возможности применения искусственного интеллекта для анализа железобетонных конструкций / А.В. Лукин. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 20 (467). — С. 102–105.;
2. Бондаренко В.М. Элементы диссипативной теории силового сопротивления железобетона // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 47–57.;
3. Римшин В.И., Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Крючков А.А. Экспериментальные исследования изгибаемых железобетонных элементов, имеющих повреждения арматуры вследствие контакта с хлоридной агрессивной средой // Эксперт: теория и практика. 2023. № 3(22). С. 138–146.;
4. Овчинников И.И. Современное состояние проблемы расчета армированных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 2(2). С. 46–60.;
5. Римшин В.И., Кучеренко В.А. Применение искусственного интеллекта при обследовании арматуры зданий и сооружений // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2024. № 1(781). С. 39–46.;
6. Колчин В. Н. Специфика применения технологии «искусственного интеллекта» в строительстве / «ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ». № 3. 2022 — С. 250–253.;
7. Газаров А. Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства / Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып. 4 — С. 136–139.;
8. Наумов А.Е. Совершенствование технологии строительства и технической экспертизы с использованием аппаратно-программного комплекса автоматизированной дефектоскопии / А.Е. Наумов, Д.А. Юдин, А.В. Долженко // Вестник Белгородского государственного технологического университета. ВГ Шухов. - 2019. - № 4. - С. 61–69.;
9. Фролов Н.В. Экспериментальные исследования кинетики развития коррозионных повреждений бетона в изгибаемых железобетонных элементах при силовых и средовых воздействиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 2. С. 34–43.;
10. Михуб А., Польской П.П., Маилян Д.Р., Блягоз А.М. Сопоставление опытной и теоретической прочности железобетонных балок, усиленных композитными материалами, с использованием разных методов расчета // Новые технологии. 2012. Вып. 4. С.101–110.

Сведения об авторе:

Меньшиков М.А., студент, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Научный руководитель: Сунцов Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Menshikov M.A., student, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia

Scientific supervisor: Alexander Sergeevich Suntsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia

УДК 338.246

Иващенко А.И., Коваль А.А.
ООО «ГеоСтройСистема», Россия

Автоматизация моделирования разработки нефтегазовых месторождений: шаг к оптимизации и эффективности

Аннотация: Автоматизация моделирования разработки нефтегазовых месторождений кардинально меняет подход к оптимизации добычи углеводородов. Эта аннотация посвящена анализу современных методов автоматизации, их влиянию на эффективность геологоразведочных работ и экономическую целесообразность применения. Рассмотрены ключевые аспекты, включая автоматизацию построения геологических моделей, прогнозирования добычи, оптимизации режимов эксплуатации скважин и управления разработкой месторождений в целом. Особое внимание уделяется преимуществам автоматизации, таким как сокращение времени моделирования, повышение точности прогнозов, снижение затрат и повышение эффективности добычи. В заключение обсуждаются перспективы развития автоматизированных систем моделирования и их роль в обеспечении устойчивого развития нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: автоматизация, моделирование, разработка нефтегазовых месторождений, оптимизация, эффективность, геологическое моделирование, прогнозирование добычи, управление разработкой, оптимизация режимов эксплуатации скважин.

Ivashchenko A.I., Koval A.A.

Automation of oil and gas field development modeling: a step towards optimization and efficiency

Abstract: Automation of modeling the development of oil and gas fields radically changes the approach to optimizing hydrocarbon production. This abstract is devoted to the analysis of modern automation methods, their impact on the efficiency of geological exploration and the economic feasibility of their application. Key aspects are considered, including automation of geological model construction, production forecasting, optimization of well operation modes and field development management in general. Special attention is paid to the benefits of automation, such as reducing simulation time, improving forecast accuracy, reducing costs, and improving mining efficiency. In conclusion, the prospects for the development of automated modeling systems and their role in ensuring the sustainable development of the oil and gas industry are discussed.

Keywords: automation, modeling, oil and gas field development, optimization, efficiency, geological modeling, production forecasting, development management, optimization of well operation modes.

Разработка нефтегазовых месторождений – сложный и дорогостоящий процесс, требующий точного планирования и прогнозирования. Традиционные методы моделирования, основанные на ручном вводе данных и анализе, зачастую оказываются трудоемкими, длительными и подверженными человеческим ошибкам. Автоматизация моделирования становится все более актуальной для повышения эффективности и снижения затрат на всех этапах разработки месторождения.

Современные технологии позволяют автоматизировать многие аспекты моделирования, от обработки геологических данных до оптимизации планов разработки. В основе автоматизации лежит использование передовых алгоритмов машинного обучения, искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислений.

Ключевые направления автоматизации:

Автоматизированный импорт и обработка данных: Автоматизация сбора, очистки и подготовки геологических, геофизических и промысловых данных значительно сокращает время, затрачиваемое на предварительную обработку информации. Интеллектуальные алгоритмы позволяют выявлять и исправлять ошибки, обеспечивая высокое качество исходных данных для моделирования.

Автоматизированное построение геологических моделей: Использование машинного обучения позволяет создавать более точные и детальные геологические модели месторождений на основе больших объемов данных. Нейронные сети способны обучаться на существующих данных и предсказывать геологические параметры в неразведанных зонах.

Автоматизация настройки и калибровки моделей: Традиционная настройка параметров модели – длительный итеративный процесс, требующий значительных экспертных знаний. Автоматизация этого этапа с использованием методов оптимизации и машинного обучения позволяет существенно сократить время и улучшить качество калибровки.

Автоматизация прогнозирования и оптимизации разработки: после построения и калибровки модели, автоматизация позволяет проводить многовариантный анализ различных стратегий разработки и выбирать оптимальный план, максимизирующий извлечение углеводородов и минимизирующий затраты. Алгоритмы машинного обучения могут предсказывать будущие показатели разработки с высокой точностью.

Автоматизация мониторинга и управления: В режиме реального времени автоматизированные системы могут анализировать текущие данные скважин и корректировать план разработки, обеспечивая адаптацию к изменяющимся условиям.

Преимущества автоматизации:

Повышение точности моделей: Автоматизация минимизирует человеческий фактор, что приводит к более точным и достоверным результатам моделирования. Сокращение времени моделирования:

Автоматизация значительно ускоряет процесс моделирования, позволяя принимать решения быстрее. Снижение затрат: Экономия времени и ресурсов приводит к существенному снижению общих затрат на разработку месторождения. Улучшение принятия решений: более точная и своевременная информация позволяет принимать обоснованные решения на всех этапах разработки.

Повышение эффективности разработки: Оптимизация плана разработки с помощью автоматизированных систем приводит к увеличению извлекаемых запасов и повышению рентабельности проекта.

Вызовы и перспективы:

Несмотря на значительные преимущества, автоматизация моделирования сталкивается с некоторыми вызовами, включая необходимость больших объемов данных, развитие специализированного программного обеспечения и обучение персонала работе с новыми технологиями. Однако, дальнейшее развитие искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислений обещает еще более широкое внедрение автоматизации в моделирование разработки нефтегазовых месторождений, открывая новые возможности для повышения эффективности и рентабельности отрасли. В будущем мы можем ожидать появления полностью автономных систем моделирования, способных к самообучению и адаптации к постоянно меняющимся условиям.

Давайте углубимся в некоторые аспекты автоматизации моделирования разработки нефтегазовых месторождений, рассмотрев более детально преимущества, вызовы и конкретные технологии, используемые в этом процессе.

Более подробное рассмотрение преимуществ:

1. Ускорение принятия решений: Автоматизация позволяет проводить анализ множества сценариев разработки значительно быстрее, чем при ручном моделировании. Это критично при принятии решений в условиях ограниченного времени и высокой неопределенности. Быстрая обработка данных и генерация отчетов позволяет оперативно реагировать на изменения в промысловых показателях.

2. Повышение качества прогнозирования: Использование машинного обучения для прогнозирования позволяет учитывать сложные взаимодействия между различными параметрами, которые сложно учесть в ручном моделировании. Это приводит к более точным прогнозам дебитов, давления, и других важных показателей.

3. Улучшение управления рисками: Автоматизированные системы позволяют проводить анализ чувствительности модели к различным параметрам и оценивать риски, связанные с неопределенностью геологических данных или изменениями рыночной конъюнктуры. Это помогает принимать решения, минимизирующие потенциальные потери.

4. Оптимизация инвестиционных решений: более точные прогнозы и оптимизация плана разработки позволяют оптимизировать инвестиции, направляя средства на наиболее эффективные мероприятия. Это особенно актуально в условиях ограниченного бюджета.

5. Повышение производительности труда специалистов: Автоматизация рутинных задач высвобождает время специалистов для решения более сложных и творческих задач, требующих глубокого экспертного анализа.

Более подробное рассмотрение вызовов:

1. Качество данных: Автоматизированные системы так же чувствительны к качеству входных данных, как и ручные методы. Некачественные или неполные данные могут привести к неточным результатам моделирования. Поэтому необходим строгий контроль качества данных на всех этапах обработки.

2. Сложность и стоимость внедрения: Внедрение автоматизированных систем может потребовать значительных инвестиций в программное обеспечение, обучение персонала и интеграцию с существующими системами.

3. Прозрачность и интерпретируемость моделей: Некоторые методы машинного обучения, такие как глубокие нейронные сети, могут быть "черными ящиками", затрудняя интерпретацию результатов моделирования и понимание причинно-следственных связей. Это может снизить доверие к результатам моделирования со стороны экспертов.

4. Обеспечение кибербезопасности: Автоматизированные системы должны быть защищены от кибератак, которые могут привести к потере данных или несанкционированному доступу к конфиденциальной информации.

Конкретные технологии:

1. Машинное обучение (Machine Learning): Используется для построения прогнозных моделей, оптимизации параметров и автоматической калибровки. Методы, такие как регрессия, деревья решений, нейронные сети, широко применяются в данной области.

2. Искусственный интеллект (Artificial Intelligence): Используется для автоматизации сложных задач, таких как интерпретация геологических данных, распознавание образов на сейсмических разрезах и оптимизация стратегий разработки.

3. Высокопроизводительные вычисления (High-Performance Computing): Необходимы для обработки больших объемов данных и проведения сложных расчетов в разумные сроки. Распределенные вычисления и графические процессоры (GPU) играют важную роль в ускорении моделирования.

4. Цифровые двойники (Digital Twins): Позволяют создавать виртуальную копию месторождения, которая постоянно обновляется на

основе реальных данных. Это позволяет проводить симуляции и оптимизировать разработку в реальном времени.

В заключение, автоматизация моделирования разработки нефтегазовых месторождений – это перспективное направление, которое позволит значительно повысить эффективность и рентабельность отрасли. Однако, для успешного внедрения этих технологий необходимо решить ряд вызовов, связанных с качеством данных, сложностью внедрения и обеспечением кибербезопасности. Дальнейшее развитие искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислений будет способствовать преодолению этих препятствий и открытию новых возможностей для оптимизации разработки нефтегазовых месторождений.

Список литературы

1. Андреев А.Ф. Основы проектного анализа в нефтяной и газовой промышленности / А.Ф. Андреев, В.Ф. Дунаев, В.Д. Зубарева [и др.]. – Москва: Олита, 2016. – 342 с. – Текст: непосредственный.
2. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения / В.Л. Головачев, В.И. Родионов, Л.П. Толова, Е.К. Демина, О.О. Пшендина, Т.В. Ушачева; под общ. ред. В.Н. Ермолаева. – Москва: Изд. ЦИНТИхимнефтемаш, 1991. – 106 с. – Текст: непосредственный.
3. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кунтыш [и др.]; под. общ. ред. В.Б. Кунтыша и А.Н. Бессонного. – Санкт- Петербург: Недра, 1996. – 512 с. – Текст: непосредственный.
4. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии / А.И. Скобло, Ю.К. Молоканов, А. И. Владимиров, В. А. Щелкунов. – Москва: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 677 с. – Текст: непосредственный.
5. Повышение эффективности работы газонефтяных сепараторов в процессе их эксплуатации / Б.А. Баринев. – Москва: ВНИИОЭНГ, Нефтепромысловое дело, №6, 1980. – 321 с. – Текст: непосредственный.
6. «Промысловый сбор и подготовка нефти, газа и воды» // Neftegaz.ru / URL: [Промысловый сбор и подготовка нефти, газа и воды - Добыча - Neftegaz.RU](https://neftegaz.ru). Дата обращения: 26.05.2024. – Текст: электронный.

Сведения об авторах:

Ивашенко Александр Иванович, бакалавр, студент / ООО «ГеоСтройСистема», инженер 3 – категории
Коваль Александр Александрович, бакалавр, студент / ООО «ГеоСтройСистема», инженер 2 – категории

УДК 004.53.05

Корнилаева А.А., Воробьев А. В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Система оперативного оповещения об экстремальных геофизических событиях на основе импортозамещающих технологиях

Аннотация: В статье рассматривается внедрение программы, разработанной на языке Python с использованием отечественных технологий в виде VK-бота, задачей которого состоит в оперативном информировании людей об экстремальных геофизических событиях. Для реализации программы используется библиотека vkbot, геоинформационная система Яндекс Карты и данные Центра прогнозирования космической погоды, который применяет математическую модель OVATION-Prime. Эта модель предсказывает динамику аврорального овала, основываясь на параметрах солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, которые передаются от межпланетных спутников в режиме реального времени, что позволяет быстро реагировать на потенциально опасные явления.

Разработанная программа может быть полезна специалистам, работающим на объектах, чувствительных к геомагнитным возмущениям, включая системы навигации, инфокоммуникаций и транспорта.

Ключевые слова: программирование, Python, VK-бот, геоинформационные технологии, система оповещения.

Kornilaeva A.A., Vorobiev A. V.

System of operational alert for extreme geophysical events based on import substitution technologies

Abstract: The article discusses the implementation of a program developed in Python using domestic technologies in the form of a VK bot, the purpose of which is to promptly inform people about extreme geophysical events. The vkbot library, the Yandex Maps geographic information system and data from the Space Weather Forecasting Center, which uses the OVATION-Prime mathematical model, are used to implement the program. This model predicts the dynamics of the auroral oval based on the parameters of the solar wind and the interplanetary magnetic field, which are transmitted from interplanetary satellites in real time, which allows you to quickly respond to potentially dangerous phenomena.

The developed program can be useful for specialists working at facilities sensitive to geomagnetic disturbances, including navigation, infocommunications and transport systems.

Key words: programming, Python, VK bot, geographic information technologies, warning system.

Разработка систем оперативного информирования о необычных геофизических явлениях становится всё более востребованной в условиях активного освоения Арктики. В этом регионе такие природные феномены,

как полярные сияния, служат своего рода индикаторами состояния космической погоды. Эти явления происходят в пределах аврорального овала — области, на которую влияют солнечный ветер и межпланетное магнитное поле [1]. Помимо своей эстетической ценности, полярные сияния имеют практическую значимость: они могут указывать на потенциальные угрозы для инфраструктуры высоких широт, включая энергосистемы, коммуникации и транспортные сети [2].

В статье представлена идея разработки системы уведомлений, которая основана на прогнозировании вероятности появления полярных сияний и воплощена в виде бота для VK. Подчёркивается важность применения российских технологий, чтобы избежать зависимости от ограничений, накладываемых иностранными разработчиками. Основная задача проекта — обеспечить пользователей актуальной информацией о возможности наблюдения полярных сияний в определённом районе.

Для предсказания полярных сияний используется модель OVATION-Prime (OP) [3], которая опирается на статистическую обработку данных, собранных спутниками Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA). Актуальные данные поступают от Национального центра прогнозов космической погоды (SWPC NOAA), что позволяет интегрировать их в системы автоматической обработки и отображения информации.

Была разработана функциональная модель системы IDEF0 (см. Рис. 2) для отображения ее структуры и необходимых функций.

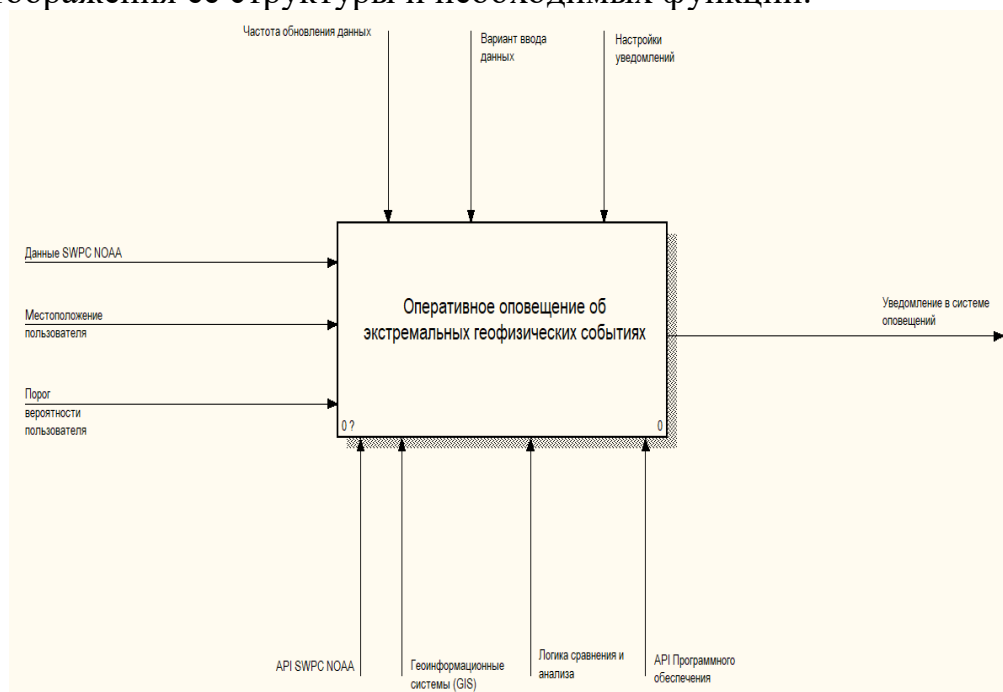


Рис. 2. Функциональная модель системы

На функциональной модели отображены какие входные (данные SWPC NOAA, местоположение пользователя, порог вероятности) и

выходные данные (уведомление в системе оповещений) имеет система, также управляющее воздействие (частота обновления данных, вариант ввода данных, настройки уведомлений) и какие она использует механизмы (API SWPC NOAA, геоинформационные системы, логика сравнения и анализа, API программного обеспечения).

Для более подробного описания системы на Рис. 3 приведен первый уровень декомпозиции функциональной системы.

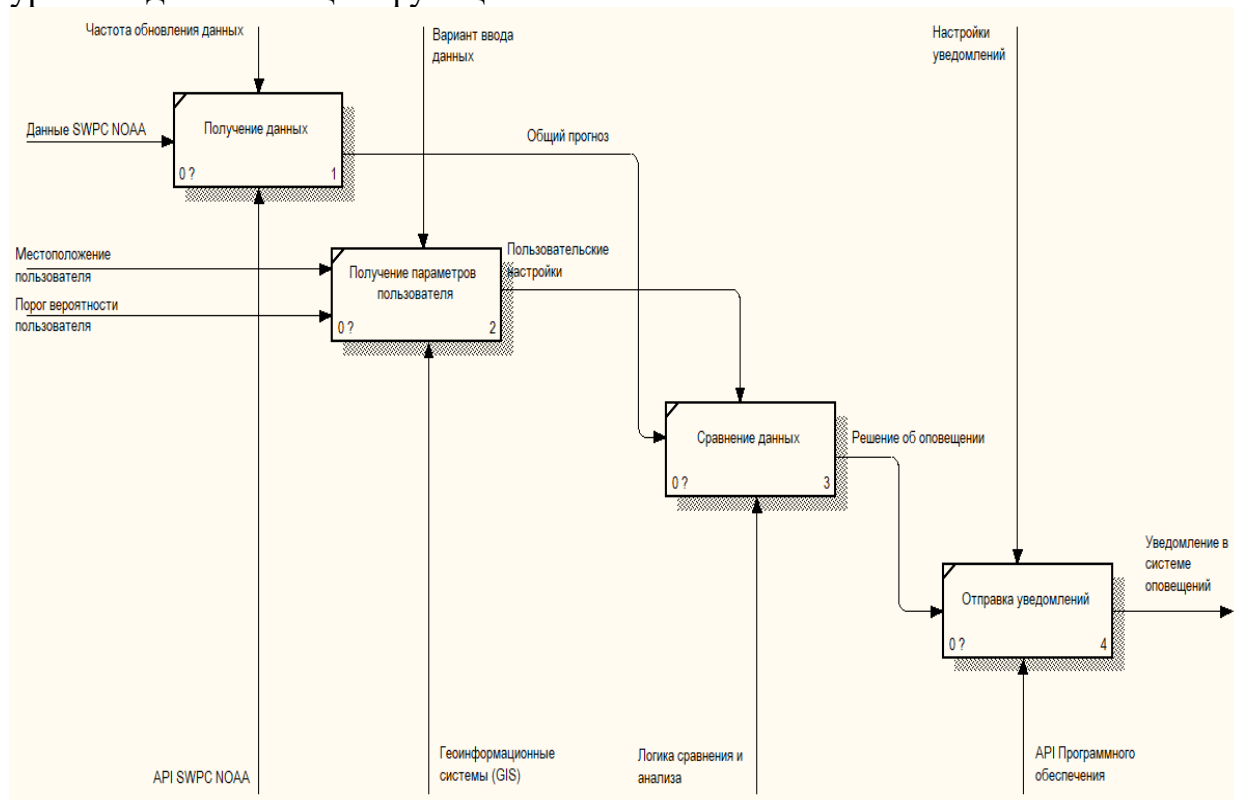


Рис. 3. Первый уровень декомпозиции функциональной модели

В рамках проекта создан VK-бот, написанный на языке Python. Пользователь посредством общения с ботом может указать свои координаты двумя способами:

- Вводом названия географического объекта (города);
- Вводом значений долготы и широты напрямую.

Общение с ботом реализовано с помощью модели конечного автомата (FSM). Так система через сложное взаимодействие бота с пользователем может сохранять данные корректно, а пользователь имеет представление какое действие от него требует бот.

При выбранном способе указания геоданных через ввод названия города, координаты локации система получает от геоинформационной системы. В качестве геоинформационной системы выбрано Яндекс Карты, поскольку акцент идет на использование отечественных технологий. Так пользователю достаточно указать название интересующей его локации и, если в Яндекс Картах такая локация будет найдена, система сама сохранит

необходимые координаты. В противном случае пользователь может исправить название или изменить способ ввода на ручной.

Чтобы пользователь получал автоматические уведомления только в тех случаях, когда состояние космической погоды действительно может заинтересовать его, система требует от пользователя ввода значения порога вероятности. Порог вероятности сохраняется в система также посредством общения с ботом. Данный параметр позволяет системе не отправлять автоматические уведомления в тех случаях, когда вероятность проявления геофизического события (северного сияния) ниже, чем установленный пользователем порог.

Реализованная система сохранения пользовательских параметров позволяет пользователю мгновенно получать информацию о северном сиянии в интересующей его точке мира, где бы он не находился. А для дальнейшего обеспечения пользователя информацией система автоматические будет уведомлять его в периоды экстремального состояния космической погоды.

Система организована по принципу клиент-серверной архитектуры (см. *Рис. 4*) и использует API для получения данных от SWPC NOAA. Основные элементы состоят из серверной части SWPC NOAA, серверной и клиентской частей VK-бота.

Так в SWPC NOAA находится модуль для анализа данных о солнечном ветре и межпланетном магнитном поле. Эти данные центр получает с межпланетных спутников в режиме реального времени, что дает возможность оперативно прогнозировать геофизические события. Полученные данные о солнечном ветре и межпланетном магнитном поле используются в модели OVATION-Prime, которая в результате анализа выдает прогноз о космической погоде.

На серверной части VK-бота находятся файлы с кодом и параметрами бота, такие как ключи доступа к API и настройки уведомления, а также база данных Redis, которая хранит в себе данные о пользователе и параметры, введенные пользователем. Клиентская часть VK-бота представляет собой интерфейс для взаимодействия с пользователем в приложении.

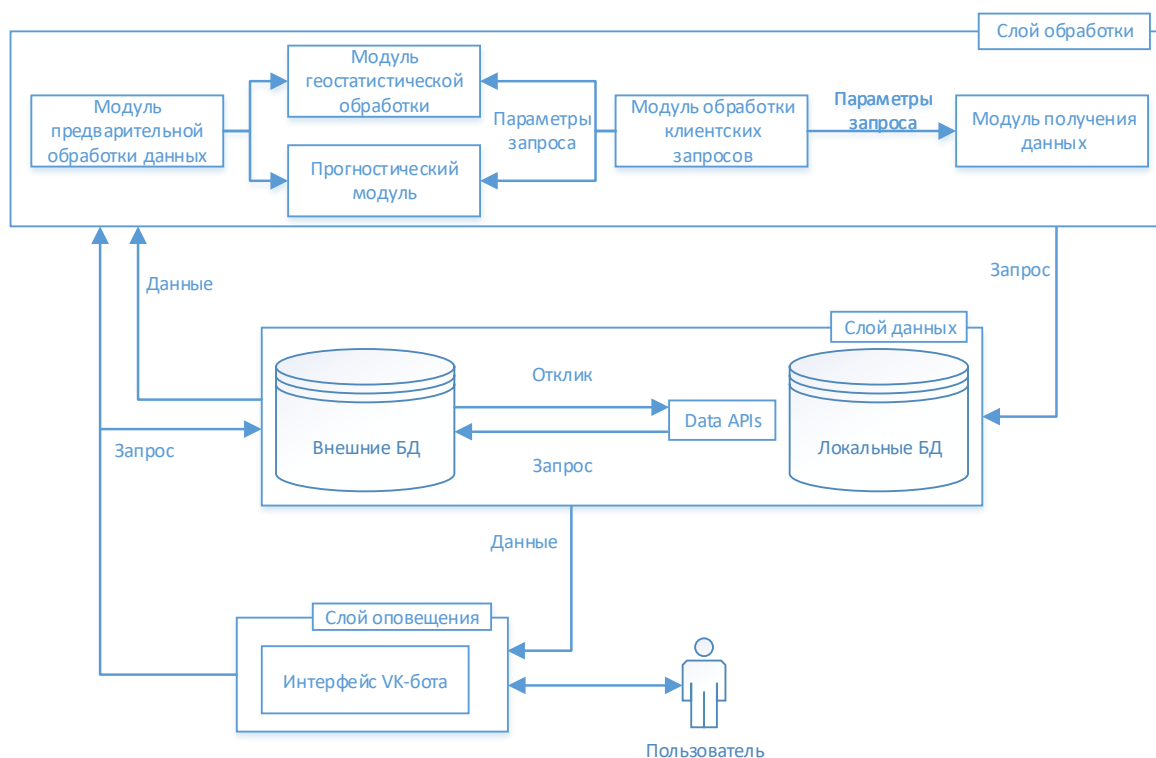


Рис. 4. Архитектура информационной системы

Для технической реализации применяются библиотеки Python, такие как `vkbot`, реализующий сам VK-бот и `requests`, обеспечивающий взаимодействие системы с API SWPC NOAA и Яндекс Карт.

Система обеспечивает:

- Своевременность данных за счёт подключения к API SWPC NOAA, которое выдаёт прогнозы полярных сияний с интервалом в 30 минут;
- Высокую точность предсказаний (до 86% соответствия реальным наблюдениям, зафиксированным камерами полного неба), что подтверждено проверкой модели OVATION-Prime;
- Возможность гибкой настройки уведомлений, позволяющую пользователям задавать желаемые пороговые значения вероятности событий.

На Рис. 5 представлен пример взаимодействия пользователя с VK-ботом, где демонстрируется процесс настройки сервиса и сохранения пользовательских данных.

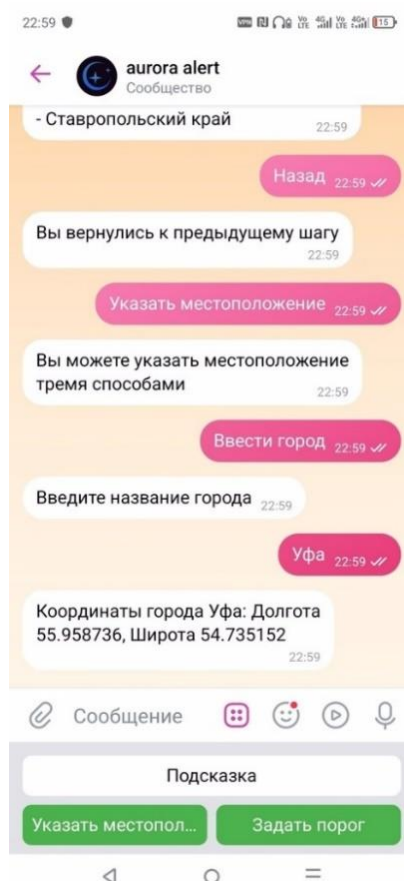


Рис. 5. Пример работы VK-бота

Разработанная система обладает рядом достоинств:

- Независимость: системе не страшны ограничения со стороны иностранных разработчиков;
- Интерактивность: пользователи имеют возможность настраивать параметры уведомлений под свои нужды;
- Масштабируемость: система может быть адаптирована для работы с другими типами экстремальных геофизических явлений;
- Социальная ценность: она знакомит широкую аудиторию с необычными природными явлениями, стимулируя интерес к науке и окружающей среде.

В дальнейшем планируется усовершенствовать систему, внедрив отображение данных на картах [4, 5] и подключив дополнительные источники метеорологической и геофизической информации [6]. Также рассматривается применение машинного обучения для улучшения точности прогнозов.

Закключение

Система оперативного оповещения о состоянии верхней ионосферы показывает высокую эффективность благодаря современным методам обработки данных и автоматизации. Создание VK-бота делает её удобной и доступной, открывая новые возможности для взаимодействия с

природными процессами. Реализована система с помощью отечественных технологий, что дает независимость от зарубежья.

Список литературы

1. Воробьев А.В., Лапин А.Н., Соловьев А.А., Воробьева Г.Р. Подход к интерпретации естественных индикаторов состояния космической погоды для оценки эффектов ее воздействия на высокоширотные энергосистемы // Физика Земли. 2024. Т. 60 № 4 С. 100-110. DOI: 10.31857/S0002333724040071; DOI: 10.1134/S106935132470054X
2. Пилипенко, В.А., А.А. Черников, А.А. Соловьев, Н.В. Ягова, Я.А. Сахаров, Д.В. Кудин, Д.В. Костарев, О.В. Козырева, А.В. Воробьев, и А.В. Белов, (2023), Влияние космической погоды на надежность функционирования транспортных систем на высоких широтах, Russian Journal of Earth Sciences, т. 23, ES2008, 10.2205/2023ES000824
3. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93–100. DOI: 10.12737/szf-82202213.
4. Воробьев, А.В. Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2024. – Т. 48, No 1. – С. 123-138. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1279.
5. Воробьев А.В. Подход к обнаружению и устранению артефактов пространственных изолиний в приложениях Веб-ГИС / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 126-136. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1127.
6. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети INTERMAGNET. Геомагнетизм и аэрономия. 2018а. Т. 58, № 5. С. 648-652. DOI: 10.1134/ S0016793218050158.

Сведения об авторах:

Корнилаева А.А., студентка, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Воробьев А. В., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Kornilaeva A.A., student, Institute of Informatics, Mathematics and Robotics Institute of High Technologies, Ufa, Russia

Vorobiev A. V., Doctor of Technical Sciences, Professor Head of the Department of Informatics Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

УДК 004.53.05

Мамыкин А.Е., Воробьев А.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Система оперативного оповещения о полярных сияниях

Аннотация: Статья посвящена разработке Telegram-бота на языке Python, предназначенного для оперативного информирования пользователей о вероятности возникновения экстремальных геофизических событий. Бот позволяет задавать координаты точки и порог вероятности события, отправляя уведомление при его достижении. Инструмент может быть полезен как обычным пользователям, так и специалистам в области инфокоммуникаций, транспорта и навигации, зависящих от состояния геомагнитной обстановки. Программа реализована с использованием библиотеки aiogram и интегрирована с OpenStreetMap для работы с геоданными. Для прогнозирования применяется модель OVATION-Prime, основанная на данных спутников, измеряющих солнечную активность в точках Лагранжа.

Ключевые слова: Python, Telegram-бот, пространственные данные, геоинформационные системы и технологии.

Mamykin A.E., Vorobiev A. V.

Polar lights rapid alert system

Abstract: The article is devoted to the development of a Telegram bot in Python, designed to promptly inform users about the possibility of extreme geophysical events. The bot allows you to set the coordinates of points and the probability threshold of events, sending them when transmitting it. The tool can be used by both ordinary users and specialists in the field of infocommunications, transport and navigation, determined by the state of geomagnetic activity. The program is implemented using the iogram library and integration with OpenStreetMap for working with geodata. Forecasting is based on the OVATION-Prime model, based on satellite data measuring solar activity at Lagrange points.

Key words: Python, Telegram bot, spatial data, geographic information systems and technologies.

Для эффективного освоения и устойчивого развития Арктической зоны особое значение приобретают меры по обеспечению безопасности, надежности функционирования инфраструктуры и своевременному реагированию на изменяющиеся природные условия. Одним из ключевых направлений в этом контексте является создание современных систем оперативного оповещения об экстремальных геофизических явлениях. Эти системы играют важную роль в предупреждении населения, организаций и государственных структур о потенциальной опасности, связанной с резкими изменениями состояния окружающей среды, включая проявления космической погоды.

Арктический регион особенно чувствителен к таким воздействиям, поскольку находится под прямым влиянием космических факторов, таких как солнечная активность и её проявления в виде геомагнитных бурь [1, 2].

Одним из наиболее заметных и доступных для наблюдения явлений, связанных с космической погодой, являются полярные сияния. Их возникновение напрямую зависит от взаимодействия заряженных частиц солнечного ветра с магнитным полем Земли и атмосферными слоями. Полярные сияния формируются в пределах так называемого аврорального овала — области околополярных широт, где вероятность их наблюдения наиболее высока. Таким образом, полярные сияния могут выступать не только как зрелищное природное явление, но и как важный индикатор текущего состояния космической погоды. Проект нацелен на обеспечение оперативного информирования о вероятности наблюдения полярных сияний в определенной местности. Необходимо сделать упор в оперативность, так как уже существуют подобные системы, целью которых является не оперативность, а другие параметры [3]. Для прогнозирования используется модель OVATION-Prime (OP), которая базируется на статистическом анализе данных спутников NOAA (Национального управления океанических и атмосферных исследований США) [4]. Эта модель вычисляет вероятность возникновения сияний, учитывая параметры солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Актуальные данные в реальном времени предоставляются Национальным центром прогнозов космической погоды (SWPC NOAA), что позволяет интегрировать их в автоматизированные системы анализа и визуализации.

В рамках проекта создан Telegram-бот, разработанный на Python. Он предлагает пользователям следующие функции:

- Выбор города или указание координат для наблюдения;
- Настройка порога вероятности события, при котором будут приходить уведомления;
- Автоматическая обработка данных о текущем состоянии космической погоды и отправка оповещений пользователям;
- Выбор даты, для которой пользователь хочет узнать состояние космической погоды.

Система разработана на основе клиент-серверной архитектуры (Рис. 4) и использует API для получения данных от SWPC NOAA. Ее основными компонентами являются:

1. Серверная часть:
 - Модули анализа данных о солнечном ветре и геофизических параметрах;
 - База данных для хранения пользовательских настроек и информации;
 - Обработчик прогнозов, взаимодействующий с моделью OVATION-Prime.
2. Клиентская часть:
 - Пользовательский интерфейс;
 - Механизм отправки уведомлений.

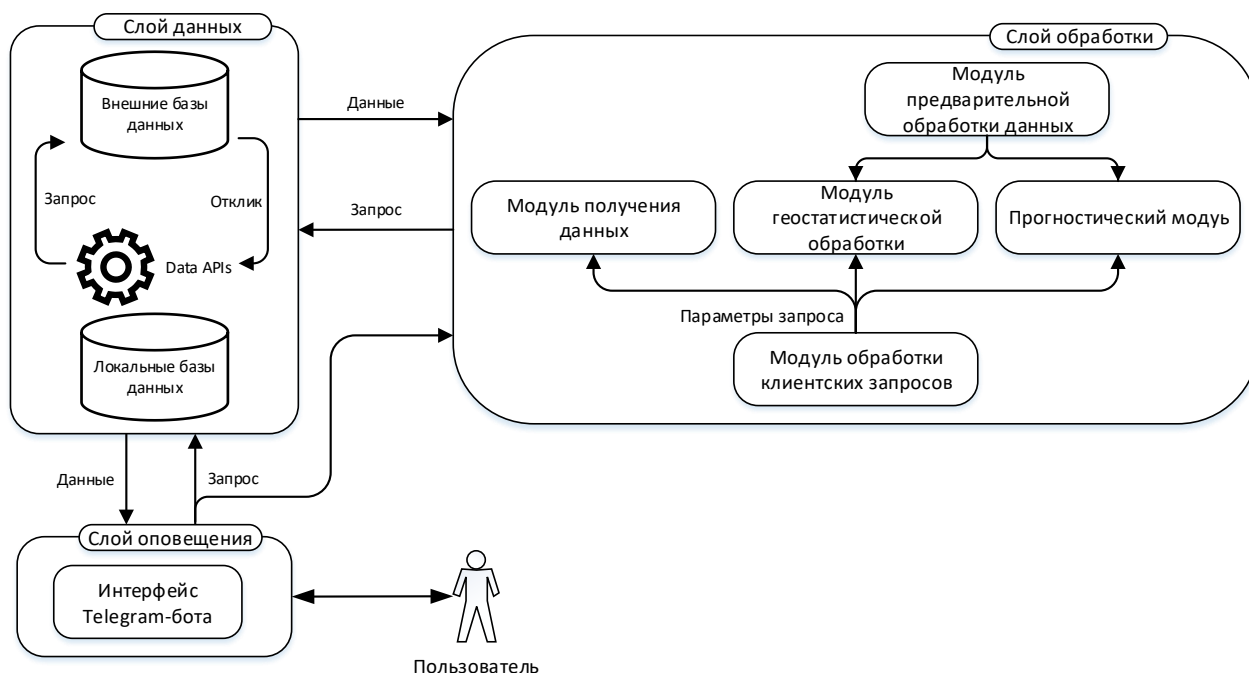


Рис. 6. Архитектура информационной системы

Техническая реализация основана на использовании Python-библиотек, таких как `aiogram` и `requests` для работы с API.

Система обеспечивает:

- Актуальность данных за счет интеграции с API SWPC NOAA, предоставляющим 30-минутные прогнозы полярных сияний;
- Высокую точность прогнозирования (до 86% совпадений с фактическими наблюдениями по данным камер полного неба), подтвержденную валидацией модели OVATION-Prime;
- Гибкость уведомлений, позволяющую пользователям настраивать пороговые значения вероятности появления полярных сияний.

На Рис. 5 показан результат общения пользователя с Telegram-ботом, в процессе которого происходит настройка сервиса и запись данных пользователя.

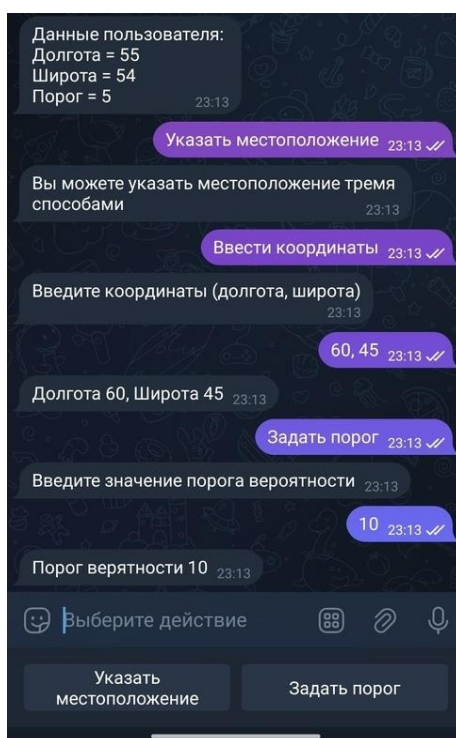


Рис. 7. Пример работы Telegram-бота

Также для визуального представления северного сияния пользователю вместе с сообщением о прогнозе присылается изображение (Рис. 8). Изображение представляет собой два вида – северный и южный полюса Земли, поверх которых добавляется распределение вероятности северного сияния по координатам.

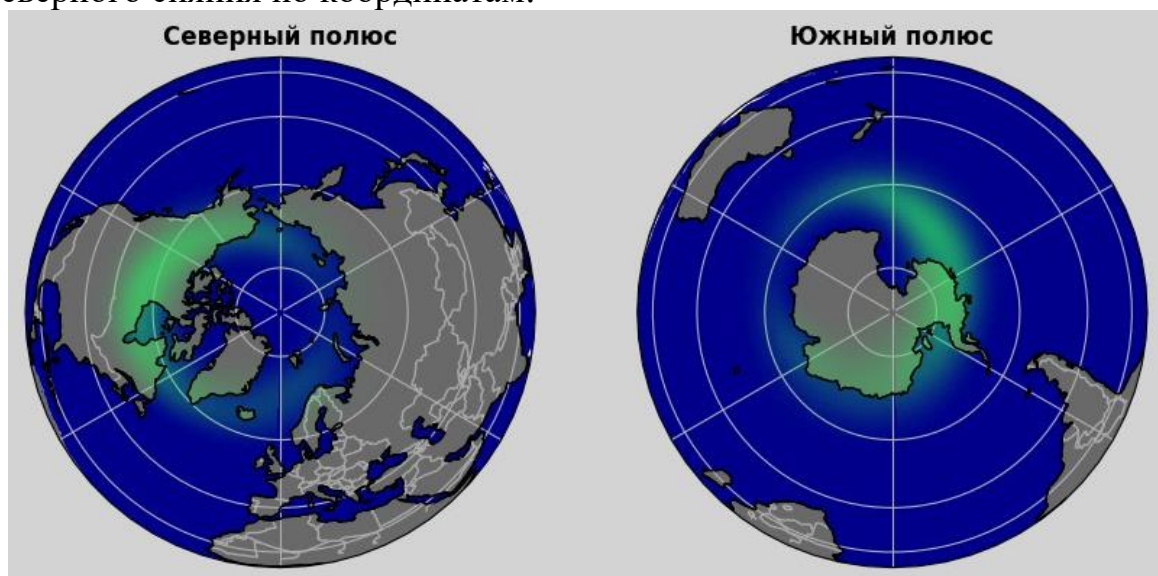


Рис. 8. Распределение вероятности северного сияния на карте полюсов Земли

Данное изображение создается на основе тех же данных из SWPC. Так как мы получаем вероятности возникновения северного сияния для каждой координаты, система способна создать тепловую карту. Эту карту

пользователь воспринимает как отображение интенсивности северного сияния на планете.

Предложенная система обладает рядом важных преимуществ, которые делают её перспективной для внедрения как в научную, так и в практическую сферу:

- Социальная значимость. Система способствует популяризации полярных сияний как природного явления и индикатора космической погоды. Это повышает интерес населения к науке, особенно среди молодёжи, а также формирует экологическую и научную грамотность.

- Масштабируемость. Архитектура системы позволяет легко адаптировать её под другие виды геофизических явлений: геомагнитные бури, солнечные вспышки, ионосферные возмущения и др. Это делает её универсальной платформой для мониторинга космической погоды.

- Оперативность. Система автоматически отправляет уведомления пользователям без необходимости самостоятельного поиска информации. После однократной настройки пользователь получает актуальные данные в режиме реального времени.

- Интерактивность. Каждый пользователь может настроить параметры уведомлений под свои нужды: выбрать регион, уровень активности, тип событий и частоту сообщений. Это делает систему персонализированной и удобной.

- Визуализация данных. Информация предоставляется в виде графиков, цветовых индикаторов и карт наблюдения аврор, что упрощает восприятие данных и помогает быстро принимать решения.

В перспективе планируется расширение функционала, улучшение визуализации данных на картах [5] и интеграцию с дополнительными метеорологическими и геофизическими источниками [6]. Также рассматривается применение методов машинного обучения для повышения точности прогнозов.

Заключение

Система оперативного оповещения об экстремальных геофизических событиях демонстрирует высокую эффективность благодаря современным технологиям обработки данных и автоматизации. Разработанный Telegram-бот позволяет легко и своевременно получать уведомления о полярных сияниях в любой точке мира.

Список литературы

1. Пилипенко, В.А., А.А. Черников, А.А. Соловьев, Н.В. Ягова, Я.А. Сахаров, Д.В. Кудин, Д.В. Костарев, О.В. Козырева, А.В. Воробьев, и А.В. Белов, (2023), Влияние космической погоды на надежность функционирования транспортных систем на высоких широтах, Russian Journal of Earth Sciences, т. 23, ES2008, 10.2205/2023ES000824

2. Воробьев А.В., Лапин А.Н., Соловьев А.А., Воробьева Г.Р. Подход к интерпретации естественных индикаторов состояния космической погоды для оценки эффектов ее воздействия на высокоширотные энергосистемы // Физика Земли. 2024. Т. 60 № 4 С. 100-110. DOI: 10.31857/S0002333724040071; DOI: 10.1134/S106935132470054X
3. Воробьев, А.В. Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2024. – Т. 48, № 1. – С. 123-138. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1279.
4. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний. Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 2. С. 93–100. DOI: 10.12737/szf-82202213.
5. Воробьев А.В. Подход к обнаружению и устранению артефактов пространственных изолиний в приложениях Веб-ГИС / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 126-136. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1127.
6. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети INTERMAGNET. Геомагнетизм и аэрномия. 2018а. Т. 58, № 5. С. 648-652. DOI: 10.1134/ S0016793218050158.

Сведения об авторах:

Мамыкин А.Е., студент, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Воробьев А.В., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Mamykin A.E., student, Institute of Informatics, Mathematics and Robotics, Institute of High Technologies, Ufa, Russia

Vorobiev A. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Informatics Ufa University of Science and Technology Ufa, Russia

Нгуен Динь Минь Ань

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

О применении графов для анализа РНК-связывающих белков в разных видах рака

Аннотация: Данная статья посвящена графовой теории и визуализации графа как инструменты для анализа набора биохимических данных. Графы и теория графов предоставляют множество инструментов и метрики для оценки и анализа узлов и связей, которые могут адаптировать для решения задач при работе с конкретными наборами данных. При использовании программной системы для создания и визуализации графа на данных об РНК-связующих белках, проанализируется их влияние на разные виды рака и выявляются закономерности, которые ранее были менее очевидны.

Ключевые слова: граф, визуализация, анализ гена, биохимические данные, РНК-связывающие белки.

Nguyen Dinh Minh

On the use of graphs for the analysis of RNA-binding proteins in different types of cancer

Annotation: This article focuses on graph theory and graph visualization as tools for analyzing biochemical data sets. Graphs and graph theory provide many tools and metrics for evaluating and analyzing nodes and connections that can be tailored to solve problems when working with specific data sets. By using a software system to create and visualize a graph on RNA-binding proteins, we analyze their impact on different types of cancer and identify patterns that were previously less obvious.

Key words: graph, visualization, gene analysis, biochemical data, RNA-binding proteins.

Введение

В настоящее время количество информации, которую мы обрабатываем, растет с каждым днем, что приводит к необходимости новых инструментов обработки информации. Теория графов показала свою эффективность при применении в различных областях: биология, финансовый анализ, транспорт и другие. Она дает большое разнообразие методов для решения задач, связанных с анализом данных и оптимизацией процессов, а также использование графов дает возможность визуализировать данные и выявить закономерности и связи между объектами [1]. Таким образом, графы могут помочь лучше понять данные при их анализе.

Теория графов является одним из основных инструментов моделирования, используемых в биологии [2], поскольку она позволяет проводить математический анализ сетей, состоящих из белков, генов, сигналов трансдукции, метаболитов и т.д. В качестве метода

моделирования теория графов предусмотрела, наряду с другими методами моделирования, процедуру изучения сложных биологических систем с помощью подхода «снизу вверх».

Основные знания графов и задания визуализации.

Существуют несколько определений графа, в общем случае *графом* можно называться пара (V, E) , где V – множество вершин графа, а E – множество ребер. Две вершины v и u образуют ребро графа, если $\{v, u\} \in E$.

Визуализация графа или *сетевой диаграммы* — это графическое представление вершин и ребер графа. Визуализация не следует путать с самим графом: одному и тому же графу могут соответствовать очень разные *раскладки*. Говоря абстрактно, все, что имеет значение, это какие пары вершин соединены ребрами. Однако в действительности расположение этих вершин и ребер на чертеже влияет на его понятность, удобство использования, стоимость изготовления и эстетику.

Важной метрикой в теории графа являются индексы центральности, определенные на вершинах графа. Они предназначены для ранжирования узлов в соответствии с их положением в сети и интерпретируются как известность узлов, встроенных в социальную структуру. На практике, центральность используется для определения самого «популярного» человека в группе друзей в социальной сети или в области биохимии, для выделения самых главных факторов (вирусов, катализаторов, регулирующие факторы и т.д.) в исследованном процессе в клетке или заболевании. В целом концепция центральности сыграла важную роль в понимании различных видов сетей исследователями в области компьютерных наук, сетевых наук, социологии и недавно появившейся «вычислительной социальной науки» [3]. Существуют несколько методов определения центральности вершины:

Степень связности

Степень узла в неориентированном графе определяется как количество связей узла с другими узлами. В ориентированном графе степень подразделяется на внутреннюю и внешнюю степени. Степень вхождения относится к ссылкам, относящимся к узлу, а степень исхода — это количество узлов, направленных на другие узлы из определенного узла.

Степень связности вершины v для данного графа $G(V, E)$, где V – множество вершин графа, а E – множество ребер, определяется как

$$C_D(v) = \deg(v) \quad (1)$$

где $C_D(v)$ – центральность по связности узла v , $\deg(v)$ – степень узла v .

Вычисление степени связности для всех узлов в графе занимает время $O(|V|^2)$ в представлении графа в виде плотной матрицы смежности, а для ребер занимает время $O(|E|)$ в представлении с разреженной матрицей.

Степень близости

Центральность близости определяет важность узла на основе того, насколько он близок ко всем другим узлам в графе. Близость также известна как геодезическое расстояние (ГР), которое представляет собой количество ссылок, включенных в кратчайший путь между двумя узлами. Чтобы рассчитать эту близость или ГР для узла, просуммируйте все ГР среди этого и всех других узлов в сети на графе:

$$C_c(v) = \frac{N - 1}{\sum_u d(u, v)} \quad (2)$$

где $C_c(v)$ – центральность по близости узла v , $d(u, v)$ – геодезическое расстояние между узлами u и v , N – количество узлов графа.

Примерами использования данного вида центральности может служить выявление лиц, которые в состоянии влиять на всю сеть самым быстрым способом. Он также используется для выявления влияний за пределами высокосвязной сети. Лица с высоким показателем этой центральности могут получать и контролировать важную информацию внутри организации. Третье приложение состоит в прогнозировании важности слов в конкретном документе на основе процесса извлечения ключевых фраз на основе графа [4].

Гармоническая центральность

Эта центральность является типом центральности близости. Как уже упоминалось, ГР измеряется между узлами. Гармонические меры центральности дают более точную меру близости в случае, когда некоторые из узлов находятся вне периметра досягаемости.

$$C_H(v) = \sum_{u|u \neq v} \frac{1}{d(u, v)} \quad (3)$$

где $C_H(v)$ – центральность гармоническая узла v , $d(u, v)$ – геодезическое расстояние между узлами u и v .

Степень посредничества

Центральность по посредничеству определяет важность любого узла на основе того, сколько раз он встречается на кратчайших путях между другими узлами. Он измеряет процент кратчайшего пути в сети и то, где в ней находится конкретный узел.

Степень посредничества вершины v в графе $G(V, E)$ с V вершинами вычисляется следующим образом:

- 1) для каждой пары вершин (s, t) вычисляются кратчайшие пути между ними;
- 2) для каждой пары вершин (s, t) определяется доля кратчайших путей, которые проходят через рассматриваемую вершину (здесь, вершину v);
- 3) суммируем эти доли по всем парам вершин (s, t) .

Более компактно степень посредничества можно представить как

$$C_B(v) = \sum_{v \neq s \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}} \quad (4)$$

где $C_B(v)$ – центральность по посредничеству σ_{st} равно общему числу кратчайших путей из узла s в узел t , а $\sigma_{st}(v)$ равно числу таких путей, которые проходят через v .

Исследование влияния РНК-связывающих белков на виды рака.

Посттранскрипционные модификации — это изменения, которые происходят с вновь транскрибированным транскриптом первичной РНК (hnRNA) после того, как произошла транскрипция, но до ее трансляции в белковый продукт [5], которые приводят к превращению первичного транскрипта в зрелую РНК. Контроль экспрессии генов на этом этапе, который называется *посттранскрипционной регуляцией*, в котором взаимодействия РНК-белок являются ключевыми факторами, включая сплайсинг РНК, кэпирование, ядерный экспорт, деградацию, субклеточную локализацию и трансляцию [6].

На регуляторные процессы влияет разнообразная популяция *РНК-связывающих белков* (РСБ) или *микроРНК*, и установлено, что их нарушение регуляции связано с многочисленными заболеваниями и нарушениями, такими как нейродегенеративные заболевания или рак [7, 8]. Многие исследования показывают, что, поскольку многие РВР и микроРНК нацелены на одни и те же транскрипты мРНК, вполне вероятно, что между этими транс-регуляторами существуют конкурентные или кооперативные взаимодействия [9 – 11], которые создают необычное поведение при экспрессии генов.

В данной работе, исследуем 9 типов рака, которые наиболее распространенные и опасные для человека. Их названия и сокращения указаны в таблице 1.

Таблица 1 – TCGA исследовательские сокращения [12]

Исслед. сокращения	Исследовательские название
BLCA	Bladder Urothelial Carcinoma
BRCA	Breast invasive carcinoma
COAD	Colon adenocarcinoma
READ	Rectum adenocarcinoma
GBM	Glioblastoma multiforme
HNSC	Head and Neck squamous cell carcinoma
KICH	Kidney Chromophobe
KIRC	Kidney renal clear cell carcinoma
KIRP	Kidney renal papillary cell carcinoma

Мутации играют фундаментальную роль в развитии рака, и многие из них создают уязвимые места. Давно признано, что некоторые определенные гены чаще мутируют и, следовательно, имеют отношение к здоровью и болезням человека. Геномное секвенирование ДНК из образцов опухолей больных раком в настоящее время охарактеризовало относительное количество мутаций для всех генов и для многих различных форм рака [13]. Списки наиболее часто мутируемых генов собираются из The Cancer Genome Atlas Program (TCGA) через Genomic Data Commons (GDC) Национального института рака США. Атлас генома рака, знаковая программа геномики рака, молекулярно охарактеризовал более 20 000 первичных раковых заболеваний и сопоставил нормальные образцы, охватывающие 33 типа рака [14].

Таблица 2 – Перечень наиболее часто мутируемых генов

<i>BLCA</i>	<i>BRCA</i>	<i>COAD/READ</i>	<i>GBM</i>	<i>HNSC</i>	<i>KICH</i>	<i>KIRC</i>	<i>KIRP</i>
TP53	PIK3CA	APC	PTEN	TP53	TP53	VHL	MUC16
MUC16	TP53	TP53	TP53	FAT1	PTEN	PBRM1	MET
KMT2D	CDH1	KRAS	EGFR	MUC16	MUC16	SETD2	KMT2C
KDM6A	MUC16	MUC16	MUC16	CDKN2A	ZNF521	BAP1	KMT2D
ARID1A	GATA3	PIK3CA	NF1	CSMD3	TSC1	MUC16	FAT1
PIK3CA	KMT2C	FAT4	PIK3CA	NOTCH1	ERBB3	MTOR	SETD2
KMT2C	MAP3K1	LRP1B	RB1	LRP1B	RB1	KDM5C	BAP1
RB1	PTEN	CSMD3	PIK3R1	PIK3CA	FAT1	CSMD3	ARID1A
FAT4	NCOR1	FAT3	ATRX	KMT2D	TSC2	KMT2C	PBRM1
CSMD3	FAT3	FBXW7	IDH1	NSD1	FAT4	ATM	BIRC6

Граф создается путем связывания пары РСБ, которые одновременно действуют на несколько генов из и потом, определяются транс-факторы, которые с большей вероятностью будут играть важную роль в каждом случае путем оценить центральность соответствующих узлов в графе.

Входные данные и программная составляющая приложения.

Были собраны все необходимые данных общедоступных источников. Взяли входные наборы данных их двух источников:

1. Общедоступной базы данных EuRBPDB [15]: представляет собой комплексную и удобную базу данных эукариотических РСБ. В данном работе рассмотрим только набор данных о человеке (*Homo sapiens*). Данной набор содержит названия 2961 РСБ, найденные в теле человека, их научные идентификаторы и дополнительная информация.
2. Общедоступной базы данных AURA [16]: это самый главный источник, база данных всех регулирующих действий, происходящих на РНК при

посттранскрипционном этапе. Уменьшенная форма базы данных, называемая AURAlight, включает только регуляторные сайты для транс-факторов на UTR с указанием положения, фактора и идентичности UTR.

Среда для выполнения исследования – это язык программирования C для реализации структуры графа и алгоритмов вычисления центральности и C++ на фреймворке Qt для графической визуализации. Являясь одной из самых популярных графических сред разработки C++ с примерно 1,5 миллионом разработчиков по всему миру [17] и обладая множеством сильных и обильных возможностей, Qt очень подходит для создания данной программной системы.

Результаты.

Использовали программную систему для создания графов совместной регуляции РНК-связывающих белков для каждого типа рака. Входные данные для системы – список генов (указаны в таблице 2). Собираются все пары транс-факторов, которые вместе действуют на несколько генов из данного списка и создаются между ними связи. На основе этих связей получаем граф. Самыми главными вершинами каждого графа определяются те, которые имеют наибольшую центральность среди других. Будем рассчитать центральность по трем способам: связность, близость и подстредство.

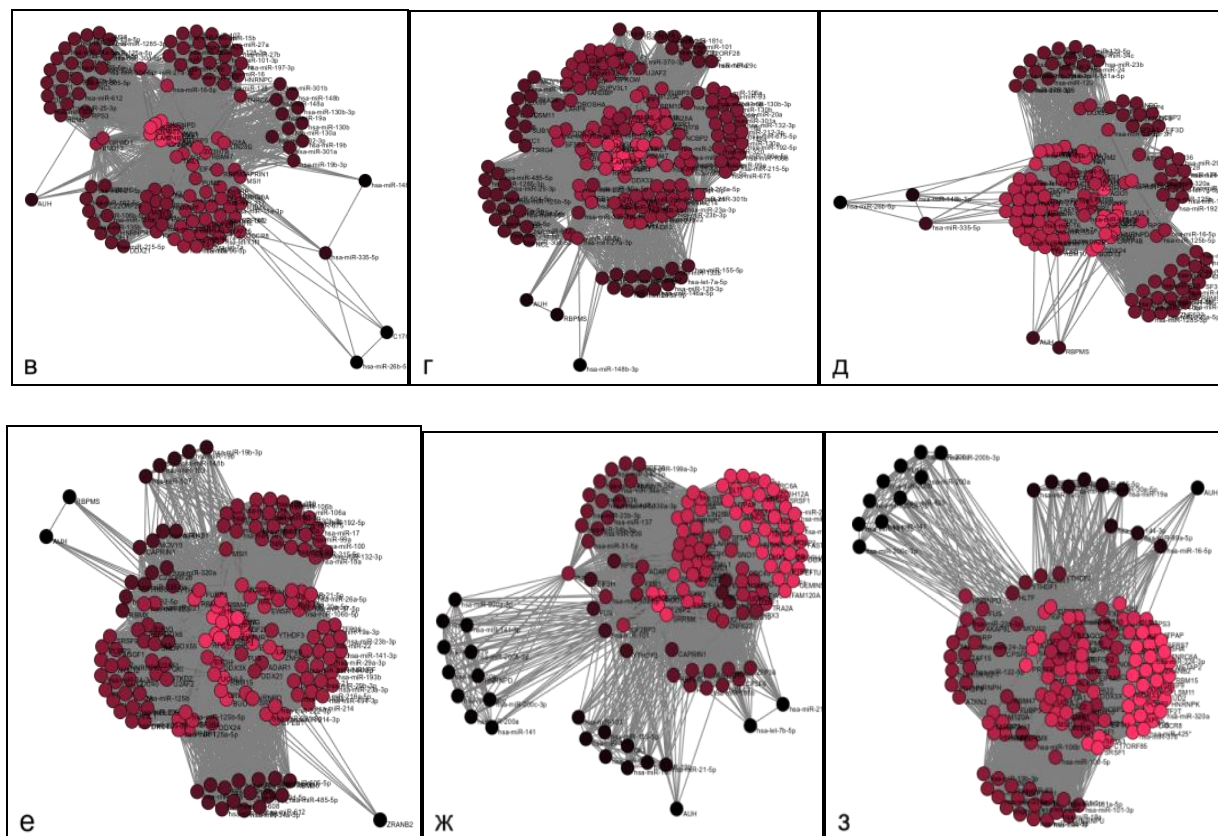
Результат включает в себя рисунки графов, где каждая вершина представляет один РСБ или транс-фактор и его интенсивность центральности иллюстрируется яркостью цвета, т. е. белок, который имеет высокая центральность, его узел на рисунке отображается с более ярким цветом. Рассмотрим условие, где минимальное количество генов совместно регулированных РСБ $n = 2$.

Анализ результатов.

Во-первых, есть несколько транс-факторов, которые появляются во многих наборах результатов с высокой центральностью, на пример IGF2BP1, ELAVL1, FMR1, RBM47, IGF2BP2, т.д. Было найдено множество исследований, в которых более глубоко изучалось их влияние на болезни, не только на рак, но и на психические расстройства [18, 19].

Кроме того, наблюдая за графами, видим, что есть группы трансфакторов, которые имеют тенденцию создавать кластеры на картинках. Это группы тесно связанных РСБ, которые совместно регулируют свои цели, что предполагает жесткий контроль над кооперативным и конкурентным поведением [20]. Такие кластеры РСБ могут формировать мастер-регуляторные модули клеточных процессов, включая процесс распознавания клеточных и уничтожения раковых клеток [21].





Рисунки – Графы совместной регуляции РСБ с выделенной высокой центральностью для белков: а – BLCA, б – BRCA, в – COAD/READ, г – GBM, д – HNSC, е – KICH, ж – KIRC, з – KIRP

Заключение

В ходе статьи были изучены методы, позволяющие получить раскладку графов, а также оценку центральности узлов.

С использованием программного обеспечения представляются данные о РНК-связующих белках и рассчитываются их центральность на различные виды рака. Сделаны выводы о РСБ, которые взяли на себя ответственность на мутацию генов и также обнаружено то, что в каждом случае есть группы тесно связанных РСБ, которые создают мастер-регуляторные модули клеточных процессов. Новое представление данных позволяет более наглядно представить биохимическую информацию, увеличивая степень ее читаемости и усвоения.

По сколько информация становится больше фрагментированной и динамической требуются новые модели для управление и обработки данных. Графы и теория графов предоставляют эффективные инструменты, которые помогают извлечение полезную информацию из наборов медицинских и биохимических данных.

Список литературы:

1. Графовый анализ – обзор и области применения – 2021 – URL: <https://habr.com/ru/company/glowbyte/blog/594221> (дата обращения 21.05.2025)
2. Pavlopoulos, G.A., Secier, M., Moschopoulos, C.N. et al. Using graph theory to analyze biological networks // BioData Min. 2011 – № 4 – С. 10.
3. Kang U., Papadimitriou S., Sun J., Tong H. Centrality in Large Networks: Algorithms and Observations // SIAM International Conference on Data Mining – 2011 – С. 119 – 130.
4. Zhang L., Li Y., Li Q., A Graph-Based Keyword Extraction Method for Academic Literature Knowledge Graph Construction. // Mathematics – 2024 – № 12 – С. 1349.
5. Brenner S., Miller J. (H), Broughton W. J. Encyclopedia of Genetics // Academic Press – 2001 – С. 1532.
6. Stefl R., Skrisovska L. RNA sequence- and shape-dependent recognition by proteins in the ribonucleoprotein particle // EMBO Reports – 2005 – № 1 – С. 33–38.
7. Conlon E.G., Manley J.L. RNA-binding proteins in neurodegeneration: Mechanisms in aggregate // Genes Dev – 2017 – № 31 – С. 1509–1528.
8. Wang Z.L., Li B., Luo Y.X., Lin Q., Liu S.R., Zhang X.Q. Comprehensive genomic characterization of RNA-binding proteins across human cancers // Cell Rep – 2018 – № 22 – С. 286–298.
9. Salmena L., Poliseno L., Tay Y., Kats L., Pandolfi P. P. A ceRNA hypothesis: the rosetta stone of a hidden RNA language? // Cell – 2011 – № 146 – С. 353–358.
10. Tay Y., Rinn J., Pandolfi P. P. The multilayered complexity of ceRNA crosstalk and competition // Nature – 2014 – № 505 – С. 344–352.
11. Ebert M. S., Neilson J. R., Sharp P. A. MicroRNA sponges: competitive inhibitors of small RNAs in mammalian cells // Nat. Methods – 2007 – № 4 – С. 721–726.
12. TCGA Study Abbreviations – URL: <https://gdc.cancer.gov/resources-tcga-users/tcga-code-tables/tcga-study-abbreviations> (дата обращения 21.05.2025)
13. Mendiratta G., Ke E., Aziz M. Cancer gene mutation frequencies for the U.S. population // Nat Commun – 2021 – № 12 – С. 5961.
14. The NCI's Genomic Data Commons [Электронный ресурс] – URL: <https://gdc.cancer.gov/> (дата обращения 21.05.2025)
15. EuRBPDB [Электронный ресурс] – URL: <http://eurbpdb.gzsys.org.cn/> (дата обращения 21.05.2025)
16. AURA, The Atlas of UTR Regulatory Activity [Электронный ресурс] – URL: <http://aura.science.unitn.it/> (дата обращения 21.05.2025)
17. About The Qt Group – URL: <https://www.qt.io/group> (дата обращения 21.05.2025)
18. Comprehensive Genomic Characterization of RNA-Binding Proteins across Human Cancers – URL: <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2017.12.035> (дата обращения 21.05.2025)
19. Nishanth M.J., Jha S. Genome-wide landscape of RNA-binding protein (RBP) networks as potential molecular regulators of psychiatric co-morbidities: a computational analysis // Egypt J Med Hum Genet – 2023 – № 24 – С. 2.
20. Quattrone A, Dassi E. The Architecture of the Human RNA-Binding Protein Regulatory Network // Network. iScience – 2019 – С. 706-719.
21. Tong W. RNA Binding Protein-Mediated Immunosuppressive Tumor Microenvironment Contributes to Poor Prognosis in High-Grade Gliomas // PREPRINT (Version 1) – 2021.

© Нгуен Динь М.А., 2025

УДК 004.428.2

Нгуен Динь Минь Ань

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

Обзор программных инструментов для разработки и визуализации графов

Аннотация: Данная статья посвящена программные инструменты для разработки и визуализации графа. В начале рассмотрели библиотеки для визуализации графов в языке Javascript и также был приведен сравнительный анализ между ними на три критерии: производительность / движок рендеринга, доступные алгоритмы и готовые компоненты. Далее была изучена графовая модель СУБД и тестирована ее производительность при сравнении с традиционной реляционной моделью при построении веб-приложения Java Spring.

Ключевые слова: граф, визуализация, javascript, графовая БД, neo4j.

Nguyen Dinh Minh Anh

Overview of software tools for graph design and visualization

Annotation: This article is devoted to software tools for graph development and visualization. At the beginning, we reviewed libraries for graph visualization in the Javascript language and also provided a comparative analysis between them on three criteria: performance / rendering engine, available algorithms and ready-made components. Then, the graph model of the DBMS was studied and its performance was tested when compared with the traditional relational model when building a Java Spring web application.

Keywords: graph, visualization, javascript, graph DB, neo4j.

Введение

В современную эру информации данные становятся больше разнообразными и динамическими, графовая модель является популярным метод для управления и представления данных. Следовательно существуют много программных продуктов для разработке и визуализации графа. В данной статьи рассмотрим библиотеки и системы, специализированы для работы с графом и проводим сравнительный анализ между ними. Во-первых анализируем библиотеки визуализации графа в языке Javascript и во-вторых изучаем графовой модели СУБД и ее преимущества перед традиционной реляционной системой.

Среда визуализации графов

Существует множество библиотек визуализации графов, включая популярные приложения ПК, такие как Gephi или Cytoscape, и библиотеки,

связанные с языками программирования, такими как пакеты визуализации в `igraph` и `networkx`. Эти программные библиотеки хороши для отдельного аналитика, но их трудно интегрировать в более крупные предложения продуктов.

JavaScript с его универсальной поддержкой браузера является чрезвычайно привлекательным решением для создания интерактивного веб-приложения. Эти библиотеки можно легко интегрировать в более крупное веб-приложение или даже опубликовать как приложение для ПК. Хотя производительность может быть ниже возможностей собственных операционных систем, они более чем хороши для большинства потребностей визуализации данных. Самые используемые библиотеки визуализации графов на основе JavaScript – `D3`, `react-force-graph`, `Keylines`, `Sigma`, `Ogma`, `G6`, `Ngraph` т.д.

Проводится сравнительный анализ популярных библиотек визуализации графов и сетей JavaScript. Мы определили три области, в которых нам интересно сравнить различные продукты: производительность / движок рендеринга, доступные алгоритмы и готовые компоненты.

Движок рендеринга – фактор, который оказывает наибольшее влияние на производительность, — это движок рендеринга, который использует базовый фреймворк. `Yworks`, поставщик библиотеки диаграмм SDK, предлагает хорошее сравнение 3 методов рендеринга. При использовании MacBook 2015 года производительность SVG достигает максимума, обеспечивая работоспособную производительность до достижения 2 тыс. узлов и 2 тыс. ребер. Производительность Canvas достигает предела при 5 тыс. узлов и 5 тыс. ребер, в то время как WebGL можно использовать до 10 тыс. узлов и 11 тыс. ребер.

Хотя WebGL более производительный, поскольку он использует вычислительную мощность графического процессора машины, с ним также сложнее работать, что означает, что, как правило, приходится искать компромисс между производительностью, простотой использования и возможностями.

Алгоритмы – это относится к набору доступных API, позволяющих пользователю выполнять операции с графом. Это может включать параметры макета, алгоритмы поиска пути или даже алгоритмы обнаружения сети. Все эти дополнительные функции значительно сократят необходимое время разработки.

Готовые компоненты, которые ускорят разработку продукта. Это может включать фильтр временной шкалы или мини-карту, помогающую пользователю перемещаться по холсту.

Результаты оценки указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение библиотек визуализации графов Javascript

<i>Библиотека</i>	<i>Лицензия</i>	<i>Движок рендеринга</i>	<i>Алгоритмы</i>	<i>Компоненты</i>
D3	BSD	SVG / Canvas	Низкий	Низкий
Keylines	Commercial	Canvas / WebGL	Высокий	Средний
Vis.js	MIT	Canvas	Средний	Низкий
Sigma.js	MIT	Canvas / WebGL	Средний	Низкий
Ogma	Commercial	Canvas / WebGL	Высокий	Низкий
G6	MIT	Canvas	Высокий	Высокий
Ngraph	MIT	WebGL	Средний	Низкий
React-force-graph	MIT	WebGL	Низкий	Низкий

Стоит упомянуть еще один подход — использование набора приложений Neo4j. Neo4j — это система графовых баз данных, реализованная на Java, доступ к данным осуществляется с помощью Cypher Query. Это ACID-совместимая транзакционная база данных с собственным хранилищем и обработкой графов [0]. В Neo4j информация организована в виде узлов, связей и свойств в модели, называемой графовой моделью свойств с метками. Также предоставляют несколько инструментов для управления и обработки данных в графовом виде, включая Neo4j Desktop — программа с удобным интерфейсом для взаимодействия с БД и Neo4j Bloom — инструмент визуализации данных для быстрого изучения и свободного взаимодействия с платформой Neo4j. Они создают простой и быстрый способ визуализации и анализ данных, даже без необходимости программирования.

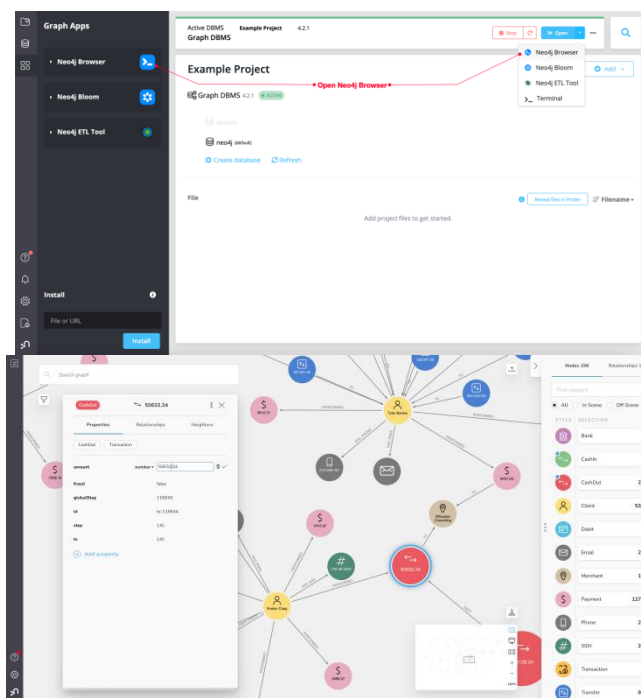


Рисунок 9 – Инструменты СУБД и визуализации Neo4j

Графовая модель управления данных и СУБД Neo4j

Реляционные базы данных были основой программных приложений с 1980-х годов и остаются ими до сих пор. Реляционные базы данных хранят данные в хорошо структурированном формате в таблицах, состоящих из столбцов определенных типов данных и строк этих определенных типов данных. Реляционные данные хранятся в таблицах, а связи между ними создаются просто посредством ссылочной целостности, которая предполагает наличие внешнего ключа, ссылающегося на первичный ключ. Чтобы получить данные из нескольких связанных таблиц, во время запроса используется операция JOIN, сопоставляющая первичные и внешние ключи всех строк в связанных таблицах. Эти операции требуют большой вычислительной мощности и использования памяти, что приводит к экспоненциальным затратам. Если моделирование данных предполагает существование отношений многие-ко-многим, в реляционной модели появится дополнительная таблица, так называемая таблица соединения с двумя или более внешними ключами, к исходным участвующим таблицам, что еще больше увеличивает стоимость операция JOIN.

В графовой модели данных отношения так же важны, как и сами данные. В результате отпадает необходимость реализовывать связи между сущностями с помощью дополнительных концепций, таких как внешние ключи.

В модели графовой базы данных каждый узел, будь то сущность или атрибут, имеет список записей ссылок, которые моделируют связи с

другими узлами. Эти записи взаимосвязей организованы по типу и направлению и могут иметь дополнительные атрибуты.

Этот список используется графовыми базами данных при выполнении операции, эквивалентной операции JOIN в реляционной модели, для доступа к подключенным узлам, что исключает дорогостоящие вычисления. В графовых базах данных перемещение объединений или отношений происходит очень быстро, поскольку они не вычисляются во время запроса, поскольку они постоянны.

Neo4j — это система графовых баз данных, реализованная на Java, доступ к данным осуществляется с помощью Cypher Query. Это ACID-совместимая транзакционная база данных с собственным хранилищем и обработкой графов.

В Neo4j информация организована в виде узлов, связей и свойств в модели, называемой *графовой моделью свойств с метками*.

Узлы — это объекты в графе. Они имеют следующие характеристики:

- узлы могут быть помечены метками, обозначающими их различные роли в вашем домене (например, Человек),
- узлы могут содержать любое количество пар ключ-значение или свойств (например, имя),
- метки узлов также могут присоединять метаданные (например, информацию об индексах или ограничениях) к определенным узлам.

Отношения обеспечивают направленные именованные связи между двумя узлами (например, Человек ЛЮБИТ Человека).

- отношения всегда имеют направление, тип, начальный узел и конечный узел, и они могут иметь свойства, как и узлы,
- узлы могут иметь любое количество и тип отношений без ущерба для производительности,
- хотя отношения всегда направлены, ими можно эффективно управлять в любом направлении.

Запрос к реляционным базам данных выполняется с помощью SQL — декларативного языка запросов. Команды SQL могут использоваться в интерфейсах, предоставляемых СУБД, или они могут быть вложены в приложение и отправлены для выполнения в ядро базы данных [2].

Cypher также является декларативным языком запросов к графам, который основан на базовых концепциях и предложениях SQL, но в который добавлено множество дополнительных функций, специфичных для графов, чтобы упростить работу с графовой моделью. Используя Cypher, пользователи могут создавать выразительные и эффективные запросы к графовым базам данных.

Neo4j можно установить в различных контекстах развертывания, таких как Linux, macOS и Windows. Также существуют опции, не требующие установки: Neo4j AuraDB — это полностью управляемая база

данных Neo4j, размещенная в облаке и не требующая установки или Neo4j можно запустить в контейнере Docker.

Neo4j Desktop — это удобный способ работы разработчиков с локальными базами данных Neo4j. Neo4j Desktop – это устанавливаемое приложение, которое поможет вам работать с Neo4j. Лицензия на графовую базу данных Neo4j Developer входит в комплект поставки Neo4j Desktop. Версия Developer предлагает все возможности и функции Neo4j Enterprise Edition для использования отдельным человеком на одной машине. Функции работы с несколькими компьютерами (например, кластеризация) не поддерживаются в Neo4j Desktop.

Сравнение графовой и реляционной СУБД в задачи с графом

Чтобы эффективно протестировать производительность графовой модели БД, были проведены сравнительный анализ между использованием СУБД Neo4j и Microsoft SQL Server на основе веб-приложения Java Spring. Использован набор входных данных о посттранскрипционной регуляции генов, которая происходит с вновь транскрибированным транскриптом первичной РНК (hnRNA) после того, как произошла транскрипция, но до ее трансляции в белковый продукт [3]. Тут взаимодействия РНК-белок являются ключевыми факторами, включая сплайсинг РНК, кэпирование, ядерный экспорт, деградацию, субклеточную локализацию и трансляцию [4]. Набор данных включает только регуляторные сайты для транс-факторов на UTR с указанием положения, фактора и идентичности UTR [5].

Суть задачи заключается в поиске пар белков, которые одновременно «совместно регулируют» несколько генов из введенного списка. На основе этих связей получаем граф. Тестируемые списки генов - наиболее часто мутлируемые гены в видах рака : BLCA (Bladder urothelial carcinoma - рак мочевого пузыря), BRCA (Breast invasive carcinoma - рак молочной железы), COAD и READ (Colon adenocarcinoma & Rectum adenocarcinoma - колоректальный рак), GBM (Glioblastoma multiforme - глиобластома), HNSC (Head and Neck squamous cell carcinoma - опухоли головы и шеи), KICH (Kidney Chromophobe - почечный хромофоб), KIRC (Kidney renal clear cell carcinoma - почечная светлоклеточная карцинома), KIRP (Kidney renal papillary cell carcinoma - папиллярно-клеточная карцинома почек).

Время выполнения запроса и обработки данных для каждой из двух СУБД было указано в таблице 2 и на его основе иллюстрирована диаграмма в рисунке Рисунок 10.

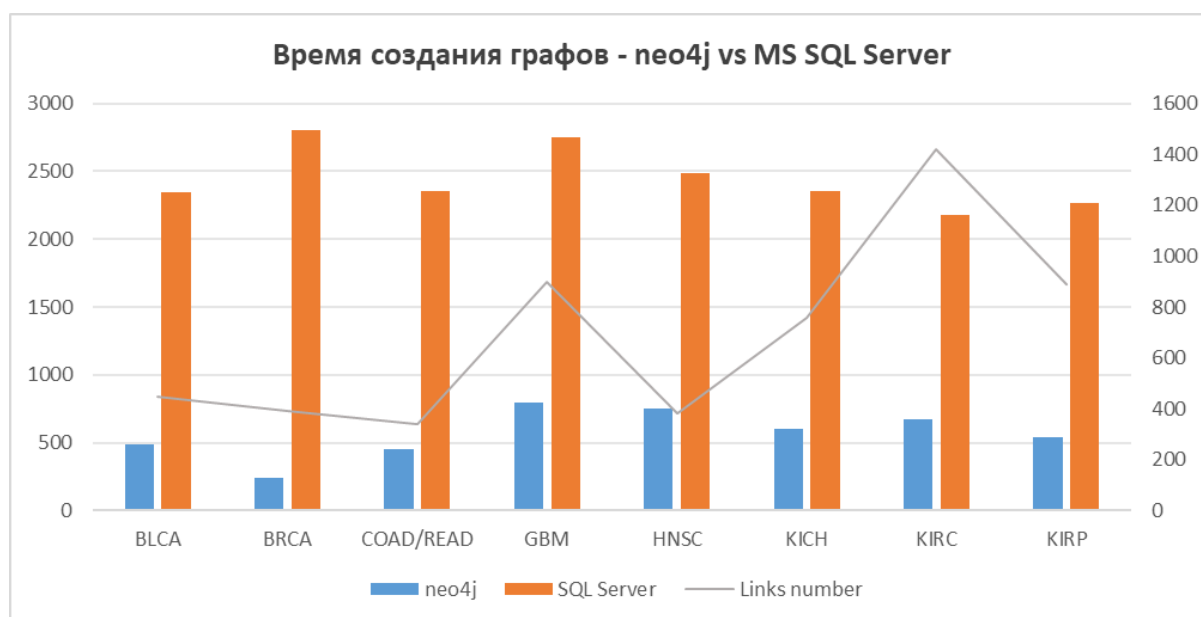


Рисунок 10 – Временные диаграммы создания графов совместной регуляции Neo4j и Microsoft SQL Server

Таблица 2 – Время создания графов при применении Neo4j и MS SQL Server

	<i>BLCA</i>	<i>BRCA</i>	<i>COAD/READ</i>	<i>GBM</i>	<i>HNSC</i>	<i>KICH</i>	<i>KIRC</i>	<i>KIRP</i>
neo4j	487	237	454	798	754	605	676	543
SQL Server	2348	2800	2352	2750	2487	2357	2175	2269
Номер ребер	449	389	340	900	381	759	1422	889

Как и ожидалось СУБД Neo4j получила совершенно быстрее результаты, чем SQL Server для данного типа задачи. Так как сложности отношений между объектами создает трудности для не графовых СУБД, которые не реализуют эти отношения во своей модели, а необходимо вычислять во время запроса. Доказано что при работе с предметами с сложными отношениями между объектами, графовая база данных является оптимальной.

Заключение

В ходе статьи были изучены библиотеки, предназначенные для визуализации данных в виде графа в языке JavaScript. При сравнительном анализе, каждая библиотека имеет свои преимущества и недостатки и подходит для определенных заданий, в зависимости от количества узлов и связей в графе, бюджета, знания javascript или WebGL и потребности от задачи.

При создании базы данных для веб-приложения приходим к заключению, что для приложений, которые включают большое количество связей между данными, графовые базы данных являются подходящим выбором. Такими проектами могут быть приложения для социальных сетей, системы совместной работы или библиотеки любого типа, книги, музыка или видео. Несмотря на то, что реляционные базы данных надежны и высокопроизводительны, в некоторых случаях существует (немного) лучшая альтернатива для хранения данных.

Список литературы

1. Neo4j documentation – URL: <https://neo4j.com/docs/> (дата обращения 21.05.2025)
2. Transition from relational to graph database – URL: <https://neo4j.com/docs/getting-started/appendix/graphdb-concepts/graphdb-vs-rdbms/> (дата обращения 21.05.2025)
3. Brenner S., Miller J. (H), Broughton W. J. – Encyclopedia of Genetics // Academic Press, 2001 – С. 1532.
4. Stefl R., Skrisovska L. RNA sequence- and shape-dependent recognition by proteins in the ribonucleoprotein particle // EMBO Reports – 2005.
5. AURA, The Atlas of UTR Regulatory Activity [Электронный ресурс] – URL: <http://aura.science.unitn.it/> (дата обращения 21.05.2025)

© Нгуен Динь М.А., 2025.

УДК 692

Меньшиков М.А.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова, Ижевск, Россия

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в жизненном цикле строительных проектов: подробный обзор

Аннотация. В статье представлен подробный обзор применения искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) на различных этапах жизненного цикла строительных проектов. Рассматриваются современные вызовы строительной отрасли, такие как рост цен на материалы, нехватка квалифицированных кадров, необходимость повышения качества и сокращения сроков работ. Описаны основные направления внедрения ИИ и МО: оптимизация проектирования с помощью генеративных алгоритмов и BIM, автоматизация мониторинга и контроля качества, использование роботизированных систем и компьютерного зрения для повышения безопасности и эффективности. Особое внимание уделено вопросам интеграции ИИ с существующими цифровыми платформами, проблемам стандартизации, интерпретируемости алгоритмов и защите данных. Обозначены перспективы развития технологий, включая предиктивную аналитику, цифровые двойники и системы мониторинга в реальном времени. Делается вывод о преобразующем потенциале ИИ и МО для повышения эффективности, безопасности и устойчивости строительной отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, строительные проекты, BIM, генеративный дизайн, цифровые двойники, автоматизация, мониторинг.

Menshikov M.A.

Application of artificial intelligence and machine learning in the lifecycle of construction projects: detailed overview

Annotation. The article provides a detailed overview of the application of artificial intelligence (AI) and machine learning (MO) at various stages of the life cycle of construction projects. The article considers modern challenges of the construction industry, such as rising prices for materials, a shortage of qualified personnel, the need to improve quality and reduce work time. The main directions of AI and MO implementation are described: optimization of design using generative algorithms and BIM, automation of monitoring and quality control, use of robotic systems and computer vision to improve safety and efficiency. Particular attention is paid to the integration of AI with existing digital platforms, standardization, interpretability of algorithms, and data protection. The prospects for the development of technologies, including predictive analytics, digital twins and real-time monitoring systems, are outlined. The conclusion is drawn about the transformative potential of AI and MO to improve the efficiency, safety and sustainability of the construction industry.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, construction projects, BIM, generative design, digital twins, automation, monitoring.

Цель исследования - установить особенности применения искусственного интеллекта и машинного обучения в жизненном цикле строительных проектов. Проблема исследования состоит в том, что современная строительная отрасль сталкивается с разнообразными вызовами, такими как повышение цен на сырье, нехватка квалифицированных кадров, необходимость сокращения сроков выполнения работ и улучшения качества. В условиях постоянной эволюции технологий применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в строительстве стало не столько тенденцией, сколько необходимостью. Методология исследования включает в себя анализ научной литературы и нормативно-правовой базы проблемы.

ИИ обладает способностью анализировать огромные объемы данных о предыдущих строительных проектах, климатических условиях, материалах и технологиях. На основе этих данных он может предложить оптимальные решения для новых проектов, что позволяет избежать ошибок, сокращает время на проектирование и снижает затраты. Например, системы ИИ могут оценить, какие строительные материалы лучше всего подходят для конкретных климатических зон и условий эксплуатации, что помогает создать более качественные и долговечные сооружения[1].

ИИ и МО активно используются на этапе проектирования для создания оптимальных архитектурных решений. Алгоритмы генеративного дизайна позволяют создавать тысячи вариантов планировок, учитывая такие параметры, как энергоэффективность, стоимость, безопасность и нормативные требования. Интеграция ИИ с BIM (информационным моделированием зданий) обеспечивает автоматизацию процессов моделирования, анализа и оптимизации проектов, что сокращает время проектирования и минимизирует ошибки. Машинное обучение помогает анализировать большие объемы данных, поступающих с датчиков, камер и BIM-моделей, для эффективного управления ресурсами, прогнозирования рисков и задержек. ИИ-системы способны выявлять до 99% ошибок на ранних стадиях проекта, что позволяет своевременно корректировать планы и минимизировать финансовые потери.

Исследователь Хамидов Б.С. в своей статье отмечает, что компьютерное зрение и анализ изображений с помощью ИИ обеспечивают мониторинг строительных площадок в режиме реального времени, выявляя нарушения техники безопасности и дефекты строительства. Это способствует снижению аварийности и повышению качества работ[2].

Современные системы ИИ способны значительно улучшать управление строительными проектами. Они помогают планировать и контролировать выполнение задач, отслеживать прогресс и

производительность команды, а также прогнозировать возможные риски и задержки. Используя алгоритмы МО, такие системы могут анализировать данные в реальном времени, что позволяет оперативно принимать решения и корректировать планы в случае возникновения непредвиденных обстоятельств. Контроль качества является критически важным аспектом в строительстве. Алгоритмы компьютерного зрения и МО находят применение для автоматического обнаружения дефектов и отклонений от стандартов. С помощью камер и датчиков, интегрированных в строительное оборудование, ИИ может в режиме реального времени оценивать качество выполненных работ и материала, что позволяет оперативно устранять недостатки и обеспечивать высокие стандарты качества.

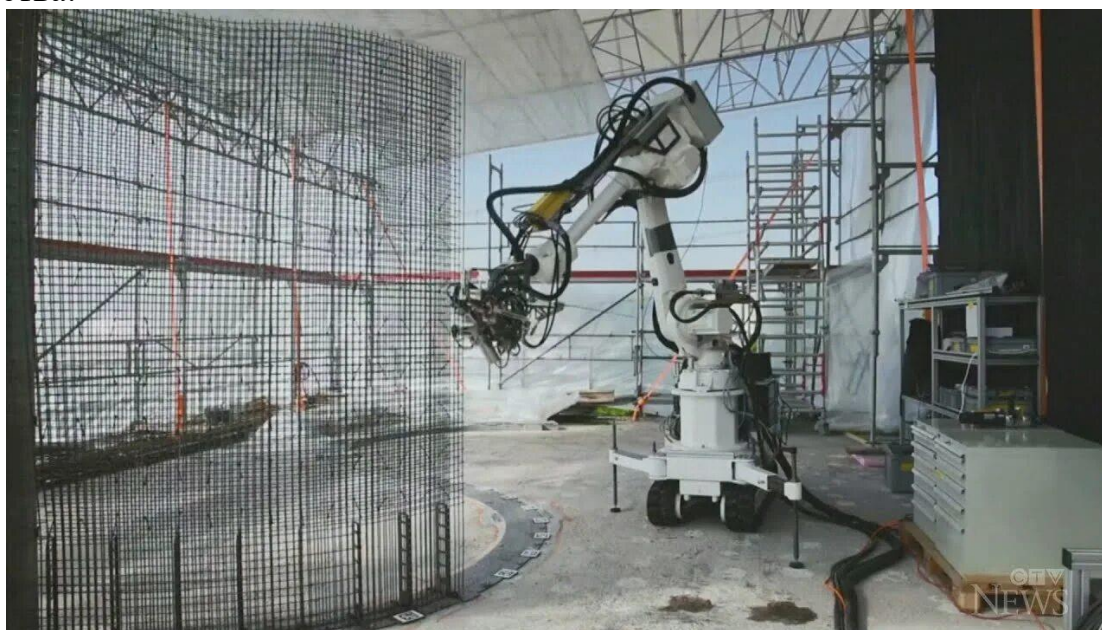


Рисунок 1. - ИИ в строительстве

Роботы, обладающие элементами ИИ, начинают всё активнее применяться в строительстве для выполнения рутинных и опасных задач, таких как кладка кирпича, сварка или покраска. Это не только ускоряет процессы, но и снижает уровень ошибок, обусловленных человеческим фактором. Автоматизация также позволяет минимизировать риски для работников, которые могут подвергаться опасным условиям на стройплощадке.

Безопасность на строительных площадках — одна из важнейших задач. Системы ИИ могут анализировать поведение рабочих и состояние объектов в реальном времени, выявляя нарушения, такие как отсутствие защитной экипировки или нахождение в опасных зонах. Это позволяет моментально реагировать на ситуации, которые могут привести к несчастным случаям, и тем самым существенно повышает уровень безопасности на объекте. Еще одно важное направление применения ИИ и МО в строительстве — разработка энергоэффективных зданий и

инфраструктуры. ИИ способен анализировать данные по эксплуатации инженерных систем, что позволяет выявлять возможности для оптимизации использования энергии, сокращения выбросов и снижения эксплуатационных расходов. Это особенно актуально в условиях современного мирового тренда на устойчивое развитие и заботу об экологии[4].

Современные алгоритмы генеративного проектирования позволяют автоматически создавать тысячи вариантов строительных решений с учётом параметров энергоэффективности, стоимости, безопасности и нормативных требований. Например, программные комплексы, такие как OptiStruct, используются для оптимизации конструкций зданий, что приводит к снижению расхода материалов, повышению прочности и уменьшению затрат на строительство. В России OptiStruct применялся при проектировании Лахта-центра в Санкт-Петербурге (оптимизация стальных конструкций), моста через бухту Золотой Рог во Владивостоке (оптимизация башен и вант), стадиона «Газпром Арена» (конструкция крыши), жилого комплекса «Зиларт» и бизнес-центра «ОКО» в Москве (железобетонные и стальные конструкции)[3].

Интеграция искусственного интеллекта с технологией информационного моделирования зданий (BIM) позволяет автоматизировать процессы проектирования, анализа и управления проектами. Имитационные модели на основе BIM-данных используются для календарного планирования, оптимизации сроков строительства и распределения ресурсов. Такой подход обеспечивает возможность моделирования различных сценариев, оперативного реагирования на отклонения от плана и повышения качества управленческих решений. Использование дронов, камер и датчиков IoT в сочетании с алгоритмами компьютерного зрения и машинного обучения позволяет осуществлять мониторинг строительных площадок в режиме реального времени. ИИ выявляет дефекты, отклонения от спецификаций, проблемы с материалами и качеством строительства, а также визуализирует их в BIM-моделях. Это способствует своевременному устранению ошибок, минимизации рисков и повышению безопасности на строительной площадке.



Рисунок 2. -Машины в строительстве

Роботизированные системы с элементами ИИ выполняют рутинные и опасные работы, такие как кладка кирпича, сварка и покраска. Кроме того, ИИ используется для автоматизации обработки строительной документации, что сокращает время обработки данных и повышает точность выполнения задач. Внедрение цифровых двойников зданий и интеллектуальных систем управления позволяет отслеживать состояние объектов, прогнозировать потребность в ремонте и оптимизировать эксплуатационные расходы[5].

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) становятся важными инструментами цифровой трансформации строительной отрасли. Однако их внедрение сопряжено с рядом существенных проблем и вызовов, требующих комплексного анализа и поиска путей решения.

Одной из ключевых проблем является недостаточное качество и объем данных, необходимых для обучения и работы алгоритмов ИИ и МО. В строительстве данные часто разрознены, неполны и не стандартизированы, что затрудняет их обработку и анализ. Отсутствие единых форматов и протоколов обмена информацией между различными системами (BIM, CAD, ERP и др.) приводит к потере данных и снижению эффективности алгоритмов. Внедрение ИИ и МО требует интеграции с уже используемыми программными комплексами и рабочими процессами. Зачастую это сопряжено с техническими сложностями, связанными с несовместимостью интерфейсов, отсутствием стандартизации и необходимостью переобучения персонала.

Многие алгоритмы машинного обучения работают по принципу «чёрного ящика», что затрудняет интерпретацию их решений. В строительстве, где ошибки могут привести к серьёзным последствиям,

важно понимать, как и почему алгоритм принимает то или иное решение. Недостаточная прозрачность алгоритмов повышает риск принятия неверных управленческих решений. Внедрение ИИ и МО поднимает вопросы ответственности за принятые решения, защиты персональных данных и соблюдения авторских прав. Необходимо учитывать, кто несет ответственность в случае возникновения ошибок или аварий, а также обеспечивать конфиденциальность и безопасность данных, особенно при использовании облачных сервисов.

Одним из перспективных направлений является совершенствование алгоритмов ИИ и МО, направленное на повышение их точности и адаптивности. Современные модели способны обучаться на больших объемах данных, включая информацию о различных типах конструкций, материалах и условиях эксплуатации. В будущем алгоритмы будут автоматически адаптироваться к новым типам конструкций и дефектов, что позволит сократить время и ресурсы, затрачиваемые на их обучение и внедрение. Такой подход обеспечит более быстрое и точное выявление потенциальных проблем на ранних стадиях проектирования и строительства, а также повысит надежность эксплуатации объектов. Адаптивные модели смогут учитывать особенности конкретных проектов и условия окружающей среды, минимизируя риски возникновения дефектов и аварий.

Важным аспектом развития технологий ИИ и МО является их интеграция с системами предиктивной аналитики. Это позволит не только выявлять существующие проблемы, но и прогнозировать потенциальные дефекты еще до их возникновения. Например, анализ данных о нагрузках, погодных условиях, свойствах материалов и истории эксплуатации объектов позволит прогнозировать возможные повреждения и принимать превентивные меры. Предиктивная аналитика способна существенно снизить затраты на ремонт и обслуживание, а также повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений. Интеграция ИИ с системами управления проектами и эксплуатацией объектов обеспечит непрерывный анализ и контроль ключевых параметров, что особенно актуально для сложных и ответственных объектов.

Еще одним перспективным направлением является внедрение систем мониторинга состояния строительных объектов в режиме реального времени. Нейросети будут интегрироваться с дронами, роботизированными комплексами и устройствами интернета вещей (IoT), обеспечивая круглосуточный контроль за состоянием зданий и сооружений. Использование дронов и роботизированных систем позволяет оперативно получать актуальную информацию о состоянии конструкций, выявлять дефекты и отклонения от проектных решений[4].

Таким образом, применение искусственного интеллекта и машинного обучения трансформирует строительную отрасль, делая ее более

эффективной, безопасной и экономичной. Интеграция этих технологий во все этапы жизненного цикла строительных проектов открывает новые возможности для оптимизации, контроля и управления, что способствует устойчивому развитию отрасли и повышению качества строительства.

Список литературы

1. Лежнина Ю.А., Хоменко Т.В., Проблемы внедрения новой информационной технологии Building Information Modeling в строительном ВУЗе // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2015. № 2 (12). С. 78-82.
2. Хамидов Б.С. Современные возможности искусственного интеллекта в строительной отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023 Том 13 № 3А. С. 257-266.
3. Язгельдыев, Шадурды. Искусственный интеллект в строительной сфере: современное положение и перспективы будущего / Шадурды Язгельдыев, Г. Д. Гурбанов, А. М. Агаев, Д. М. Амандурдыев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 11 (510). — С. 20-22. — URL: <https://moluch.ru/archive/510/111982/> (дата обращения: 30.05.2025).
4. Дроздова, Е.С. Применение искусственного интеллекта в сфере строительства = Application of artificial intelligence in construction / Е. С. Дроздова, А.Р. Саврас, В.В. Карнейчик // Инженерный бизнес [Электронный ресурс]: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции в рамках 21-й Международной научно-технической конференции БНТУ «Наука – образованию, производству и экономике» 22-24 ноября 2023 г. / редкол.: О.С. Голубова [и др.] ; сост. О.С. Голубова. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 129-136.
5. Федорова, Д.В. Использование технологий искусственного интеллекта в строительстве: современные тенденции и перспективы развития / Д.В. Федорова // Вестник евразийской науки. — 2024 — Т. 16 — № 3.

Информация об авторе:

Меньшиков М.А. - студент, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия.

Научный руководитель: Сунцов Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Промышленное и гражданское строительство», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

УДК 697.912

Кочарян Ю.Г., Васин А.Ю.

Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Разработка систем вентиляции и отопления станции технического обслуживания автомобилей

Аннотация: в статье рассматриваются ключевые аспекты разработки систем вентиляции и отопления для станций технического обслуживания (СТО) автомобилей. Основное внимание уделяется требованиям к таким системам, включая обеспечение чистоты воздуха, поддержание оптимальной температуры, энергоэффективность, надёжность, простоту управления и соответствие стандартам безопасности.

Также описываются различные типы вентиляционных и отопительных систем, которые могут быть использованы на СТО, и приводятся этапы их разработки: анализ требований, проектирование, подбор оборудования, монтаж и пусконаладка, тестирование и ввод в эксплуатацию.

Статья будет полезна специалистам в области проектирования инженерных систем, а также владельцам и управляющим СТО.

Ключевые слова: станция технического обслуживания (СТО); системы вентиляции; системы отопления; энергоэффективность; безопасность; качество воздуха; проектирование; монтаж; технологии управления.

Kocharyan Yu.G., Vasin A.Y.

Development Of Ventilation And Heating Systems For Car Maintenance Stations

Abstract: the article discusses key aspects of developing ventilation and heating systems for automobile service stations (ASS). The main focus is on the requirements for such systems, including ensuring air purity, maintaining optimal temperature, energy efficiency, reliability, ease of control, and compliance with safety standards.

Various types of ventilation and heating systems that can be used at ASS are also described, and the stages of their development are given: analysis of requirements, design, equipment selection, installation and commissioning, testing and putting into operation.

The article will be useful for specialists in the field of engineering systems design, as well as owners and managers of ASS.

Keywords: automobile service station (ASS); ventilation systems; heating systems; energy efficiency; safety; air quality; design; installation; control technologies.

Актуальность темы

Создание эффективных систем вентиляции и отопления на СТО является актуальной задачей, так как они обеспечивают не только комфортные условия работы для сотрудников, но и способствуют повышению качества обслуживания клиентов. Кроме того, правильно спроектированные системы вентиляции и отопления могут снизить риск возникновения пожаров и других аварийных ситуаций.

Актуальность темы разработки систем вентиляции и отопления станции технического обслуживания автомобилей обусловлена несколькими факторами:

1. Требования законодательства. В России действуют строительные нормы и правила (СНиП), которые регламентируют параметры микроклимата в производственных помещениях, включая СТО. Системы вентиляции и отопления должны обеспечивать соблюдение этих норм.

2. Комфорт и безопасность персонала. От условий труда зависит производительность сотрудников СТО, а также их здоровье. Неправильная работа систем вентиляции может привести к накоплению вредных веществ в воздухе, что негативно скажется на самочувствии работников.

3. Качество услуг. Клиенты ожидают, что на СТО будут созданы комфортные условия как для них самих, так и для персонала. Это влияет на репутацию станции и её конкурентоспособность.

4. Энергоэффективность. Рациональное использование ресурсов важно с точки зрения экономии средств и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Современные системы вентиляции и отопления позволяют оптимизировать энергопотребление.

5. Пожарная безопасность. Правильно спроектированные системы вентиляции помогают предотвратить распространение дыма и огня в случае пожара, обеспечивая более безопасные условия работы и эвакуации людей.

Актуальность данной статьи также обусловлена необходимостью создания комфортных и безопасных условий работы на станциях технического обслуживания (СТО) автомобилей. В процессе своей деятельности СТО могут создавать проблемы с точки зрения качества воздуха и микроклимата в помещениях, что может негативно сказаться на здоровье персонала и эффективности работы.

Разработка эффективных систем вентиляции и отопления является важным аспектом обеспечения безопасности и комфорта на СТО. Выбор оптимального решения зависит от конкретных условий и требований к системе. Статья предлагает анализ существующих решений и разработку рекомендаций по проектированию и эксплуатации систем вентиляции и отопления для СТО, что делает её актуальной для инженеров-проектировщиков, специалистов по эксплуатации зданий и сооружений, а также владельцев и руководителей СТО.

Введение

Создание эффективной системы вентиляции и отопления на станции технического обслуживания (СТО) автомобилей является ключевым аспектом обеспечения комфортных условий труда для персонала и высокого качества предоставляемых услуг. В данной статье мы

рассмотрим основные аспекты разработки таких систем, а также их влияние на работу СТО.

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, а требования к качеству услуг постоянно растут, вопрос создания комфортных и безопасных условий труда становится особенно актуальным. Особенно это касается станций технического обслуживания (СТО) автомобилей, где работа с техническими жидкостями и деталями требует не только профессиональных навыков, но и обеспечения чистоты воздуха и поддержания оптимальной температуры в рабочих помещениях.

Системы вентиляции и отопления играют ключевую роль в создании таких условий. Они обеспечивают удаление загрязнённого воздуха, содержащего выхлопные газы и пары масел, предотвращая их накопление в рабочей зоне, а также поддерживают комфортную температуру, что способствует повышению производительности труда [1].

Целью данной статьи является рассмотрение основных аспектов разработки систем вентиляции и отопления для станций технического обслуживания автомобилей. Мы подробно разберём требования к таким системам, типы вентиляционных и отопительных систем, которые могут быть использованы на СТО, и этапы их разработки. Это позволит создать оптимальные условия для работы персонала и повысить эффективность деятельности станции.

1. Основные требования к системам вентиляции и отопления

При разработке систем вентиляции и отопления для СТО необходимо учитывать следующие требования [1]:

1. Обеспечение чистоты воздуха. Системы должны эффективно удалять загрязненный воздух, содержащий выхлопные газы, пары масел и других технических жидкостей, предотвращая их накопление в рабочей зоне.

2. Поддержание оптимальной температуры. В зависимости от времени года и типа выполняемых работ, системы должны обеспечивать комфортную температуру в рабочих помещениях, что способствует повышению производительности труда.

3. Энергоэффективность. Современные системы должны быть энергоэффективными, чтобы минимизировать затраты на электроэнергию и способствовать снижению эксплуатационных расходов.

4. Надежность и долговечность. Оборудование должно быть надежным и долговечным, обеспечивая стабильную работу без частых поломок и ремонтов.

5. Простота управления. Системы должны быть просты в управлении, позволяя персоналу легко регулировать параметры работы в зависимости от текущих потребностей.

6. Соответствие стандартам безопасности. Все компоненты системы должны соответствовать действующим стандартам безопасности, предотвращая возможные аварийные ситуации.

2. Типы систем вентиляции и отопления

Для СТО могут использоваться различные типы систем вентиляции и отопления, включая [2]:

- Приточно-вытяжные системы. Обеспечивают приток свежего воздуха и удаление загрязненного, поддерживая оптимальный микроклимат в помещении.
- Системы кондиционирования воздуха. Регулируют температуру и влажность воздуха, создавая комфортные условия для работы.
- Тепловые насосы. Используют энергию из окружающей среды для обогрева помещений, снижая энергопотребление.
- Газовые котлы. Работают на природном газе, обеспечивая эффективное отопление больших площадей.
- Электрические обогреватели. Используются для локального обогрева рабочих зон, где требуется дополнительное тепло.

Выбор конкретного типа системы зависит от размера помещения, требований к микроклимату, доступных ресурсов и других факторов [2].

3. Зарубежный опыт

Зарубежный опыт разработки систем вентиляции и отопления на станциях технического обслуживания автомобилей показывает, что особое внимание уделяется энергоэффективности, экологичности и автоматизации процессов [3].

В Европе и США активно внедряются системы с использованием возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и тепловые насосы. Это позволяет не только снизить затраты на электроэнергию, но и уменьшить воздействие на окружающую среду. Кроме того, широко используются современные технологии управления микроклиматом, которые обеспечивают оптимальные условия работы для персонала и способствуют повышению качества предоставляемых услуг [4].

Также стоит отметить, что зарубежные компании уделяют большое внимание обучению и сертификации специалистов по установке и обслуживанию систем вентиляции и отопления. Это обеспечивает высокий уровень профессионализма и гарантирует надёжную работу оборудования.

Таким образом, изучение зарубежного опыта может помочь российским СТО перенять лучшие практики и усовершенствовать свои системы вентиляции и отопления, сделав их более эффективными, экономичными и безопасными.

4. Перспективы развития

Перспективы развития систем вентиляции и отопления на станциях технического обслуживания автомобилей связаны с внедрением новых технологий и подходов, которые позволят повысить эффективность работы, улучшить условия труда и снизить воздействие на окружающую среду.

1. Интеллектуальные системы управления. Внедрение систем автоматического контроля и управления позволит оптимизировать работу оборудования, снизить энергопотребление и обеспечить более комфортные условия для персонала. Это может включать в себя использование датчиков температуры, влажности и качества воздуха для автоматического регулирования работы вентиляционных и отопительных систем [5].

2. Использование возобновляемых источников энергии. Развитие технологий использования солнечной, ветровой и геотермальной энергии может привести к созданию более экологически чистых и экономически эффективных систем отопления и вентиляции. Это не только снизит затраты на электроэнергию, но и уменьшит выбросы углекислого газа [1].

3. Улучшение систем фильтрации и очистки воздуха. Разработка новых фильтров и систем очистки воздуха позволит эффективно удалять вредные вещества из рабочей зоны, улучшая качество воздуха и предотвращая заболевания персонала [1].

4. Применение современных материалов и конструкций. Использование инновационных материалов и конструктивных решений может способствовать повышению энергоэффективности зданий, улучшению звукоизоляции и обеспечению более комфортных условий работы [4].

5. Обучение и сертификация специалистов. Повышение уровня профессионализма специалистов через обучение и сертификацию будет способствовать более эффективной установке, обслуживанию и модернизации систем вентиляции и отопления [5].

Таким образом, перспективы развития систем вентиляции и отопления на СТО связаны с интеграцией передовых технологий, повышением экологической ответственности и улучшением условий труда.

5. Этапы разработки систем вентиляции и отопления

Разработка систем вентиляции и отопления включает следующие этапы [3]:

1. Анализ требований. На этом этапе проводится анализ потребностей СТО, определяются основные требования к системе и ее параметрам.

2. Проектирование. Разрабатывается проект системы, включающий схемы расположения оборудования, расчеты параметров работы и другие необходимые документы.

3. Подбор оборудования. Выбираются конкретные модели оборудования, соответствующие требованиям проекта и доступные ресурсы.

4. Монтаж и пусконаладка. Осуществляется монтаж оборудования, подключение к инженерным сетям и проведение пусконаладочных работ.

5. Тестирование и ввод в эксплуатацию. Проводится тестирование системы на соответствие требованиям, устраняются выявленные недостатки, и система вводится в эксплуатацию.

6. Анализ эффективности и экономической целесообразности

Для анализа эффективности и экономической целесообразности систем вентиляции и отопления на станциях технического обслуживания (СТО) необходимо учитывать ряд факторов [5]:

1. Затраты на оборудование: стоимость вентиляторов, воздуховодов, рекуператоров, кондиционеров и других компонентов системы.

2. Стоимость электроэнергии: затраты на эксплуатацию оборудования, включая расходы на освещение, отопление и кондиционирование воздуха.

3. Влияние на комфорт и безопасность персонала: обеспечение комфортных условий работы, поддержание чистоты воздуха и соблюдение норм пожарной безопасности.

4. Долговечность и надёжность системы: выбор качественных материалов и оборудования для минимизации затрат на ремонт и обслуживание в будущем.

5. Простота монтажа и эксплуатации: возможность быстрой установки и лёгкость управления системой.

6. Возможность интеграции с другими системами здания: учёт взаимодействия с системами отопления, охлаждения, увлажнения и т.д.

7. Экологические аспекты: использование энергоэффективных технологий для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

8. Соответствие законодательным требованиям: соблюдение санитарных норм, правил пожарной безопасности и других законодательных актов.

9. Ремонтопригодность: возможность быстрого ремонта или замены вышедших из строя компонентов системы без значительных затрат.

На основании анализа этих факторов можно сделать вывод об эффективности и экономической целесообразности каждого типа системы вентиляции и отопления для конкретной станции технического обслуживания.

Для выбора оптимального решения необходимо провести анализ эффективности и экономической целесообразности каждого типа системы. Необходимо учитывать стоимость оборудования, затраты на электроэнергию, а также влияние на комфорт и безопасность персонала [3].

7. Оптимальные решения для создания эффективных и экономичных систем вентиляции и отопления

Оптимальные решения для создания эффективных и экономичных систем вентиляции и отопления на станциях технического обслуживания (СТО) зависят от конкретных условий и требований к системе.

Для небольших СТО с невысокой нагрузкой на систему вентиляции можно использовать естественную вентиляцию в сочетании с рекуперацией тепла. Это позволит снизить затраты и обеспечить достаточную эффективность [2].

Крупным СТО с высокой нагрузкой рекомендуется использовать механическую вентиляцию с рекуперацией или кондиционирование воздуха. Это обеспечит более точное управление параметрами воздуха и улучшит условия работы персонала [2].

Также при выборе оптимального решения необходимо учитывать стоимость оборудования, затраты на электроэнергию, влияние на комфорт и безопасность персонала, долговечность и надёжность системы, простоту монтажа и эксплуатации, возможность интеграции с другими системами здания, экологические аспекты и соответствие законодательным требованиям.

Выбор оптимального решения зависит от конкретных условий и требований к системе.

Заключение

Разработка эффективных систем вентиляции и отопления является важным аспектом создания комфортных условий труда на СТО и обеспечения высокого качества предоставляемых услуг. Правильный выбор типа системы, ее проектирование и монтаж позволяют создать оптимальные условия для работы персонала и повысить эффективность деятельности СТО.

Следует подчеркнуть, что разработка и внедрение эффективных систем вентиляции и отопления на станциях технического обслуживания автомобилей играют ключевую роль в создании комфортных условий труда для персонала, повышении качества предоставляемых услуг и обеспечении безопасности клиентов [3].

Проведённый анализ требований к таким системам, изучение различных типов вентиляционных и отопительных установок, а также рассмотрение этапов их проектирования и монтажа позволяют сделать вывод о важности комплексного подхода к решению этой задачи.

Перспективы развития систем вентиляции и отопления связаны с внедрением интеллектуальных технологий управления, использованием возобновляемых источников энергии, улучшением систем фильтрации воздуха и применением современных материалов. Это позволит не только

повысить эффективность работы СТО, но и снизить воздействие на окружающую среду [4].

Таким образом, учитывая все аспекты разработки систем вентиляции и отопления, можно создать оптимальные условия для работы персонала и обеспечить высокое качество предоставляемых услуг на станциях технического обслуживания.

Список литературы

1. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. — Москва: Госстрой России, 2004. — С. 24-33, 55-62.
2. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (актуализированная редакция СНиП 41-01-2003). — Москва: Минстрой России, 2021. — С. 71-74, 90-92.
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха: справочник проектировщика / под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство «Стройиздат», 1992. — С. 222-226.
4. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. — М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. — С. 115-119.
5. Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. — М.: Евроклимат, 2001. — С. 54-57, 187-191.

УДК 621.3.049.7:004.896

Ахмедов А.А.

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет «МЭИ», Смоленск, Россия

Панель управления стендом для проверки поворотных потенциометров на износостойкость

Аннотация: Статья представляет панель управления для тестирования износостойкости поворотных потенциометров. Решение автоматизирует циклы вращения, контроль сопротивления, люфта и хода, объединяя TFT-дисплей, ПЛИС, элементы ввода (энкодеры, кнопки) и промышленные интерфейсы (RS485, Ethernet). Описаны алгоритмы настройки тестов, мониторинга и анализа данных. Ключевые преимущества: точность, масштабируемость, удаленное управление и визуализация результатов для интеграции в производственные линии.

Ключевые слова: поворотные потенциометры, износостойкость, панель управления, ПЛИС, автоматизированное тестирование, промышленные интерфейсы (RS485, Ethernet), контроль качества.

Akhmedov A.A.

Control panel for testing rotary potentiometers for wear resistance

Abstract: The article presents a control panel for testing the wear resistance of rotary potentiometers. The solution automates rotation cycles, resistance, backlash and travel control, combining TFT display, FPGA, input elements (encoders, buttons) and industrial interfaces (RS485, Ethernet). Algorithms for setting up tests, monitoring and analyzing data are described. Key benefits: accuracy, scalability, remote management and visualization of results for integration into production lines.

Key words: rotary potentiometers, wear resistance, control panel, FPGA, automated testing, industrial interfaces (RS485, Ethernet), quality control.

Поворотные потенциометры, или энкодеры, играют критически важную роль в промышленной автоматизации, робототехнике, медицинском оборудовании и потребительской электронике. Эти устройства преобразуют механическое вращение в электрические сигналы, позволяя точно измерять угловое положение, скорость и направление движения. Однако их надежность напрямую зависит от износостойкости, особенно в условиях интенсивной эксплуатации, например, в станках с ЧПУ [1] или сервоприводах. Актуальность разработки специализированных стендов для тестирования таких компонентов обусловлена необходимостью прогнозирования их срока службы и соответствия международным стандартам качества, таким как IEC 60068 (испытания на устойчивость к механическим нагрузкам).

Предлагаемая панель управления представляет собой многофункциональную систему, спроектированную для автоматизации циклов тестирования. Её ядро — программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) семейства Xilinx Zynq-7000, сочетающая высокую скорость

обработки данных (тактовые частоты до 1 ГГц [2]) с гибкостью программирования. ПЛИС управляет всеми процессами: от генерации сигналов для шагового двигателя до анализа данных с датчиков. Структурная схема предлагаемого устройства приведена на рисунке 1.

Интерфейсы связи выбраны с учетом требований промышленной среды:

- Ethernet (протокол Modbus TCP) обеспечивает скорость передачи данных до 1 Гбит/с, что критично для синхронизации нескольких стендов в сети.
- RS-485 с поддержкой протокола Profibus гарантирует устойчивость к электромагнитным помехам на расстояниях до 1200 метров.
- HDMI используется не только для вывода данных на TFT-дисплей с разрешением 1280x720, но и для подключения внешних мониторов в условиях цеха.

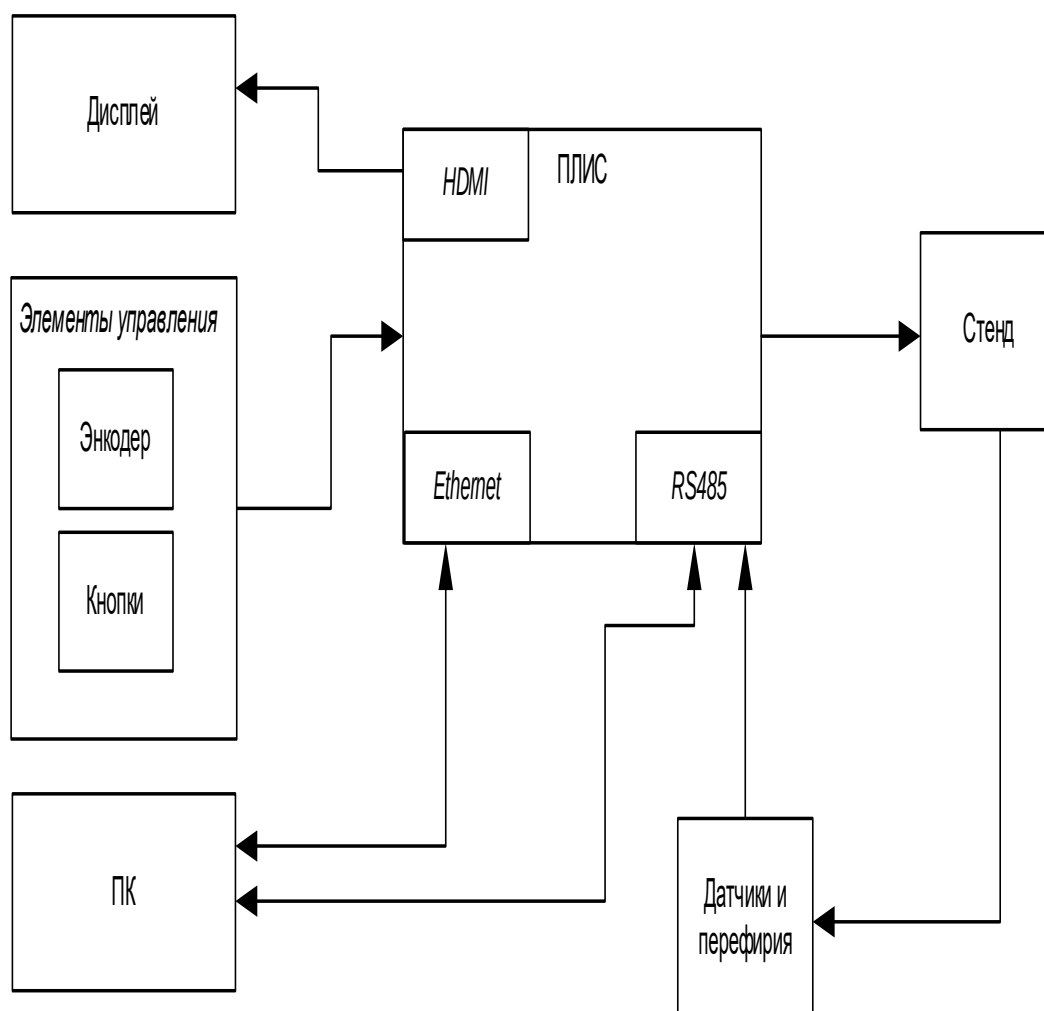


Рисунок 1. Структурная схема панели управления стендом для проверки поворотных потенциометров на износостойкость

Датчики стенда включают:

- Высокоточный тензометрический модуль для измерения

механического люфта (точность $\pm 0.01^\circ$).

- Цифровой мультиметр с частотой дискретизации 1 кГц для отслеживания сопротивления.

- Инкрементальный энкодер с оптическим сенсором, фиксирующий микроскопические отклонения в плавности хода.

Приведем подробное описание работы такого стенда.

Дисплей необходим для отображения параметров теста (количество циклов, скорость вращения, текущее сопротивление), графиков износа, ошибок. Предлагается использовать TFT-экран как один из наиболее распространенных, износостойких и позволяющих отобразить всю необходимую информацию. Данные о результатах тестирования выводятся с ПЛИС в реальном времени по интерфейсу HDMI[3].

Предполагается, что стенд может быть как элементом автоматизированного комплекса, управляемого удаленно с ПК, так и обладать возможностью использования без подключения к сети, поэтому он оснащен блоком управления, включающем в себя энкодеры для выбора пунктов меню и кнопки для подтверждения выбора, переходов на другие страницы настроечного меню и запуска/остановки тестирования. Сигналы с этих элементов управления обрабатывает непосредственно ПЛИС, она же отправляет измененные настройки и параметры режимов тестирования в стенд.

ПК – альтернативный метод управления стендом и визуализации информации. Необходим для обеспечения возможности работы со стендом удаленно. Также поддерживает настройку визуализации процесса и результатов тестирования, сохранения и постобработки информации, выдачи рекомендаций по методикам тестирования и последовательности проверок под различные задачи. Имеет 2 канала связи с ПЛИС. Основной – Ethernet, позволяет быстро передать большие объемы информации. Резервный – RS-485 необходим, если в процессе тестирования возникнет неисправность основного канала передачи или же подающее на стенд команды управления устройство будет лишено интерфейса Ethernet. В качестве резервного канала управления выбран RS485 так как он является общепромышленным стандартом, обладает высокой помехозащищенностью и наиболее распространен [4].

Программируемая логическая интегральная схема – основной управляющий элемент, она собирает команды управления (с пульта или же от ПК по активному каналу связи), обрабатывает их, формируя кодовые последовательности, передаваемые в стенд для задания параметров и настроек его работы. Также она принимает сигналы от датчиков, анализирующих работу поворотных потенциометров в стенде, обрабатывает их и передает на ПК и дисплей.

Предполагаемый алгоритм взаимодействия оператора с панелью управления приведен ниже.

Настройка теста: оператор задает параметры через дисплей при помощи элементов управления или через специализированную программу на ПК (число циклов, скорость вращения, пределы сопротивления).

Запуск тестирования: ПЛИС активирует шаговый двигатель, который вращает потенциометр, датчики фиксируют изменения сопротивления, угла поворота и люфта.

Мониторинг и анализ: ПЛИС анализирует износ: например, увеличение сопротивления или появление скачков, данные в реальном времени отображаются на дисплее, передаются на ПК.

Завершение теста: система формирует отчет с графиками и статистикой (количество циклов до отказа, деградация параметров). Данные передаются через RS485 или Ethernet на ПК или сервер для дальнейшего анализа.

К преимуществам разрабатываемой системы можно отнести высокую степень автоматизации (минимизация ручного вмешательства, высокая повторяемость тестов), точность (ПЛИС обеспечивает синхронизацию двигателя и датчиков с погрешностью до микросекунд), масштабируемость (Поддержка Ethernet и RS485 позволяет подключать несколько стендов в сеть тестируя одновременно несколько видов потенциометров), удобство визуализации (HDMI-дисплей выводит детальную информацию для инженера).

В отличие от традиционных стендов [5], где параметры часто фиксируются вручную, предложенная система обеспечивает:

- Снижение времени тестирования на 40% за счет параллельной обработки данных.
- Повышение точности за счет устранения человеческого фактора (погрешность измерений $\leq 0.5\%$).
- Модульность: Замена интерфейсов (например, добавление Wi-Fi) не требует изменения основной схемы.
- Панель управления может поддерживать интеграцию в Industry 4.0 за счет[6]:
 - OPC UA-сервера для обмена данными с SCADA-системами.
 - MQTT-брокера, передающего статистику на облачные платформы (AWS IoT, Microsoft Azure).
 - Локального хранилища на 128 ГБ для архивирования результатов тестов.

В будущем планируется адаптировать стенд для тестирования других типов датчиков (например, линейных потенциометров или энкодеров с абсолютным позиционированием). Также исследуется возможность использования цифровых двойников для прогнозирования износа на основе данных тестов, что сократит количество физических испытаний.

В статье рассмотрена панель управления стендом для проверки поворотных потенциометров на износостойкость. Приведена структурная схема, предлагаемая к разработке, подробно описан каждый ее элемент. Панель управления на базе ПЛИС обеспечивает высокоточное тестирование поворотных потенциометров, автоматизируя ключевые процессы. Использование промышленных интерфейсов (RS485, Ethernet) и поддержка HDMI делают систему универсальной для интеграции в современные производственные линии.

Список литературы

1. Хоровиц П. Искусство схемотехники 7-ое издание / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ.; под ред. Т.Г. Хохлова. – М.: Мир, 2009. – 704 с.
2. Ишков, А.С. Методика диагностики датчиков угла высоконадежных информационно измерительных и управляющих систем / А.С. Ишков, В.Д. Зуев // Контроль. Диагностика. – 2015. – № 8. – С. 53–57.
3. Стенд для проверки и регулировки углов развѐртки реостатных контроллеров и переключателей положений РКПП - 004 МК [Электронный ресурс], режим доступа: <http://instrument-micro.ru/index.php/produksiya/86-oborudovanie1/104-stend-dlya-proverki-i-regulirovki-uglov-razvjortki-reostatnykh-kontrollerov-i-pereklyuchatelej-polozhenij-rkpp-004-mk>, своб., дата обращения 02.03.2025.
4. Муханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: учебное пособие для вузов по напр. 200100- Приборостроение и спец. 200101- Приборостроение / Л.Г. Муханин. — СПб; М.; Краснодар: Лань, 2009. — 281с.
5. Ашихмин, А.С. Цифровая схемотехника. Шаг за шагом / А.С. Ашихмин. - М.: Диалог-МИФИ, 2016. - 304 с.
6. Максфилд, Клайв Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы. Курс молодого бойца / Клайв Максфилд. - М.: ДМК Пресс, Додэка XXI, 2015. - 408 с.

УДК 621.3.049.77:621.3.025.7

Ахмедов А.А.

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет «МЭИ», Смоленск, Россия

Концепция стенда для проверки поворотных потенциометров на износостойкость

Аннотация: Разработан автоматизированный стенд для тестирования износостойкости поворотных потенциометров. Система включает микроконтроллер, шаговые двигатели, измерительные модули и интерфейсы связи, обеспечивая многоканальное тестирование с точным контролем угла поворота, гибкой настройкой параметров и автоматизированной передачей данных для повышения эффективности контроля качества в серийном производстве.

Ключевые слова: поворотные потенциометры, износостойкость, стенд проверки, микроконтроллерное управление, шаговые двигатели, многоканальные измерения, автоматизация тестирования.

Akhmedov A.A.

The concept of a stand for testing rotary potentiometers for wear resistance

Abstract: The article is devoted to the development of an automated test bench for testing the wear resistance of rotary potentiometers. Proposed structure includes microcontroller, step motors, measuring modules and communication interfaces. Key features include multi-channel testing, precise angle control, flexible parameter tuning and automated data transfer. The solution improves the effectiveness of quality control in serial deliveries.

Key words: rotary potentiometers, wear resistance, test bench, microcontroller control, stepper motors, multichannel measurements, testing automation.

Износостойкость — ключевой параметр, определяющий срок службы материалов и компонентов в условиях эксплуатационных нагрузок. По данным исследований [1], до 70% отказов электронных устройств связаны с деградацией отдельных элементов, таких как резисторы, конденсаторы и потенциометры. В условиях роста требований к надёжности промышленного оборудования (станки с ЧПУ, медицинские приборы) и потребительской техники (умные дома, аудиосистемы) проблема контроля качества компонентов становится критически важной. Например, в авиационной электронике стандарты MIL-STD-810 требуют, чтобы потенциометры выдерживали не менее 100 000 циклов поворота без изменения характеристик. Однако, как показывают аудиты, до 30% компонентов на рынке имеют заявленные параметры, не соответствующие

реальным. Это делает разработку специализированных испытательных стендов не просто актуальной, но и экономически значимой задачей.

В области электроники готовое изделие, как правило, представляет собой электронную схему или совокупность схем. Износостойкость отдельных электронных компонентов (транзисторы, резисторы, конденсаторы) будет определять надёжность и функциональность работы всего устройства в целом. Следует учитывать, что на рынке электронных компонентов можно встретить множество некачественных изделий, износостойкость которых фактически отличается от указанной в эксплуатационной документации.

Одним из часто используемых регулирующих элементов в электронных устройствах является потенциометр, представляющий собой резистор с переменным сопротивлением [2]. Поворотные потенциометры можно встретить в аудиотехнике (микшерные пульта, FM-приемники), в радиоэлектронной аппаратуре для регулирования напряжения, тока, мощности, частоты и т.д. (блоки питания, генераторы сигналов, измерительные приборы), а также в различных бытовых электронных устройствах (диммеры регулирования освещения, терморегуляторы для отопительных приборов и т.п.).

Согласно исследованию Grand View Research, мировой рынок потенциометров к 2025 году достигнет \$2,1 млрд, при этом сегмент многооборотных моделей растёт на 8% ежегодно. Однако их ресурс напрямую зависит от качества токопроводящего слоя и механической конструкции. Например, углеродные потенциометры выдерживают 50–100 тыс. циклов, а прецизионные керамические (Bourns PTV09) — до 1 млн. Проверка соответствия заявленным параметрам требует воспроизводимых испытаний, которые существующие одноканальные стенды (например, Keysight N6705B) не могут обеспечить для партий из 6–10 образцов одновременно.

Учитывая широкую применимость поворотных потенциометров в электронных устройствах, для изготовителей устройств важно использование потенциометров, фактическая износостойкость которых не отличается от указанной в эксплуатационной документации. Иными словами, необходимо использование стенда проверки, предназначенного для автоматизации процессов проверки совокупности потенциометров из приобретённой партии на износостойкость. Актуальность исследования заключается в том, что существующие стенды проверки поворотных потенциометров не могут обеспечить автоматизированную проверку совокупности потенциометров (не менее 6-10). Цель статьи заключается в описании основных функциональных требований и предложении концепции стенда для проверки поворотных потенциометров на износостойкость.

Основные функциональные требования к стенду проверки

поворотных потенциометров на износостойкость следующие [3]:

1. Многократные повороты с программируемыми параметрами

Для имитации реальной эксплуатации стенд должен обеспечивать:

- Плавное вращение в диапазоне $0-300^{\circ}$ с точностью $\pm 0,1^{\circ}$.
- Скорость вращения $1-200$ об/мин (шаговый двигатель NEMA 23, момент $2,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$).

- Цикличность: до 1 млн циклов на образец.

Реализация:

Используется связка STM32F407 микроконтроллера (ядро Cortex-M4, 168 МГц) и драйверов DRV8825, генерирующих ШИМ-сигналы с разрешением 12 бит. Это позволяет регулировать скорость через коэффициент заполнения (duty cycle) и избежать перегрева обмоток за счёт микрошагового режима ($1/32$ шага). Для синхронизации нескольких каналов применён алгоритм Round-Robin, распределяющий ресурсы ЦПУ между драйверами.

2. Контроль угла и электрических параметров

Точность измерений обеспечивается:

- Оптическим энкодером AMT102V (разрешение 1000 импульсов/оборот) для отслеживания угла.

- Аналогово-цифровым преобразователем AD7124-8 (24 бита, 19.2 кГц) для измерения сопротивления.

- Эталонным генератором напряжений LT6657 ($\pm 0,02\%$ точности) и мультиплексором ADG1409, коммутирующим сигналы между каналами.

Алгоритм проверки:

Потенциометр подключается к делителю напряжения ($5 \text{ В} \rightarrow R1 \rightarrow \text{потенциометр} \rightarrow \text{GND}$). Сигнал с среднего вывода сравнивается с эталонным напряжением, соответствующим заданному углу (например, $90^{\circ} \rightarrow 1,25 \text{ В}$). Расхождение $>2\%$ фиксируется как дефект.

3. Гибкие режимы работы

Микроконтроллер поддерживает профили тестирования через веб-интерфейс (ESP32-C3 с Wi-Fi):

- Ступенчатый режим: Постепенное увеличение скорости до предельной с фиксацией момента отказа.

- Циклический режим: Чередование поворотов на 180° и 270° для имитации переменных нагрузок.

- Термоциклирование: Интеграция с климатической камерой ESPEC для испытаний при $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$.

4. Интеграция с внешними системами

Использование RS-485 с протоколом Modbus RTU обеспечивает:

- Подключение до 32 стендов в сеть (витая пара с экраном, 120 Ом).
- Скорость передачи 115200 бит/с с коррекцией ошибок CRC-16.
- Совместимость с SCADA-системами (Ignition, WinCC).

Функциональным требованиям отвечает стенд проверки, структурная схема которого приведена на рисунке 1.

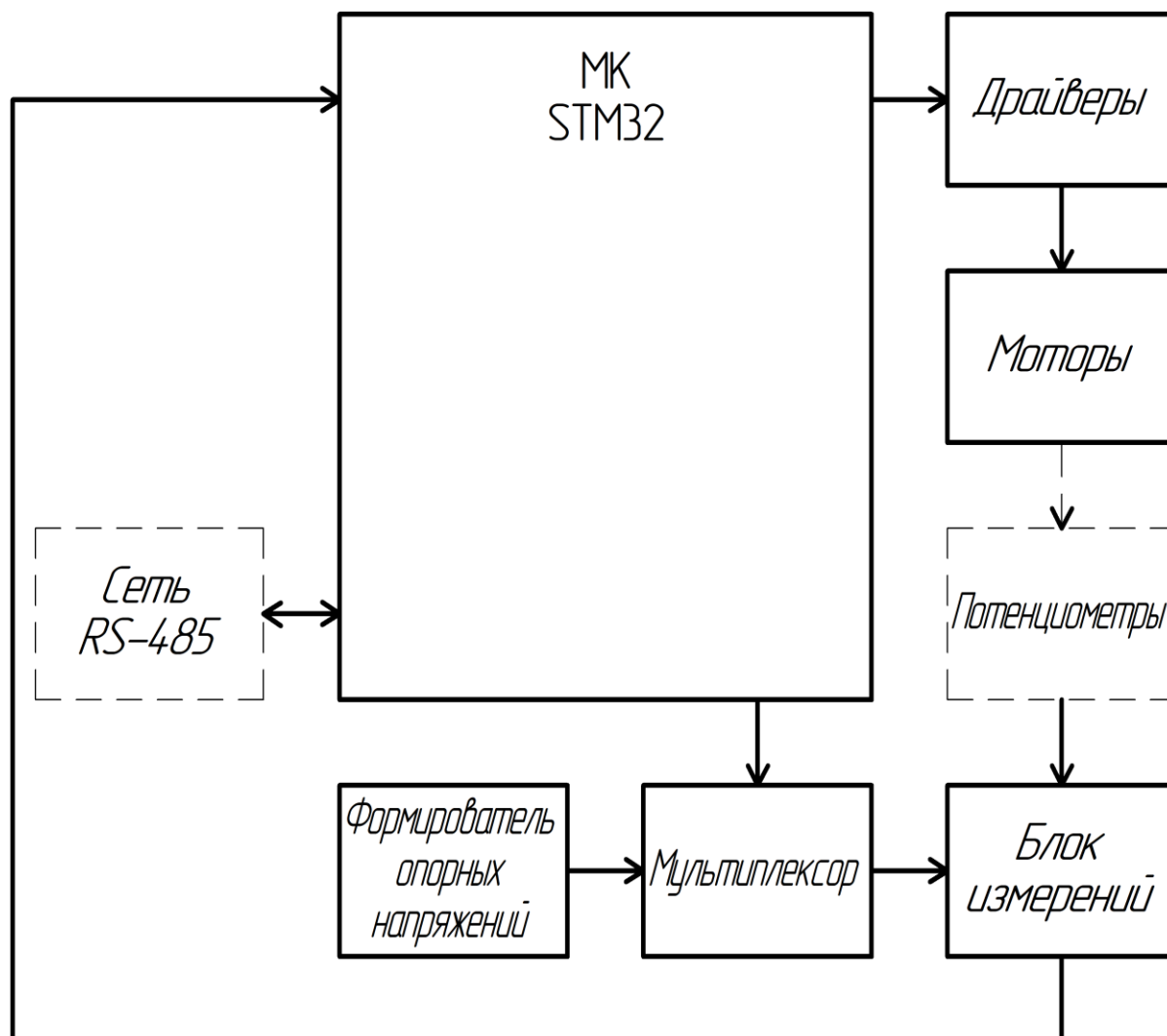


Рисунок 1. Структурная схема стенда для проверки потенциометров на износостойкость

Для выполнения функционального требования 1) необходимо использование моторов, например, шаговых, контроль направления и скорости вращения которых осуществляется ШИМ-сигналами. Для многоканальной генерации сигналов управления с импульсной модуляцией предлагается использование микроконтроллера (МК), среди прочих функций которого контроль поворотов и целостности потенциометра, а также информационный обмен с внешними устройствами управления. Непосредственное подключение моторов к МК невозможно из-за недостаточной нагрузочной способности его портов ввода-вывода, поэтому необходимо использование драйверов.

Функциональное требование 2) может быть выполнено с использованием аналогового сравнения сигналов на выходе

потенциометра с эталонным, по результатам которого цифровой системой будет определена целостность потенциометра (наличие сигнала) и угол поворота (определенному углу поворота соответствует определенный уровень выходного напряжения). Для обеспечения точности необходимо использование блока «Формирователя опорных напряжений». Схемы включения потенциометров (схемы защиты, компараторы напряжений для сравнения напряжений и передачи соответствующего сигнала в цифровую систему) представлены «Блоком измерений». Для переключения опорных напряжений в процессе измерения угловых отклонений поворотного потенциометра необходимо использование мультиплексора.

Функциональное требование 3) выполняется за счет использования микроконтроллера, которым может быть реализована совокупность различных режимов работы стенда проверки:

- 1) скорость (переключение коэффициента заполнения импульсов управляющего ШИМ-сигнала),
- 2) угол (проверка точности установки выходного напряжения в соответствии с отклонением угла потенциометра),
- 3) количество поворотов (конфигурация проверки в режиме одноповоротного или многоповоротного потенциометра).

Для выполнения функционального требования 4) необходимо обеспечить возможность информационного обмена по интерфейсу микропроцессорных взаимодействий RS-485, как одному из наиболее распространённых стандартов информационных сетей на экономических субъектах промышленной направленности.

Преимущества предложенного решения

- Многоканальность: Параллельное тестирование 10 потенциометров сокращает время проверки партии на 80% (с 50 до 10 часов для 100 тыс. циклов).
- Точность: Погрешность измерения угла $\leq 0,05\%$, сопротивления $\leq 0,1\%$.
- Масштабируемость: Добавление каналов требует лишь подключения новых драйверов и моторов.
- Совместимость: Поддержка Modbus и Wi-Fi позволяет встраивать стенд в цифровые экосистемы заводов (IIoT, MES).

Таким образом, предложена концепция стенда для проверки потенциометров на износостойкость. Отличительная особенность стенда заключается в возможности многоканальной проверки потенциометров, в результате чего автоматизируются процессы проверки совокупности потенциометров из приобретённой партии на износостойкость. Предложенный стенд решает проблему массового тестирования потенциометров, обеспечивая воспроизводимость и точность. В перспективе — интеграция ИИ для прогнозирования износа (LSTM-

нейросети) и добавление модуля проверки линейных потенциометров. Внедрение таких систем позволит снизить процент брака в электронной промышленности на 15–20%, что подтверждается пилотными проектами на заводах Siemens и Texas Instruments.

Список литературы

1. Куксенова, Л.И. Износостойкость конструкционных материалов: учебное пособие / Л.И. Куксенова, С.А. Герасимов, В.Г. Лаптева. — Москва: МГТУ им. Баумана, 2011. — 237 с.
2. Родичев, А.Ю. Проектирование мехатронных и робототехнических систем: учебное пособие / А.Ю. Родичев, Р.Н. Поляков, А.В. Горин. — Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023. — 271 с.
3. Потехин, Д.С. Разработка программно-аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем: учебное пособие / Д.С. Потехин, И.Е. Тарасов. — Москва: РТУ МИРЭА, 2022. — 131 с.
4. Муханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: учебное пособие для вузов по напр. 200100- Приборостроение и спец. 200101- Приборостроение / Л.Г. Муханин. — СПб; М.; Краснодар: Лань, 2009. — 281с.
5. Ашихмин, А.С. Цифровая схемотехника. Шаг за шагом / А.С. Ашихмин. - М.: Диалог-МИФИ, 2016. - 304 с.
6. Максфилд, Клайв Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы. Курс молодого бойца / Клайв Максфилд. - М.: ДМК Пресс, Додэка XXI, 2015. - 408 с.

УДК 004.415

Прощенков А.А.

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

Оптимизация запросов при применении методологии Data Vault для построения хранилищ данных в СУБД Postgresql и Greenplum

Аннотация: Статья исследует внедрение методологии Data Vault для хранилищ данных в PostgreSQL и Greenplum с фокусом на оптимизацию SQL-запросов. Описаны хабы, линки и сателлиты, реализующие SCD2 для сохранения историчности. Выделены три сценария оптимизации: получение актуального состояния с использованием атрибута актуальности, lateral join или таблиц point-in-time, с предпочтением атрибута актуальности при ограничении параллельных запросов и коррелированного подзапроса для "insert-only" в Greenplum; перенос логики сборки сущностей в Greenplum с настройкой оптимизатора (GPORCA) и оптимизацией lateral join через подзапросы с оконной функцией "row_number"; получение истории изменений с применением таблиц point-in-time или Unified timeline, с предпочтением первых благодаря оптимизации "Join Elimination". Тестирование показало улучшение производительности. Проанализированы характеристики работы СУБД. Работа полезна для разработчиков аналитических систем.

Ключевые слова: Хранилище данных, методология Data Vault, оптимизация производительности SQL запросов, PostgreSQL, Greenplum.

Proschenkov A.A.

Query optimization when using the Data Vault methodology for building data warehouses in Postgresql and Greenplum databases

Annotation: The article examines the implementation of the Data Vault methodology for data warehouses in PostgreSQL and Greenplum, focusing on SQL query optimization. It describes hubs, links, and satellites implementing SCD2 for historicity. Three optimization scenarios are highlighted: retrieving the current state using an actuality attribute, lateral join, or point-in-time tables, preferring the actuality attribute with parallel query limits and a correlated subquery for "insert-only" in Greenplum; transferring entity assembly logic to Greenplum with optimizer settings (GPORCA) and lateral join optimization via subqueries with the "row_number" window function; and retrieving change history using point-in-time tables or a Unified timeline, favoring the former due to "Join Elimination" optimization. Testing demonstrated performance improvements. The characteristics of database operations are analyzed. The work is valuable for analytical system developers.

Keywords: Data warehouse, Data Vault methodology, SQL query performance optimization, PostgreSQL, Greenplum.

Data Vault — это методология моделирования данных, разработанная для создания гибких, масштабируемых и устойчивых к

изменениям хранилищ данных. Она особенно полезна в условиях быстро меняющихся бизнес-требований и сложных источников данных. Основная цель Data Vault — обеспечить возможность интеграции данных из различных источников, сохраняя при этом их историчность и целостность.

Методология Data Vault включает три ключевые сущности:

1. Хабы (Hubs):

Хабы представляют собой уникальные бизнес-сущности, такие как клиенты, продукты или транзакции. Они содержат ключевые атрибуты, такие как уникальный идентификатор (например, surrogate key) и метаданные, включая временные метки создания и обновления. Хабы служат основой для связывания данных и обеспечивают уникальность сущностей.

2. Линки (Links):

Линки используются для моделирования отношений между хабами. Они позволяют установить связи между различными бизнес-сущностями, например, между клиентами и их заказами. Связи также содержат уникальные идентификаторы и временные метки, что позволяет отслеживать изменения в отношениях с течением времени.

3. Сателлиты (Satellites):

Сателлиты хранят атрибуты, связанные с хабами и линками. Они содержат детализированную информацию о бизнес-сущностях, такую как характеристики клиентов или детали заказов. Сателлиты позволяют сохранять исторические данные, что делает возможным анализ изменений во времени.

В контексте Data Vault концепция SCD2 (Slowly Changing Dimensions Type 2) находит свое отражение в использовании сателлитов. SCD2 позволяет отслеживать изменения в атрибутах бизнес-сущностей, сохраняя при этом полную историю изменений. Принцип работы: когда атрибуты в сателлите изменяются, вместо того чтобы перезаписывать существующую запись, создается новая запись с новым значением атрибута и обновленной временной меткой. Это позволяет сохранить старую запись, что обеспечивает возможность анализа данных на протяжении времени.

Методология Data Vault предлагает несколько ключевых преимуществ:

1. Гибкость: Data Vault позволяет легко добавлять новые источники данных и изменять структуру модели без значительных затрат времени и ресурсов.

2. Историчность: Хранение исторических данных в сателлитах, включая реализацию SCD2, позволяет анализировать изменения и тренды во времени.

3. Масштабируемость: Модель легко масштабируется по мере роста объема данных и увеличения сложности бизнес-процессов.

Несмотря на множество преимуществ, методология Data Vault имеет и свои недостатки:

1. **Сложность реализации:** построение модели Data Vault может быть сложным и требовать значительных усилий на этапе проектирования и разработки, особенно для команд, не знакомых с этой методологией.

2. **Увеличение объема данных:** из-за хранения исторических данных в сателлитах и создания новых записей при изменении атрибутов, объем данных может значительно увеличиваться, что может повлиять на производительность.

3. **Требования к ресурсам:** для эффективной работы с моделью Data Vault могут потребоваться более мощные серверы и системы хранения данных, что может увеличить затраты.

4. **Сложность анализа:** из-за разрозненности данных в хранилище (разделение на хабы, связи и спутники) анализ может быть более сложным и требовать дополнительных усилий для объединения данных.

Пример модели Data Vault представлен на рис. 1.

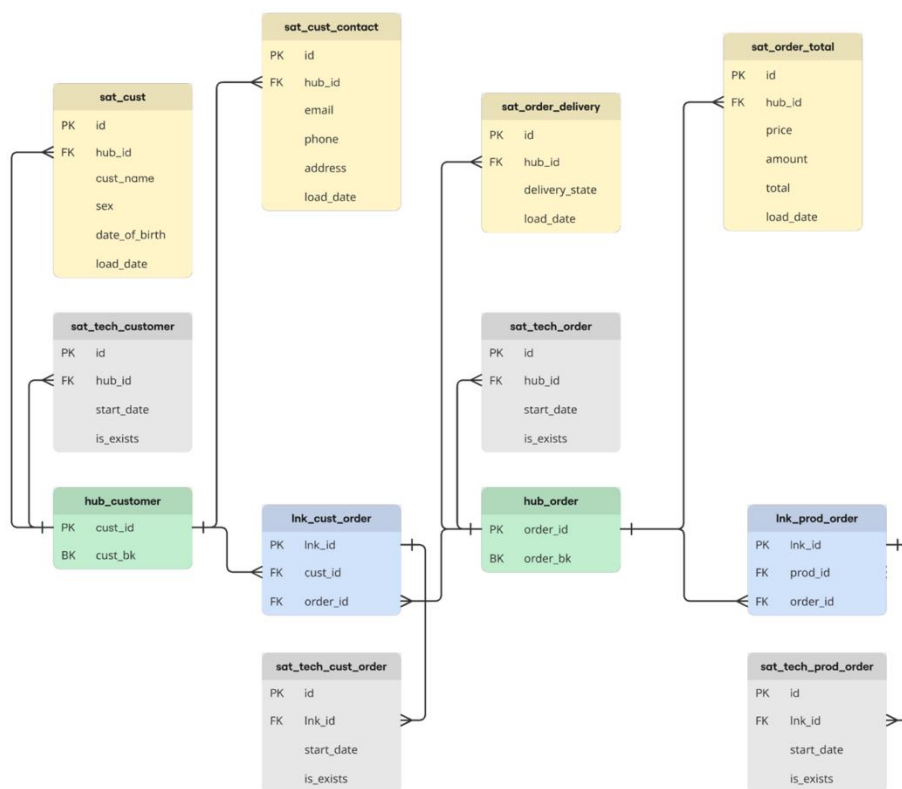


Рис. 1. Пример реализации модели Data Vault для двух справочников:
Покупатель и Заказ

При применении методологии во фреймворке BI.Qube в СУБД PostgreSQL и Greenplum были выявлены некоторые распространенные сценарии, оптимизация которых позволила значительно увеличить производительность.

Сценарий 1. Получение актуального состояния.

Типовым запросом к модели Data Vault является получение не удаленных бизнес ключей из хаба, последней версии в сателлитах типа SCD2 и суррогатных ключей связанных сущностей из линков.

Данную задачу можно решать 3 способами:

1. Использование атрибута-признака последней версии («is_actual»).
2. Применение lateral join с получение последней версии для каждого бизнес-ключа.
3. Использование таблицы point-in-time.

Для проверки производительности была выбрана СУБД PostgreSQL и модель данных, представленная на рис. 2.

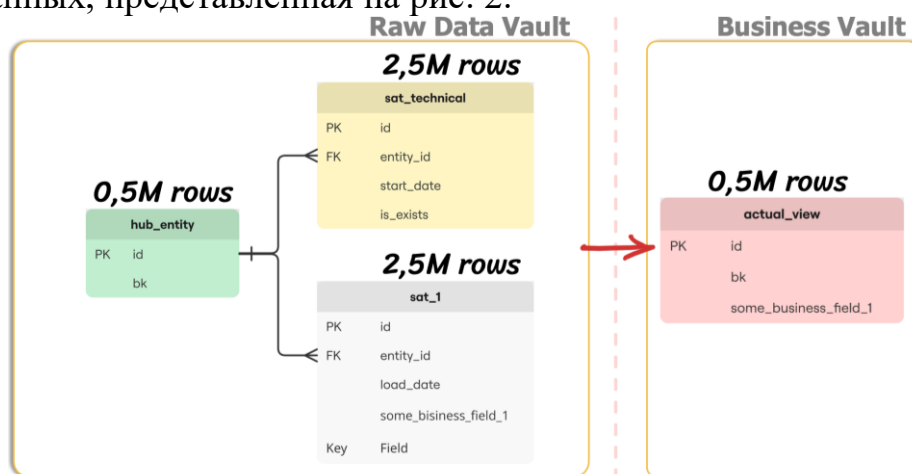


Рис. 2. Модель данных для тестирования

Выводы по результатам тестирования представлены на рис. 3.

Способ	Сложность генерируемой логики SQL (0-5)	Поддержка insert-only	Сложность поддержки доп. объектов	Время выполнения SQL	Режим выполнения	Нагрузка на CPU по длительности	Нагрузка на CPU по величине
1. Доп. атрибут, обновляемый при накате изменений	1	нет	2	1,2 сек	параллельный	короткая	высокая
2. Подзапрос с логикой определения последней записи для каждого идентификатора сущности	4	да	0	5,4 сек	последовательный	продолжительная	низкая
3. Использовать PIT-таблицу	2	Да	5	8,2 сек	последовательный	средняя	низкая

Рис. 3. Результаты тестирования производительности получения актуального состояния

Если поддержка «insert-only» не важен, то следует использовать признак актуальности, но с ограничением по количеству потоков на запрос в случае большого количества параллельных запросов.

В фреймворке BI.Qube использован подход с использованием коррелированного подзапроса без признака актуальности для поддержки «insert-only» в Greenplum и сокращения времени сборки сущностей.

Сценарий 2. Перенос логики сборки сущностей в СУБД Greenplum.

При переносе логики сборки сущностей в Greenplum необходимо применить следующие действия:

1. Явное задание настроек оптимизатора (рис. 4).

```
set optimizer = off;
set join_collapse_limit = 15;
set from_collapse_limit = 15;
```

Рис. 4. Явные настройки оптимизатора GPORCA и Postgres

Данные параметры необходимо применять при соединении более 15 таблиц, поскольку происходит оптимизация запроса, занимающая факториальное время от числа таблиц. В самом худшем случае запрос не будет оптимизирован и отменен по таймауту.

2. Оптимизация lateral join через переписывание на подзапрос с отсечением дублей с использованием оконной функции «row_number», см. рис. 5.

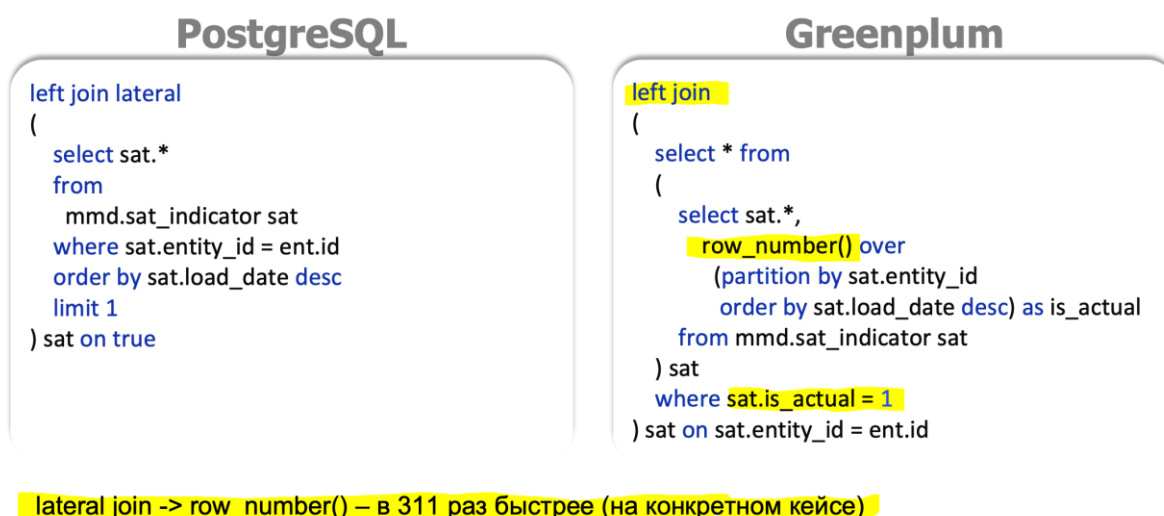


Рис. 5. Оптимизация lateral join

Сценарий 3. Подходы к реализации получения истории изменений.

Задача заключается в получении полной истории по всем атрибутам в формате SCD2. Тестирование производительности происходило на модели из сценария 1.

Задачу можно решать двумя способами:

1. Использование «point-in-time» таблицы.
2. Построение «Unified timeline» (отрезков времени, когда что-то менялось) и соединение с метками времени в сателлитах и линках.

Результат тестирования производительности представлен на рис. 5.

Способ	Сложность генерируемой логики SQL (0-5)	Поддержка insert-only	Время выполнения SQL	Режим выполнения	Нагрузка на CPU по длительности	Нагрузка на CPU по величине
Использовать PIT-таблицу	2	да	4,2 сек	параллельный	короткая	высокая
Сложная логика с подзапросами и определением т.н. Unified Timeline	4	да	41,6 сек	последовательный	продолжительная	низкая

Рис. 6. Тестирование производительности подходов к построению истории

Выводы по результатам тестирования:

1. Для использования историчных представлений применение «point-in-time» таблиц предпочтительно, однако необходимо поддерживать эту таблицу.

2. При использовании модели без дополнительных материализаций применение также необходимо применять «point-in-time» таблицы, так как работает применение SQL оптимизация «Join Ellimination», позволяющее многократно ускорить выборку данных.

Список литературы

1. Талия Д.,Трунфио П. Большие данные. Современные фреймворки и разработка приложений / Д. Талия, П. Трунфио, Ф. Мароццо, Л. Белькастро, Р. Кантини, А. Орсино - М: ДМКПресс, 2025. - 272 с.
2. Современные подходы и методы построения аналитических информационных систем / [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bis.ru/pr/pub_detail.php?ID=2981.
3. Фреймворк BI.Qube 2.0 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://biqube.ru/products/framework-biqube/>
4. Inmon W.H. Building the Data Warehouse. 5th Edition. - Wiley, 2020. - 576 p.
5. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse ETL Toolkit. - Wiley, 2013. - 600 p.

УДК 004.415

Проценков А.А.

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

Организация построения хранилищ данных с использованием фреймворка BI.QUBE

Аннотация: Статья посвящена проектированию программного комплекса управления хранилищем данных с использованием фреймворка BI.QUBE, обеспечивающего автоматизацию и оптимизацию обработки данных. Рассматривается концепция хранилища данных как базы для бизнес-анализа, описаны слои хранения (Staging, Core, Presentation) и их задачи, включая загрузку, моделирование и визуализацию данных. Выделены функциональные компоненты (Staging, Model, Mart, Control) и представлена архитектура хранилища. Обсуждается применение BI.QUBE 2.0 для автоматизации ETL-процессов и управления качеством данных, а также комбинирование методологий (Data Vault, размерное моделирование). Упор сделан на преимущества автоматизации и перспективы интеграции с облачными технологиями (Snowflake, Google BigQuery). Работа полезна для разработчиков аналитических систем.

Ключевые слова: Хранилище данных, слои хранения данных, сырые данные, Raw, ODS, DDS, витрины данных, Data Vault, BI-системы, архитектура хранилищ данных.

Proschenkov A.A.

Organizing the construction of data warehouses using the BI.QUBE framework

Annotation: The article focuses on designing a data warehouse management software complex using the BI.QUBE framework, which automates and optimizes data processing. It explores the data warehouse concept for business analysis, detailing storage layers (Staging, Core, Presentation) and their tasks, including data loading, modeling, and visualization. Key functional components (Staging, Model, Mart, Control) and the warehouse architecture are outlined. The use of BI.QUBE 2.0 for automating ETL processes and data quality management, along with combining methodologies (Data Vault, dimensional modeling), is discussed. The benefits of automation and potential integration with cloud technologies (Snowflake, Google BigQuery) are highlighted. The work is valuable for analytical system developers.

Keywords: Data warehouse, data storage layers, raw data, Raw, ODS, DDS, data marts, Data Vault, BI systems, data warehouse architecture.

Хранилище данных (англ. Data Warehouse) – предметно-ориентированная информационная база данных, специально разработанная и предназначенная для подготовки отчётов и бизнес-анализа с целью поддержки принятия решений в организации. Строится на базе систем управления базами данных и систем поддержки принятия решений. Данные,

поступающие в хранилище данных, как правило, доступны только для чтения [1].

В общем случае хранилище данных представляет из себя базу(ы) данных, в которой определенным образом организовано хранение данных (чаще всего применяется послойное хранение).

Можно выделить следующие слои хранения данных:

1. Staging – слой сырых данных, обычно представляется двумя подслоями:

a. **Raw** – область хранения сырых данных различных форматов (csv, xml, xlsx, json и т.д.). Этот подслой предназначен для первичного накопления данных, поступающих из различных источников, без их предварительной обработки. Данные на этом этапе сохраняют свою исходную структуру и формат, что позволяет минимизировать риск потери информации на этапе загрузки.

b. **ODS (Operational Data Store)** – область хранения данных в едином формате (чаще всего sql-таблицы базы данных). Здесь могут производиться предварительные преобразования, а также оценка качества данных. На этом этапе данные приводятся к единому формату, что упрощает их дальнейшую обработку. Также на уровне ODS может выполняться базовая очистка данных, например, устранение явных дубликатов или исправление некорректных значений, а также проверка целостности данных перед их передачей на следующий слой.

2. Core – слой долгосрочного хранения данных, представляется обычно одним подслоем:

a. **DDS (Detailed Data Store)** – здесь создается модель данных, выполняются необходимые трансформации данных, очистка, интеграция с мастер-данными, обеспечивается отслеживание изменений данных (SCD2). На этом слое данные структурируются в соответствии с выбранной методологией моделирования, например, Data Vault или 3NF. SCD2 (Slowly Changing Dimension Type 2) позволяет сохранять историчность изменений, что особенно важно для анализа трендов и долгосрочного хранения данных. Этот слой также обеспечивает интеграцию данных из различных источников, обогащая их справочной информацией (мастер-данными), что повышает их ценность для аналитики.

3. Presentation – слой представления данных в виде, удобном пользователю, представлен обычно двумя подслоями:

a. **DataMart** – данные подготовлены для использования и оптимизированы под чтение BI-системами. На этом этапе данные денормализуются (например, с использованием размерного моделирования по Кимбаллу), чтобы обеспечить высокую производительность аналитических запросов. DataMart часто создаются для конкретных бизнес-подразделений, таких как продажи, маркетинг или финансы, и содержат агрегированные данные, готовые для визуализации.

b. Report – данные представлены в виде отчетов и/или дашбордов. Этот подслой ориентирован на конечного пользователя, предоставляя готовые аналитические отчеты, интерактивные дашборды и визуализации, которые могут быть использованы для принятия решений. Примером могут служить дашборды в BI-системах, таких как Power BI или Tableau, где данные представлены в виде графиков, таблиц и диаграмм.

Чаще всего, разработка хранилища включает в себя использование и комбинирование различных подходов к созданию слоёв. В зависимости от уникальных бизнес-требований проекта можно применять различные техники моделирования (например, использовать Data Vault на слое DDS, а на Data Mart – размерное моделирование). Такой гибридный подход позволяет балансировать между производительностью, гибкостью и сложностью системы. Например, Data Vault на слое DDS обеспечивает высокую масштабируемость и устойчивость к изменениям, тогда как размерное моделирование на DataMart упрощает доступ к данным для BI-инструментов.

Сравнительная характеристика подслоев данных приведена на рис. 1.

Подслой	Raw	ODS	DDS	Data Mart	Report
Описание	Зона загрузки сырых данных различных форматов (tsv, csv, xml, json и т.д.) из внешних источников	Данные приведены в единый формат (стандартизованы) и загружены в первый слой хранилища	Создается модель данных	Создается модель данных	Готовый отчет / визуализация
	As-Is Действует CDC (Change Data Capture)	Загрузка данных NRT	Трансформация данных	Готовый "дата-продукт" для бизнеса	Данные агрегированы и объединены в один дата сет для целостного представления
		Начальная очистка данных и применение DQ	Добавление мета-данных	Применена бизнес-логика в трансформации данных	
			Финальная очистка данных	Данные семантически сгруппированы	
			Поддержка историчности (SCD2)	Действует BI self-service	
			Интеграция с мастер-данными	Оптимизация под чтение	
			Оптимизация под запись		
Владельцы / пользователи	Data Engineers	Data Engineers, Data Scientists	Operational Analysts, Data Scientists	BI Analysts, Managers, Data Scientists	Executives, Top Management
Модель данных	As-Is	As-Is / Raw Data Vault	Data Vault / Business Data Vault / 3NF	Dimensional Modelling (Kimball's approach)	One big table

Рис. 7. Сравнительная характеристика слоев данных.

Работу с перечисленными подслоями можно автоматизировать. Предлагается выделить следующих компонентов:

1. Staging – загрузка данных из различных систем-источников и первичная очистка, дедубликация. Этот компонент отвечает за интеграцию данных из разнородных источников, таких как ERP-системы, CRM, внешние API или файлы. Первичная очистка включает устранение дубликатов, обработку пропущенных значений и приведение данных к единому формату. Автоматизация этого процесса позволяет минимизировать ручной труд и снизить вероятность ошибок на этапе загрузки данных.

2. Model – формирование модели данных, объединяющей справочную и фактическую информацию. Здесь происходит финальная очистка данных, сохранение историчности и обогащение мастер-данными. Компонент Model играет ключевую роль в создании устойчивой модели данных, которая будет использоваться для долгосрочного хранения. Например, здесь может применяться методология Data Vault, которая разделяет данные на хабы (уникальные бизнес-ключи), связи (отношения между хабами) и сателлиты (атрибуты и исторические данные). Это обеспечивает гибкость и поддержку изменений в бизнес-требованиях.

3. Mart – формирование модели данных, оптимальной для чтения системой визуализации, расчет агрегатов. Компонент Mart создает витрины данных, которые оптимизированы для аналитических запросов. Здесь могут использоваться схемы "звезда" или "снежинка", которые упрощают выполнение сложных запросов BI-системами. Также на этом этапе выполняется расчет агрегатов, таких как суммы, средние значения или другие метрики, которые часто используются в отчетах.

4. Control – контроль качества данных, сравнение источника-назначения, формирование Data Lineage. Этот компонент обеспечивает мониторинг качества данных на всех этапах их обработки. Сравнение источника и назначения позволяет выявить расхождения, а Data Lineage (происхождение данных) помогает отслеживать путь данных от источника до конечного отчета, что критически важно для аудита и обеспечения прозрачности процессов.

Использование фреймворка BI.Qube позволяет эффективно автоматизировать взаимодействие между этими компонентами, предоставляя унифицированный подход к управлению хранилищем данных. BI.Qube 2.0, разработанный для поддержки современных требований к аналитическим системам, включает в себя инструменты для автоматизации ETL-процессов (Extract, Transform, Load), управления метаданными и мониторинга качества данных. Фреймворк поддерживает интеграцию с различными источниками данных, включая реляционные базы данных, облачные платформы и неструктурированные данные, что делает его универсальным решением для построения хранилищ данных. Кроме того, BI.Qube предоставляет готовые шаблоны для реализации

слоев данных, что ускоряет процесс разработки и снижает вероятность ошибок.

На рис. 2 представлена архитектура корпоративного хранилища данных с учетом выделенных компонентов [2].

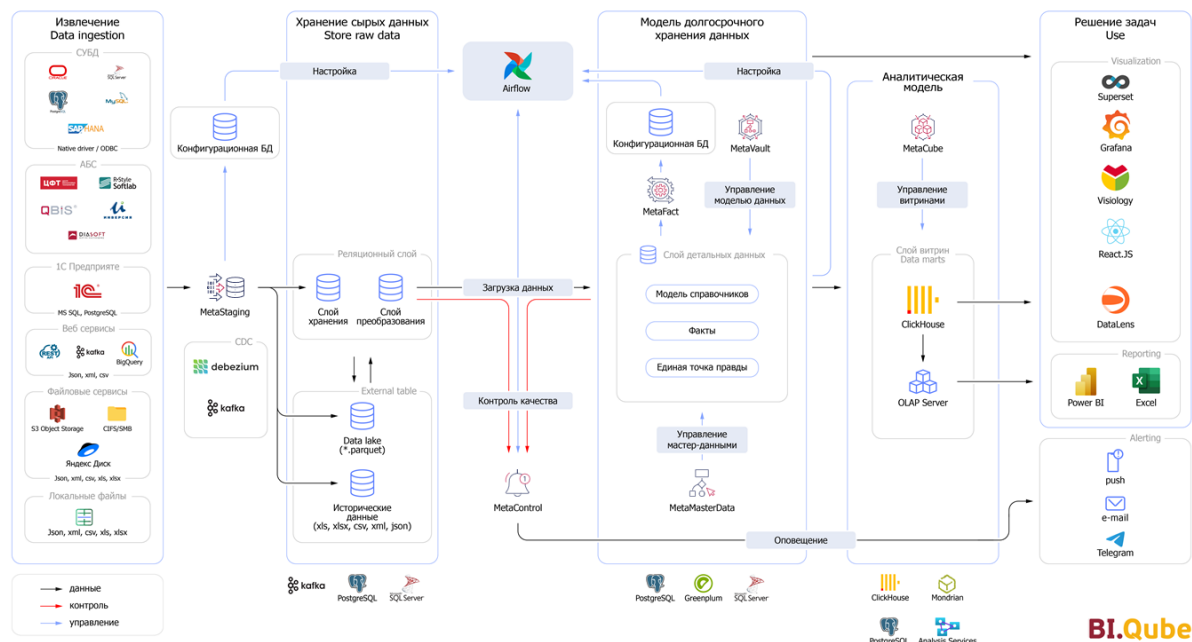


Рис. 8. Архитектура хранилища данных с учетом выделенных компонентов.

Выделенные компоненты позволят решать основные задачи в построении хранилища данных. В условиях отсутствия доступных прямых аналогов его разработка является весьма актуальной. Автоматизация процессов с использованием BI.Qube не только сокращает время на разработку, но и повышает надежность и производительность системы. Это особенно важно в условиях роста объемов данных и усложнения бизнес-требований, где ручное управление становится неэффективным.

Список литературы

1. Талия Д.,Трунфио П. Большие данные. Современные фреймворки и разработка приложений / Д. Талия, П. Трунфио, Ф. Мароццо, Л. Белькастро, Р. Кантини, А. Орсино - М: ДМКПресс, 2025. - 272 с.
2. Современные подходы и методы построения аналитических информационных систем / [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bis.ru/pr/pub_detail.php?ID=2981.
3. Фреймворк BI.Qube 2.0 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://biqube.ru/products/framework-biqube/>
4. Inmon W.H. Building the Data Warehouse. 5th Edition. - Wiley, 2020. - 576 p.
5. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse ETL Toolkit. - Wiley, 2013. - 600 p

Оглавление

Быканова У.Ф., Фернандес Ф.В.Л., Гутьеррес Б.Э.Х., Сметанин И.А., Сметанин Е.А. Математическая модель прогнозирования невозмущенного орбитального движения космического аппарата.....	3
Валиахметов А.А. Подход Test as Code: опыт применения и оценка эффективности тестирования.....	12
Хить Я.В., Тютюник Н.П., Сергачёв В.Д. Нейронная сеть скрытой диффузии неоднородных облаков точек.....	17
Обухова А.Р., Науменко М.С. Язык программирования Python в разработке видеоигр.....	26
Якушев А.И. Механизмы раскрытия рулей.....	32
Караник Е.К. Повышение эффективности использования календарного плана при возведении высотных зданий.....	38
Марченков О.Л. Сфероидизация индуктивно-связанной плазмой.....	44
Зорочкин О.А. Факторы надёжности сталежелезобетонных пролётных строений.....	50
Греков М.А. Дообучение модели CLIP для автоматической генерации описаний изображений.....	62
Волков А.С. Моделирование влажности почвы с помощью программного продукта HYDRUS-1D.....	69
Харса А.В., Калкили М.Р. Функциональная реализация внедрения технологий с применением искусственного интеллекта в кинопроизводстве.....	74
Кучин Е.А. Сравнительный анализ производительности СУБД PostgreSQL, MongoDB и Cassandra с использованием бенчмарка YCSB.....	81
Сагтдинов А.Э. Оптимизация режима работы низкодебитных скважин на установках комплексной подготовки газа в бескомпрессорный период падающей добычи.....	87
Лыткин А.С., Тюханов К.А. Исследование вопросов повышения экономичности судовых дизелей.....	92
Клюканов А.В., Штатнов И.А. Исследование метрик тестирования на различных уровнях обеспечения качества ПО.....	96
Нестеров И.А., Зашихин А.Д. Использование искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов.....	104
Борисенков М.С. Системный анализ эффективности функционирования высоконагруженной корпоративной информационной системы.....	112
Евсеев А.В., Гибадуллин Д.Р. Влияние температуры на электрические характеристики маломощной кремниевой фотоэлектрической панели при естественной инсоляции.....	120
Ващенко Я.А., Лоренц А.С. Исследование воздействия порошковой самозащитной проволоки полуавтоматической сваркой металлов.....	127
Шарадышев К.Ю., Локтев Д.А., Пащенко П.П. Эволюция пользовательских интерфейсов: от физических элементов к мультимодальным системам и влияние на когнитивное восприятие.....	131
Макаров С. М. Прогнозирование уровня отклонений в производственном процессе с помощью регрессии на основе градиентного бустинга.....	137
Каюков А.И., Галушка И.А., Коваленко Т.А. Проектирование адаптивных пользовательских интерфейсов.....	145

Малиновская С.С., Соколов О.А. Технологические тренды в автоматизации досмотра пассажиров: от сканеров до AI.....	152
Фастовщук К.И. Практика оценки пользовательского опыта в iGaming-индустрии	158
Семенов А.М., Кунаков А.Р. Проблема интеграции умных устройств в зависимости от экосистемы умного дома: анализ, оценка и решение на базе Home Assistant	164
Мухтарбеков А.Х. Выбор программных средств для реализации подсистемы информационной поддержки формирования алгоритмов нагрузочного тестирования веб-приложений.....	170
Смирнов А.М. Фундаментальные концепции информации в элементарных системах: переосмысление основ.....	176
Кочарян Ю.Г., Ковалев А.В. Проблема водоотведения с автомобильных дорог в России: анализ, решения, перспективы.....	183
Копылова Я.А. Исследование методов оптимизации использования механизма внимания в архитектуре нейронных сетей.....	191
Резцов С.М. Сравнительный анализ языковых моделей в обработке неструктурированных данных на примере Deepseek и Gigachat	200
Сербин В.В., Дандыль Е.А., Агашерипов Р.Р., Шурин М.Н. Проектирование зданий и сооружений в условиях структурно неустойчивых грунтов города Ставрополя.....	205
Фазлыев А.И., Саитова Р.Р., Серебряков Н.А., Кантемиров Д.Р. Анализ применения долот линейки axeblade с гребнеобразной пластиной.....	211
Умерова Р.М., Шмелева А.М., Лысенко С.Е. Физико-химические показатели питьевого молока, реализуемого в торговой сети города Симферополь...218	
Кочарян Ю.Г., Капитонова М.С. Английский язык как глобальный язык программирования	223
Прошин А.В., Плотников С.Б. Автоматическая генерация ETL-цепочек на основе SQL-запросов из BI-Платформы Apache Superset	229
Тайгара Р.М. IoT и автономные строительные площадки: будущее без человеческого фактора?.....	235
Зеваршоев А.К. Технологические инновации и устойчивое развитие в современном строительном инжиниринге	243
Маслова Д.А. Трансформируемые пространства в современных образовательных центрах	256
Морозов Д.В. Встроенный планировщик задач языка GO: архитектура, механизмы и эволюция	262
Морозов Д.В. Асинхронность vs параллелизм: сравнительный анализ node.js и go	271
Кряжева А.В. Влияние геосинтетических материалов на снижение деформаций в насыпях на слабых грунтах.....	281
Гнедая И.А., Тишова Д.С. Способы реализации концепции «Алмаз» в общественных интересах и анализ аналогов	287
Решетникова Д.Р. Методика оценки эффективности цифровых решений и ее применение для создания интегрированных платформ	294
Горбунов В.В. Применение пространственных кривых и методов машинного обучения для оптимизации обработки мультимедийных данных	299
Бычкова Я.А. Разработка системы аспектно-ориентированного анализа тональности отзывов клиентов банка на основе глубоких нейросетевых моделей.....	305

Гоголев А.М. Разработка системы обработки жалоб клиентов банковских услуг с использованием нейронных сетей.....	310
Сираев Н.М., Новикова С.В. Обзор решений для задачи восстановления пунктуации и капитализации в системе автоматического распознавания речи.....	315
Лавренова З.И., Корсакова К.А. Производство консервов функционального назначения из мяса диких животных со специями.....	321
Паринская А.Н. Исследование физических процессов, протекающих при приготовлении образцов по кроссинг-технологии.....	333
Кузнецов В.А., Кудряшов А.А. Оценка эффективности трансформер-архитектур и классических моделей в краткосрочном прогнозировании цены биткоина	339
Артюхин А.А., Евсеев А.В., Коваленко Т.А. Постквантовая криптография 2025 года: стандарты Fips 203–205 и алгоритм HQC в контексте ресурсно ограниченных систем.....	343
Мажей Я.В. Проблема flaky-тестов в автоматизированном тестировании и методы их устранения.....	348
Пичуева А.С. Методы обследования зданий и сооружений	355
Меньшиков М.А. Прогнозирование долговечности железобетонных каркасов с помощью методов искусственного интеллекта	361
Иващенко А.И., Коваль А.А. Автоматизация моделирования разработки нефтегазовых месторождений: шаг к оптимизации и эффективности	372
Корнилаева А.А., Воробьев А. В. Система оперативного оповещения об экстремальных геофизических событиях на основе импортозамещающих технологиях	377
Мамыкин А.Е., Воробьев А.В. Система оперативного оповещения о полярных сияниях	384
Нгуен Динь Минь Ань О применении графов для анализа РНК-связывающих белков в разных видах рака	390
Нгуен Динь Минь Ань Обзор программных инструментов для разработки и визуализации графов.....	399
Меньшиков М.А. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в жизненном цикле строительных проектов: подробный обзор	407
Кочарян Ю.Г., Васин А.Ю. Разработка систем вентиляции и отопления станции технического обслуживания автомобилей.....	414
Ахмедов А.А. Панель управления стендом для проверки поворотных потенциометров на износостойкость	422
Ахмедов А.А. Концепция стенда для проверки поворотных потенциометров на износостойкость.....	427
Прощенков А.А. Оптимизация запросов при применении методологии Data Vault для построения хранилищ данных в СУБД Postgresql и Greenplum	433
Прощенков А.А. Организация построения хранилищ данных с использованием фреймворка BI.QUBE	439