

Министерство науки и высшего образования РФ

**Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова**

ООО «Промавтоматика»

ООО «НИИ Кибернетики Сибири»

Центр информационной безопасности

**Кафедра информатики, вычислительной техники
и информационной безопасности**

**ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы Всероссийской молодежной
научно-практической конференции
20 ноября 2024 г., г. Барнаул**

ISBN 978-5-7568-1511-5



**АлтГТУ
Барнаул • 2024**

Об издании: 1, 2

© Алтайский государственный
технический университет
им. И. И. Ползунова, 2024

УДК 658.512:004

Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем: материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции (20 ноября 2024., г. Барнаул) / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова ; под ред. А. Г. Якунина. – Барнаул : АлтГТУ, 2024. – 160с. – URL : https://journal.altstu.ru/konf_2024/2024_1/137/. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7568-1511-5

Ответственный редактор – Якунин А. Г., д. т. н., профессор.

В сборнике публикуются материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем» (ПТОАС-2024) (доклады и/или их тезисы), проходившей в г. Барнауле в Алтайском государственном техническом университете 20 ноября 2024 года. В материалах рассмотрены вопросы проектирования, разработки и эксплуатации программно-аппаратных компонентов информационно-измерительных и управляющих систем, подходы к моделированию процессов обработки информации, пути совершенствования программно-технического обеспечения автоматизированных систем, включая технологии и методы защиты информации.

Рецензенты: **Седалищев В. Н.**, д.т.н., профессор АлтГУ.

Тырышкин С.Ю., к.т.н., доцент, директор ООО «НИИ Кибернетики Сибири».

Научные статьи, составившие настоящий сборник, публикуются в авторской редакции.

Сборник научных статей

Минимальные системные требования:

Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т.п.
скорость подключения - не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т.п.

Дата подписания к использованию 28.12.2024. Объем издания – 4,7 Мб. Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, <https://www.altstu.ru>.

ISBN 978-5-7568-1511-5

Вперед (содержание)

© Алтайский государственный
технический университет
им. И. И. Ползунова, 2024

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО- ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.8

ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ – ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ

С.С. ЗЕМСКАЯ, А.Ю. АДРЕЕВА

В последнее время в обществе стали очень популярны нейронные сети. В 2019 году боты от OpenAIFive сыграли в турнире по Dota 2 – сложной многопользовательской игре с множеством различных персонажей, механик и стратегий игры. При столь великом количестве параметров для оптимизации, боты стали одерживать победу в 99% матчей против официальных игроков лиги. В основе данного достижения лежит глубокое обучение с подкреплением (Reinforcement Learning – RL) [1]. Идея искусственного агента, обучающегося самостоятельно методом проб и ошибок, когда-то поражала умы людей. Сейчас RL является одной наиболее важных, востребованных и необходимых технологий в современном обществе. Данный метод обучения используется во многих сферах жизни – беспилотные автомобили, боты для игр, рекомендательные системы и т.д. Развитие технологий глубокого обучения с подкреплением открывает новые горизонты в автоматизации процессов и повышении эффективности различных систем. Несмотря на достигнутые успехи, многие исследователи продолжают активно работать над улучшением алгоритмов и их применением в более сложных и динамичных средах. В будущем можно ожидать, что RL будет использоваться для решения все более сложных задач, включая медицинскую диагностику, финансовое прогнозирование и оптимизацию логистических цепочек.

Целью работы является обзор широко используемых алгоритмов машинного обучения с подкреплением и исследование возможностей их применения в различных областях науки и производства.

Машинное обучение (ML) – это, как часть искусственного интеллекта (ИИ), набор всех задач, в которых компьютер может принимать решение на основе данных. Алгоритм Reinforce был предложен Роналдом Дж. Вильямсом в 1992 году. Данный алгоритм строил параметризованную стратегию, которая получает вероятности выполнения действий на основе данных окружающей среды. Агент (объект, кото-

рого обучается принимать правильные решения) непосредственно использует эту стратегию для выполнения действий в этой среде [2].

Марковский процесс принятия решений (MDP) используется как процесс принятия решений в стохастической среде (объекты или физика данной среды неизменны, и правила не меняются). Цель MDP заключается в предоставлении отображения оптимальных действий для каждого состояния среды. MDP основан на марковском свойстве, которое не учитывает прошлую информацию, а имеет значение только настоящее (предсказание следующего состояния полностью не зависит от прошлых состояний). Агент в настройке RL пытается смоделировать поведение человека. Цель агента RL – поиск оптимальной политики (она указывает агенту, какое действие выбрать в зависимости от текущего состояния, т.е. отображение набора состояний в соответствующий набор действий) для данного набора состояний, чтобы максимизировать долгосрочное вознаграждение. Общий сценарий рабочей структуры RL показан на рис.1. RL является наиболее целевой отраслью ML, также включала отложенные вознаграждения в очень сложную систему с отложенным ответом, что вызывает проблему – трудно определить, какое действие было полезным в течение большого количества временных интервалов.

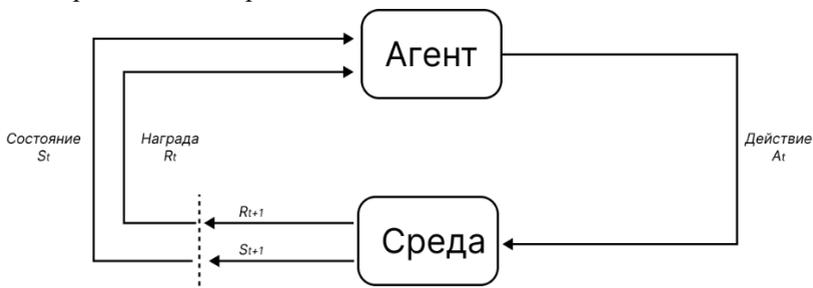


Рисунок 1– Общая схема взаимодействия компонентов при обучении с подкреплением

Самая простая задача для работы с RL: задача адаптивного управления в стационарной среде, или о многоруком бандите (Multi-armed bandit–MAB) [3]. В MAB каждое действие, доступное агенту, имеет некоторое вознаграждение, основанное на распределении вероятностей. Агент RL также старается получить максимально возможное вознаграждение за множество эпизодов. Хрупкий баланс между эксплуатацией и исследованием является одной из основных проблем в RL, которая не проявляется в других ML. В режиме эксплуатации агент предпринимает наилучшие действия на основе уже известных знаний,

в то время как в процессе разведки агент может предпринять стохастические действия, чтобы увеличить объем своей информации и получить большее вознаграждение.

Любой из алгоритмов RL может быть основан на политике или ценностях, а также на комбинации того и другого. Существует два алгоритма в RL – model-free (MF) и model based (MB). Если агент может обучаться, прогнозируя последствия своих действий, то это MB. Если он может обучаться только на основе опыта, то это MF [4].

MF, например, Q-обучение и SARSA – это алгоритмы, которые учатся принимать решения, не моделируя динамику среды. Они учатся непосредственно на опыте, что делает их особенно полезными в сложных или неизвестных средах.

MB, например, Monte Carlo (MC) и Temporal Difference (TD) – это класс алгоритмов, которые явно моделируют динамику среды. Подходы на основе моделей направлены на то, чтобы понять, как ведёт себя среда, и использовать эти знания для принятия обоснованных решений.

Взаимная слабость обоих подходов может быть преодолена с помощью гибридных подходов, обладающих свойствами обоих алгоритмов.

Динамическое программирование (DP) – это математически надежный метод решения задач оптимизации. Двумя свойствами DP являются оптимальная подструктура и перекрывающиеся подзадачи, и MDP удовлетворяет этим двум свойствам. Сложная задача может быть последовательно разделена на более простые и мелкие задачи. DP может применяться для планирования в MDP для решения либо задачи управления, либо задачи прогнозирования, как показано в таблице 1.

Таблица 1–DP алгоритмы

Проблема	Уравнение Беллмана	Алгоритм
Прогнозирование	Математическое ожидание Беллмана	Итеративная оценка политики
Управление	Математическое ожидание Беллмана + Активное совершенствование политики	Итерация политики
Управление	Математическая оптимизация Беллмана	Итерация значений

Сейчас RL становится все более актуальным в условиях быстрого развития технологий и увеличения объема данных.

В здравоохранении RL может применяться для оптимизации лечения пациентов, разработки персонализированных медицинских рекомендаций и улучшения диагностики. Алгоритмы RL могут анализировать большие объемы данных о здоровье пациентов, включая генетическую информацию, историю болезни и реакции на предыдущие лечения, что позволяет создавать более точные и индивидуализированные планы лечения.

В робототехнике алгоритмы RL позволяют создавать автономные системы, которые могут адаптироваться к меняющимся условиям окружающей среды и эффективно выполнять задачи. RL используется для управления многими роботами одновременно, что позволяет задавать координированные группы, способные выполнять сложные задачи, такие как поисково-спасательные операции или исследование труднодоступных территорий. В таких сценариях каждый робот может обучаться на основе взаимодействия с другими, что повышает общую эффективность группы.

Алгоритмы RL могут использоваться для управления трафиком, что позволяет динамически адаптировать маршруты передачи данных в зависимости от текущей загруженности сети и состояния каналов связи. Это особенно важно в условиях высокой нагрузки, когда необходимо минимизировать задержки и потери пакетов.

В области обработки естественного языка RL используется для разработки более интуитивных чат-ботов и систем автоматического перевода, которые могут учитывать контекст и предпочтения пользователей.

В компьютерном зрении методы RL помогают улучшить распознавание объектов и управление визуальными данными, что находит применение в системах видеонаблюдения и автономных транспортных средствах.

Таким образом, RL предоставляет технически и математически обоснованное решение для оптимального принятия решений в многих сложных задачах, имеющих многомерные, шумные данные, сложную нелинейную динамику, последовательные процедуры принятия решений с задержанными наградами.

Литература. 1. Глубокое обучение с подкреплением: теория и практика на языке Python. — СПб.: Питер, 2022. — 416 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»). ISBN 978-5-4461-1699-7. **2.** Simple statistical gradient-following algorithms for connectionist reinforcement learning // Springer Nature URL: <https://link.springer.com/arti>

cle/10.1007/BF00992696 (дата обращения: 08.11.2024). 3. Неустроева С. В. О числе этапов в задаче о «Многоруком бандите» // Вестник НовГУ. 2015. №8 (91). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-chisle-etapov-v-zadache-o-mnogorukom-bandite> (дата обращения: 16.11.2024). 4. Model-Free and Model-Based Active Learning for Regression // Springer Nature URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46562-3_24 (дата обращения: 15.11.2024).

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46, кафедра «Прикладная математика», кандидату физико-математических наук, доценту, Андреевой А.Ю., тел. 899059264503. E-mail: ang_reg@mail.ru, магистрант кафедры «Прикладная математика», Земская С.С., 89612400221, email: sophie.zemskaya@yandex.ru*

УДК 004.822.7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КВАНТОВЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ

С.Ю. ТЫРЬШКИН

Квантовые вычисления – это инновационный подход, применяющий квантовые технологии для оптимизации процессов обработки информации. Данная методика позволяет решать задачи, неподвластные классическим методам, а также сочетает квантовые алгоритмы с базами данных и передовыми инструментами для анализа больших массивов данных. Одним из ключевых направлений развития квантовых вычислений является их взаимодействие с искусственным интеллектом, особенно с генетическими алгоритмами. Статья посвящена изучению специфики квантового генетического алгоритма и оценке его потенциала для реализации на квантовом компьютере. Чтобы преодолеть проблему преждевременной сходимости и риска застревания в локальных максимумах, предложены методы удлинения хромосом и адаптивная стратегия поиска.

Множество современных научных исследований направлено на применение фундаментальных свойств квантовой физики, таких как суперпозиция и запутанность, для создания разнообразных вычислительных технологий. Квантовые вычисления, основанные на принципах квантовой механики, способны значительно расширить возможности расчетов и обработки информации, включая разработку реальных квантовых процессоров, сложные квантовые алгоритмы и высокоэф-

фективные технологии оптимизации, удовлетворяющие потребности промышленности. Однако разработка эффективных квантовых алгоритмов сопряжена с трудностями, поскольку контринтуитивность квантовых вычислений усложняет понимание их механизма [1].

Поэтому одной из наиболее распространенных стратегий стала адаптация классических алгоритмов для использования в квантовых системах. Эти усилия уже привели к значительным успехам, таким как появление квантового машинного обучения и квантового генетического алгоритма. Сочетание генетических алгоритмов (ГА) и квантовых вычислений стимулировало создание новых, более продвинутых методов оптимизации [2]. Исследователи, вдохновляясь преимуществами квантовой механики, сосредоточились на разработке квантовых ГА, которые имитируют вращение кубитов и квантовую суперпозицию, позволяя создавать новые типы эволюционных алгоритмов [3].

Тем не менее, следует отметить, что квантовые подходы, предполагающие возможность квантового ускорения, показывают лишь частичные успехи при внедрении характерных элементов. Традиционные квантовые ГА сталкиваются с такими проблемами, как зависимость от таблицы поиска для определения угла поворота, что ведет к созданию программ с множеством условий суждения. Фиксированный угол поворота также отрицательно влияет на скорость поиска и сходимость. Еще одна серьезная проблема квантового ГА – высокая вычислительная стоимость из-за необходимости повторного доступа к каждому биту входных данных [4].

Возможности дальнейшего развития квантового ГА через адаптивный эволюционный процесс и его актуальность в свете успехов в создании доступных эффективных квантовых симуляторов и рабочих версий квантовых компьютеров определяют необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Несмотря на наличие публикаций и устойчивый интерес научного сообщества к данной теме, остаются нерешенные вопросы, требующие детального изучения. Среди них стоит выделить задачу ускорения эволюционного процесса и повышение вероятности нахождения оптимального решения квантового ГА. Особое внимание также уделяется вопросам реализации квантового ГА на квантовом симуляторе, таком как симулятор квантовой сборки, для улучшения скорости сходимости (производительности) генетического алгоритма.

Основными методами исследования в данной работе являются: методы интеллектуального анализа; методы математической статистики; методы объектно-ориентированного и функционального анализа; теория реляционных и многомерных моделей.

За время существования квантовых ГА и до настоящего времени в научной литературе были предложены различные их модификации. Большинство разработанных на данный момент квантовых эволюционных алгоритмов активно используются для решения оптимизационных задач, таких как диспетчеризация, планирование кадров, криптоанализ, анализ мультисенсорных изображений и многих других [5].

Квантовые эволюционные алгоритмы повторяют основные этапы и характеристики своих классических аналогов.

Первый шаг заключается в инициализации квантовой популяции $Q(0)$ хромосом. Квантовая хромосома i определяется как строка из j кубитов, представляющая квантовую систему $|\psi\rangle^i$ с одновременными состояниями 2^j :

$$\left(\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right) |\psi\rangle \quad \Sigma \quad \left. \vphantom{\begin{array}{c} \\ \\ \end{array}} \right\} \quad (1)$$

Будучи геном j , кубит представлен вектором:

$$\left(\begin{array}{c} \beta \end{array} \right) \left. \vphantom{\beta} \right\} \quad (2)$$

Следовательно, квантовая популяция определяется набором квантовых хромосом или векторов, как показано ниже:

$$\left(\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ & & \\ & & \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right)$$

Один из наиболее часто используемых методов инициализации популяции состоит в установлении значений амплитуд всех кубитов в хромосомах на уровне, который соответствует квантовой суперпозиции всех возможных состояний с равной вероятностью [6]. Это может быть получено с помощью умножения матрицы Адамара на вектор $|0\rangle$:

$$|0\rangle \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

В результате получается вектор суперпозиции.

Вслед за этим произведением вычисляется фазовый угол $\theta(0, \frac{\pi}{2})$, который является аргументом тригонометрических функций или элементом матрицы вращения $U(t)$:

$$U(t) = \begin{pmatrix} \text{Cos}(\theta) & -\text{Sin}(\theta) \\ \text{Sin}(\theta) & \text{Cos}(\theta) \end{pmatrix} \quad (4)$$

Завершением шага инициализации является умножение матрицы вращения на вектор суперпозиции. Вследствие этого получается пара амплитуд (α, β) , которые определяют состояние j -го кубита:

$$\begin{pmatrix} \alpha_j \\ \beta_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{Cos}(\theta_j) & -\text{Sin}(\theta_j) \\ \text{Sin}(\theta_j) & \text{Cos}(\theta_j) \end{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

После этого создается популяция $P(t)$, которая состоит из битовых строк и классических хромосом. Эта популяция является следствием измерения положений кубитов в квантовых хромосомах популяции $Q(t)$ [7]. Для формализации популяции $P(t)$ используется набор векторов:

$$\begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_j \end{pmatrix}_1 \\ \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_j \end{pmatrix}_2 \\ \dots \\ \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_j \end{pmatrix}_i \quad (6)$$

Наблюдение за кубитом осуществляется благодаря моделированию коллапса волновой функции таким образом:

$$\begin{cases} p(\alpha) \leq |\alpha_j^2|, x_j = 0 \text{ (basisstate } |0\rangle) \\ p(\alpha) > |\alpha_j^2|, x_j = 1 \text{ (basisstate } |1\rangle) \end{cases} \quad (7)$$

где $p(\alpha)$ - случайное число в диапазоне $[0, 1)$.

Затем необходимо провести оценку пригодности классической популяции с использованием обычного компьютера. Если же проводить анализ пригодности на квантовом компьютере, произойдет коллапс квантовой системы, что нарушит состояние суперпозиции. Важно подчеркнуть, что оценка пригодности является одной из главных трудностей при реализации квантового ГА на квантовом компьютере [8].

Третья итерация предполагает обновление популяции с помощью Q -ворот:

$$Q(t + 1) = U(t).Q(t) \quad (8)$$

С точки зрения теории, эволюция популяции управляется Q -вентиллями, уравнением Шредингера, операторами, которые выполняют роль «генетических механизмов», преобразующих хромосомы [9].

Блок-схема классического квантового ГА показана на рис. 1.

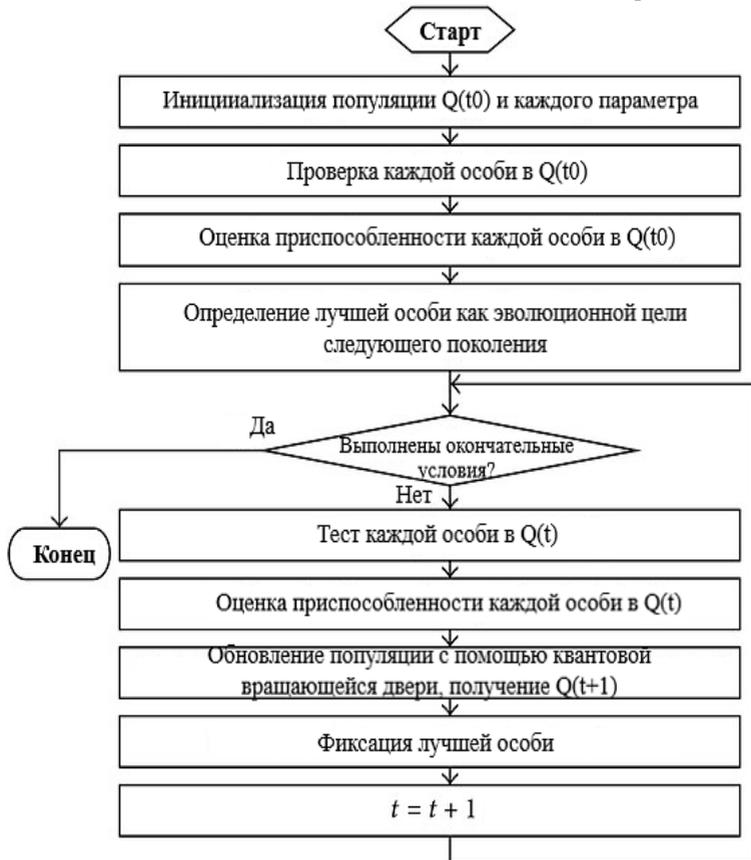


Рисунок 1 - Блок-схема традиционного квантового ГА

Обычные квантовые генетические алгоритмы характеризуются рядом недостатков.

1. Преждевременная сходимость: обычный квантовый ГА использует только фитнес для оценки решений, что приводит к быстрому распространению генов особей с высоким фитнесом в популяции. Это уменьшает разнообразие популяции и может привести к тому, что решение окажется в локальном оптимуме.

2. Недостаточная способность к локальному поиску: хотя обычный квантовый генетический алгоритм эффективно выполняет глобальный поиск, его локальный поиск оказывается недостаточным. Это замедляет сходимость на поздних стадиях эволюции и мешает достижению глобально оптимального решения.

Чтобы преодолеть эти недостатки, предлагается использовать стратегию увеличения длины хромосомы и адаптивную таблицу поиска для определения квантовых ворот вращения. Алгоритм должен работать на разных уровнях (разных размерах хромосом), поэтому все поколения должны быть соответствующим образом распределены между этими уровнями. На рис. 2 представлена блок-схема улучшенного алгоритма.

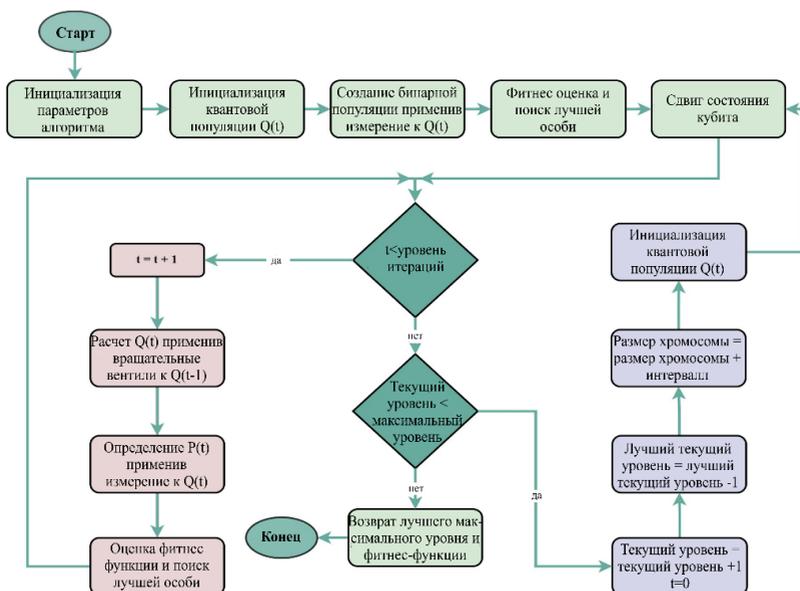


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма с удлинением размера хромосомы

Алгоритм, представленный на рис. 2, использует стратегию удлинения хромосом для балансировки и плавного перехода между фазами разведки и эксплуатации, чтобы предотвратить попадание в локальные оптимумы и преждевременную сходимость. Это достигается благодаря адаптивной таблице поиска, которая постепенно очищает пространство поиска и откладывает сходимость к точным решениям на заключительные поколения.

Реализация квантовых вычислений, включая квантовый ГА, осуществляется с помощью квантового компьютера. В настоящее время канадская компания D-Wave Systems, Inc. является единственным коммерческим поставщиком квантовых компьютеров. Их модели D-Wave One и Two представляют собой адиабатические компьютеры, работающие на основе чипа Washington 2048-qubit [10]. Согласно этой технологии, квантовое состояние стремится к решению, основанному на распределении вероятностей Больцмана:

$$p(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{z} e^{-\frac{G(x_1, x_2, \dots, x_n)}{kT}}; z = \sum \sum e^{-\frac{G(x_1, x_2, \dots, x_n)}{kT}} \quad (9)$$

Адиабатические компьютеры демонстрируют наилучшую производительность при решении задач непрерывной оптимизации.

В последние годы появилась возможность эмулировать квантовый компьютер, что привело к созданию нового типа генетических алгоритмов – квантовых ГА. Безусловно, в ближайшие несколько лет интеграция технологий искусственного интеллекта и квантовых вычислений даст толчок к быстрому развитию в смежных областях исследований, таких как машинное обучение, что приведет к увеличению скорости и эффективности алгоритмов. Однако для эффективного использования квантового ГА на квантовом компьютере необходимо решить его ключевые проблемы, такие как преждевременная сходимость алгоритма и попадание в ловушки локальных оптимумов. Для этого в работе предложен улучшенный алгоритм, который благодаря стратегии удлинения хромосом и адаптивной таблице поиска помогает преодолеть эти недостатки.

Литература. 1. Ю.А. Скобцов Сравнение традиционных и квантовых генетических алгоритмов, Математические методы в технологиях и технике, 4, 91-95 (2023). **2.** В.В. Масленников, Л.А. Демидова Модификация квантово-инспирированного генетического алгоритма численной оптимизации с использованием кудита в условиях имитации квантовой декогеренции, Computational Nanotechnology, 2, 58-85 (2024). **3.** Xiaoming Yang Fuzzy Control Path Planning of Soccer Robot Relying on Quantum Genetic Algorithm, Mobile Information Systems, 1, 13-19 (2022). **4.** He Zhenxue Delay optimization for ternary fixed polarity Reed–Muller circuits based on multilevel adaptive quantum genetic algorithm, International Journal of Intelligent Systems, 10, 46-53 (2021). **5.** Yantao Zhu Inverse Analysis of the Partitioning Deformation Modulus of High-Arch Dams Based on Quantum Genetic Algorithm, Advances in Civil Engineering, 1, 118-123 (2020). **6.** Abdulbasit M. A. Sabaawi Energy efficiency optimisation in massive multiple-input, multiple-output network for

5G applications using new quantum genetic algorithm, IET Networks, 2, 90-97 (2023). **7.** Rui Dong An Effective Quantum Genetic Algorithm Based on Drama Resource Mining Using Wireless Sensing Technology, Scientific Programming, 1, 201-207 (2021). **8.** И.В. Антонов, Ю.В. Бруттан Синтез структуры организованных систем как центральная проблема эволюционной кибернетики, Компьютерные исследования и моделирование, 5, 1103-1124 (2023). **9.** Fan Yang Application of QGA algorithm improved by gradient descent in fault diagnosis and location of distributed distribution network, Advanced Control for Applications: Engineering and Industrial Systems, 56, 114-119 (2023). **10.** Yuanyuan Li Rolling Bearing Fault Diagnosis Based on SVM Optimized with Adaptive Quantum DE Algorithm, Shock and Vibration, 1, 36-41 (2022).

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова, кандидату технических наук, доценту кафедры ИВТиИБ Тырышкину С.Ю., тел. (385-2) 29-07-18. E-mail:service.vip-spe@yandex.ru.

УДК 004.418

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КАРТОНАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.В. ЛУНЬКИНА, А.А. БОКОВ

Термин «автоматизация» прочно укрепился в обиходе современного общества. Он употребляется всё чаще и связан с различными областями жизнедеятельности, выходя за рамки производственных процессов. Появление термина связывают с техническим менеджером автомобильной компании *Ford Motor Company* Д.С. Хардером, который в 1946 году использовал его для расширенного описания совокупности автоматических устройств и средств управления [1].

Цель работы заключается в рассмотрении уровней автоматизации производственных процессов и проведении их сравнительного анализа, что позволит осуществить выбор уровней автоматизации производственных процессов для предприятия картонажного производства.

Автоматизация производственных процессов может осуществляться на разных уровнях:

- нулевой уровень – механизация производственных процессов. Основан на исключении человеческого вмешательства в производственный процесс при выполнении рабочих ходов;

Определение оптимального уровня автоматизации картонажного производства

РАЗДЕЛ 1. Общие вопросы расчета и проектирования программно-технического обеспечения автоматизированных систем

- первый уровень подразумевает внедрение специальных устройств для исключения человеческого участия при выполнении холостых ходов только на отдельно взятом оборудовании;
- второй уровень – это автоматизация технологических процессов, основу которой составляют автоматические линии и гибкие производственные системы (ГПС);
- третий уровень – комплексная автоматизация, включающая все этапы производственного процесса.

Переход к комплексной автоматизации производственных процессов невозможен без освоения всех предыдущих уровней. Кроме того, автоматизация подразумевает огромные капиталовложения, подготовку специально обученных кадров, способных осуществлять техническое обслуживание оборудования и систем управления, а также временных затрат на внедрение в производство [2].

Эффективность комплексной автоматизации высока при больших программах выпуска продукции стандартного типа и небольшой номенклатуры.

Далее рассмотрим достоинства и недостатки каждого уровня автоматизации и определим оптимальный уровень для предприятия по производству гофрокартона и гофроупаковки (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ уровней автоматизации

Уровни автоматизации	Преимущества	Недостатки
Нулевой	<ul style="list-style-type: none">- автоматическое выполнение рабочих ходов;- увеличение скорости работы в несколько раз;- позволяет освободить рабочего от выполнения однотипной монотонной работы.	<ul style="list-style-type: none">- не имеет единой системы управления;- нет общей сводки данных о процессе работы;- недостаточная эффективность при большой программе выпуска;- необходимость контроля изготовления на каждом отдельно взятом оборудовании.
Первый	<ul style="list-style-type: none">- автоматическое выполнение холостых ходов;- увеличение скорости работы в десятки раз;- позволяет освободить рабочего от выполнения однотипной монотонной работы;	<ul style="list-style-type: none">- сокращение рабочих мест;- нет единой системы управления;- требование более квалифицированного обслуживающего персонала;- нет общей сводки данных о процессе работы;

	<ul style="list-style-type: none"> - сокращение единиц оборудования за счет его многофункциональности; - снижение рисков получения травм рабочими. 	<ul style="list-style-type: none"> - недостаточная эффективность при большой программе выпуска.
Второй	<ul style="list-style-type: none"> - увеличение скорости производства в несколько десятков/сотен раз; - единая система управления всего производственного оборудования; - автоматическая корректировка параметров на основании данных обратной связи; - значительное снижение количества брака; - снижение рисков получения травм рабочими; - оперативное устранение неполадок на основании данных обратной связи. 	<ul style="list-style-type: none"> - сокращение рабочих мест; - требование более квалифицированного обслуживающего персонала; - большие капиталовложения; - низкая рентабельность для мелкосерийного производства; - необходимость создания уникального программного модуля и систем для конкретного производства.
Третий	<ul style="list-style-type: none"> - увеличение скорости производства в несколько десятков/сотен раз; - автоматизация планирования производства, логистики; - позволяет сократить число работников; - улучшение контроля качества на каждом этапе изготовления продукции; - единая система управления всего производственного оборудования; - автоматическая корректировка параметров на основании данных; - значительное снижение количества брака; - снижение рисков получения травм рабочими; - оперативное устранение неполадок на основании данных обратной связи. 	<ul style="list-style-type: none"> - сокращение рабочих мест; - требование высококвалифицированных кадров для обслуживания систем и оборудования; - огромные капиталовложения; - низкая рентабельность для мелкосерийного производства; - необходимость создания уникального программного модуля и систем для конкретного производства.

Определение оптимального уровня автоматизации картонажного производства

Для производства гофрокартона и гофроупаковки на предприятии с большой программой выпуска продукции, довольно большой номенклатурой и сложным технологическим процессом её изготовления, целесообразно осуществлять автоматизацию второго уровня, т.е. создать автоматическую производственную линию и соответствующее программное обеспечение для её управления.

Основными задачами, которые необходимо решать для внедрения на производстве по изготовлению гофрокартона и гофроупаковки автоматизации второго уровня и ГПС:

- 1) определить необходимое для производства оборудование с учетом номенклатуры продукции и различных её характеристик;
- 2) определить порядок технологических операций, установить данное оборудование в соответствии с ними;
- 3) разработать электрическую схему блока управления на базе микроконтроллера в соответствии с [3,4];
- 4) разработать программное обеспечение для схемы управления;
- 5) интегрировать данные разработки в комплексную SCADA-систему мониторинга *SiemensWinCC*[5].

Таким образом, реализуя данные задачи, возможно внедрение автоматизации производственной линии, что приведет к значительному ускорению работы производства, повышению качества продукции и эффективности работы всего предприятия.

Литература: 1. Кириллов Д. С. Автоматизация технологических и производственных процессов / Кириллов Д. С., Насиров Э. Ф., Чернова М. В., Мертинс Г. Р. // Достижения вузовской науки 2020: сборник статей XVI Международного научно-исследовательского конкурса – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». — 2020. – С. 60-62. 2. Соловьев С., Серов А. Современные технологии удаленного доступа в SCADA-системах на примере WinCC OA // Control Engineering Россия. 2016. № 6 (66). 3. Выбор управляющего контроллера для автоматизации производственной линии методом анализа иерархий / А. А. Казаченко, Е. А. Данилова, В. О. Малышев [и др.] // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2023. – Т. 1. – С. 336-343. 4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665774 Российская Федерация. Программный модуль управления микроконтроллером *ATmega 8A* в режиме реального времени: № 2022665267: заявл. 11.08.2022; опубл. 22.08.2022 / П. Г. Кошеленко, Б. Ж. Куатов, И. М. Рыбаков [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный университет". 5. Казаченко, А. А. Проектирование системы SCADA: предложение по оптимизации про-

изводственной линии / А. А. Казаченко, Е. А. Данилова // Инжиниринг и технологии. – 2022. – Т. 7, № 2. – С. 9-17. – DOI 10.21685/2587-7704-2022-7-2-3.

Реквизиты для справок: Россия, 440026, Пенза, ул. Красная 40, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Пензенский государственный университет, студенту ФИТЭ, 23ПТ1, Лунькиной А.В., тел. 8 (902) 203-3799, e-mail: siori@list.ru.

УДК 591.044; 577.3

КОРРЕКЦИЯ АЧХ ФИЛЬТРА СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО ФИЛЬТРОМ ЧЕБЫШЕВА

В.Д. КАЧАРСКИЙ, А.Н. СЕРОВ

Одним из самых популярных типов цифровых фильтров является фильтр скользящего среднего (ФСС), который, в том числе, находит широкое применение в задачах измерений в электроэнергетике. Благодаря относительной простоте реализации на реальной элементной базе и адаптивной подстройки порядка фильтров данного типа, а также другим его особенностям, широко известно использование фильтра данного типа в методе квадратурной демодуляции, методе низкочастотной фильтрации при измерении СКЗ [1] и активной мощности [2] сигнала, методе измерения частоты по приращению фазы сигнала [3].

Однако данный тип фильтра имеет ряд недостатков: он является сугубо низкочастотным фильтром, имеет существенную неравномерность в полосе пропускания, а значение АЧХ в полосе пропускания имеет существенные пульсации и зависит от порядка фильтра. Также такой тип цифрового фильтра обладает задержкой, определяемой длиной фильтра.

Принцип работы данного фильтра заключается в следующей последовательности действий: в начале из обрабатываемого сигнала требуется взять количество отсчетов N – оно соответствует длине цифрового фильтра. Далее для выбранного набора отсчетов вычисляется среднее, которое используется в качестве текущего отсчёта выходного сигнала.

Для данного типа цифровых фильтров имеется две базовые структуры реализации: рекурсивная (лучше подходит для адаптивной реализации ФСС) и нерекурсивная формы. При реализации рекурсивной структуры требуется существенно меньше арифметических операций. Однако при данной форме реализации особенно сильно проявляется эффект квантования – эффект, при котором происходит накопление

ошибок вычислительного характера, что происходит из-за наличия обратной связи. В связи с этим для их устранения требуется выполнять периодический сброс ячеек хранения.

Разбирая особенности нерекурсивной формы реализации можно выделить ее абсолютную устойчивость к влиянию эффектов квантования, вызванных форматом представления коэффициентов фильтра и отсчетов входного сигнала. При этом требуется задействовать количество ячеек памяти, соответствующее длине фильтра N .

Разностные уравнения различных форм построения ФСС выглядят схожим образом. Для нерекурсивной формы уравнение имеет вид:

$$y[n] = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} x[n-k]. \quad (1)$$

где N – длина фильтра.

Для случая рекурсивной формы представления фильтра, уравнение имеет следующий вид:

$$y[n] = y[n-1] + \frac{1}{N} \cdot (x[n] - x[n-N]). \quad (2)$$

При рассмотрении рекурсивной структуры построения ФСС, можно заметить, что адаптивная подстройка фильтра для неё выполняется легче, что следует из формулы (2). Однако при рекурсивной форме реализации сильно проявляется эффект накопления ошибок квантования, вызванных различными факторами, и оказывает куда более сильное влияние, нежели в случае нерекурсивной реализации (1), в связи с чем для их устранения требуется выполнять периодический сброс ячеек хранения.

Частотную характеристику рекурсивных фильтров можно описать как последовательность фильтров с кратными частотами, значение АЧХ в которых на этих частотах стремится к нулю. Такие частоты называются режекторными. Для того, чтобы описать взаимосвязь между основной частотой режекции фильтра и порядком (длиной) цифрового фильтра, можно воспользоваться следующей формулой (3):

$$\frac{N}{f_s} = \frac{1}{f_{MAF}}. \quad (3)$$

В соответствии с этим выражением и учитывая дискретный характер параметра N , может быть оценена длина фильтра:

$$N = \text{round} \left(\frac{f_s}{f_1} \right), \quad (4)$$

где f_1 – желаемая частота основной частоты режекции ФСС; f_s – частота дискретизации.

Аналитическая зависимость комплексного коэффициента передачи фильтра от частоты имеет следующий вид:

$$H(j\omega) = \frac{1}{N} \cdot \frac{\sin(0,5N\omega)}{\sin(0,5\omega)} \cdot e^{-j\omega N}. \quad (5)$$

где ω – нормированная относительно частоты дискретизации частота сигнала.

Для того, чтобы эффективно производить фильтрацию, необходимо производить совмещение частот режекции и частот, соответствующих спектральным компонентам помехи. Выполняя в соответствии с результатами измерения частот адаптивную подстройку длины фильтра, можно добиться совпадения частот режекции и частот спектральных компонент помехи в условиях конечной девиации частоты измеряемого сигнала. Для этого производится адаптивная подстройка длины фильтра, которая заключается в слежении за частотой входного сигнала и периодическом изменении числа отсчётов (длины цифрового фильтра), определяемом соотношением (4).

Однако в некоторых ситуациях, к примеру, при использовании метода квадратурной демодуляции, требуется обеспечивать равномерность в полосе заграждения и уменьшить спад в полосе пропускания. Для этого надо производить корректировку амплитудно-частотных характеристик. Основными методами, применяемыми при проектировании фильтров данного типа для коррекции их амплитудно-частотных характеристик, являются:

- повышение частоты дискретизации;
- использование дополнительных каскадов ФСС одинаковой длины;
- использование дополнительных каскадов ФСС различной длины;
- использование корректирующих фильтров КИХ или БИХ типа.

В методе каскадного соединения звеньев одинакового или различного типов условно можно выделить три основные вариации исполнения: соединение однотипных звеньев, соединение не однотипных звеньев и соединение с фильтрами других типов [4-6].

При каскадном соединении однотипных звеньев производится соединение однотипных секций ФСС длины N . При этом результирующая передаточная функция будет являться результатом произведения передаточных функций всех звеньев. В общем виде результирующий коэффициент передачи может представлен как:

$$H_M(j\omega) = \frac{1}{N^M} \cdot \left(\frac{\sin(0.5N\omega)}{\sin(0.5\omega)} \right)^M \cdot e^{-j\omega NM}. \quad (6)$$

Каскадное соединение не однотипных звеньев, в отличие от предыдущего метода, предполагает соединение секций ФСС, но уже с разной длиной N_i . Благодаря такому подходу удастся равномернее распределить частоты режекции в полосе заграждения, нежели при соединении однотипных звеньев (рис.1).

Результирующий комплексный коэффициент передачи определяется следующим выражением:

$$H_M(j\omega) = \prod_{i=1}^M \left(\frac{1}{N_i} \cdot \frac{\sin(0.5N_i\omega)}{\sin(0.5\omega)} \cdot e^{-j\omega N_i} \right). \quad (7)$$

Еще одним вариантом исполнения каскадной реализации является каскадное соединение звеньев с фильтрами других типов. При таком типе реализации появляется возможность уменьшить и спад в полосе пропускания, и затухание в полосе заграждения. В данном варианте реализации на роль второго фильтра следует выбирать либо БИХ-фильтры, обладающие неравномерностью в полосе пропускания (такие, как фильтры Чебышева первого рода или эллиптический), либо же КИХ-фильтры (рис.1).

Разностное уравнение фильтра Чебышева нижних частот первого рода и второго порядка:

$$H_{cheb} = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 \cdot \cos\left(2 \cdot \arccos\left(\frac{f}{f_s}\right)\right)^2}}, \quad (8)$$

где ε – параметр, связанный с неравномерностью частотной характеристики фильтра Чебышева в полосе пропускания, f_s – частота дискретизации фильтра.

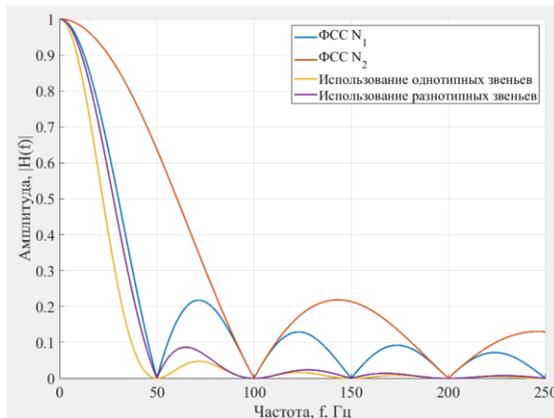


Рисунок 1 - Сравнение частотных характеристик ФСС разной длины, а также их каскадного соединения

Для того, чтобы подобрать подходящие параметры для реализации фильтра компенсатора, можно воспользоваться следующим способом. Так как максимальное значение отклонения АЧХ результирующего фильтра до частоты, соответствующей максимуму АЧХ фильтра Чебышева (ФЧ) не превосходит величины H_{pass} (9), то для точки максимального отклонения АЧХ ФЧ в полосе пропускания она полностью компенсирует спад АЧХ ФСС на границе полосы пропускания. Из этого следует условие для поиска f_c (10).

Уравнение для получения значения ϵ представлено далее:

$$H_{pass} = \frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2}} \quad (9)$$

где H_{pass} – максимальная неравномерность результирующей АЧХ.

Уравнение для получения значения f_{pass} будет иметь следующий вид:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2 \cdot \cos\left(2 \cdot \arccos\left(\frac{f_{pass}}{f_s}\right)\right)^2}} = 1 \quad (10)$$

где f_{pass} – граница полосы пропускания.

Как можно видеть из приведенного рис. 2, из-за того, что максимум частотной характеристики фильтра Чебышева имеет коэффициент передачи единица, результирующая характеристика фильтра будет иметь максимальный коэффициент, равный разнице, между единицей и зна-

чением H_{pass} . Чтобы компенсировать данный эффект, перед перемножением частотных характеристик, к АЧХ ФЧ надо добавить значение H_{pass} .

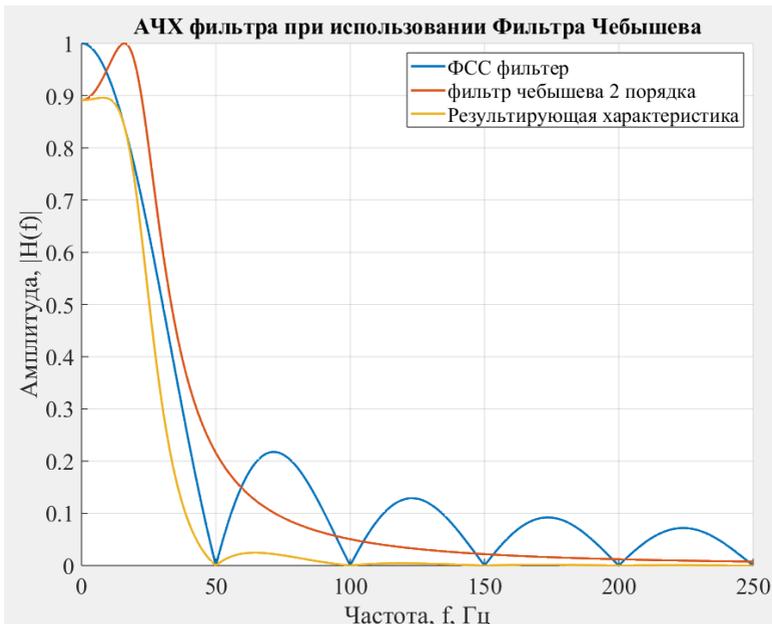


Рисунок 2 - Частотные характеристики ФСС, фильтра Чебышева и результирующего фильтра без компенсации неравномерности в полосе пропускания фильтра Чебышева

Частотные характеристики с учетом данного фактора представлены на рис. 3.

Подводя итог касательно фильтров скользящего среднего, можно отметить, что для улучшения частотных характеристик фильтров могут применяться различные методы, такие как увеличение длины фильтра, каскадное соединение однотипных и разнородных звеньев, а также использование корректирующих фильтров. Посредством данных методов можно в значительной степени повлиять на частотную характеристику, однако наибольший эффект может быть достигнут при использовании каскадного соединения ФСС совместно с дополнительным фильтром - компенсатором типа фильтра Чебышева первого рода. Для достижения наилучших параметров фильтрации был предложен подход расчета основных параметров проектирования фильтра.

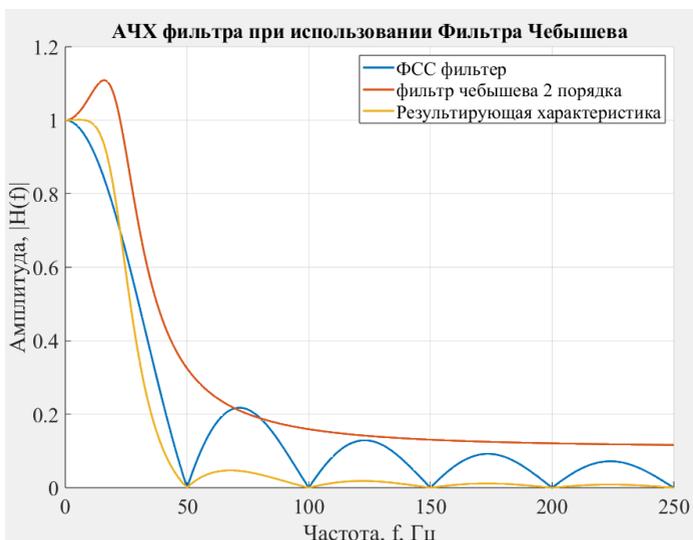


Рисунок 3 - Частотные характеристики ФСС, фильтра Чебышева и результирующего фильтра с учетом неравномерности АЧХ (значения H_{pass}) в полосе пропускания фильтра Чебышева

Литература. 1. Фань Ван и М.Х.Дж. Боллен, «Характеристики частотной характеристики и оценка погрешности при измерении среднеквадратичного значения», в IEEE Transactions on Power Delivery, т. 19, № 4, стр. 1569-1578, октябрь 2004 г. **2.** А.Н. Серов, Н.А. Серов и А.А. Лупачев, «Применение цифровой фильтрации для измерения активной мощности», Международная конференция IEEE по электротехнике и фотонике (EEExPolytech) 2018 г., Санкт-Петербург, Россия, 2018 г., стр. 88-92. **3.** Д. Грилло, Н. Паскуино, Л. Ангрисани и Р. Скьяно Ло Морилло, «Эффективное расширение метода пересечения нуля для измерения частоты зашумленных сигналов», Труды Международной конференции IEEE по измерительным технологиям и приборам 2012 г., Грац, Австрия, 2012 г., стр. 2706-2709. **4.** Г. Д'Антоня и А. Ферреро, Цифровая обработка сигналов для измерительных систем. Теория и приложения., Нью-Йорк, США: Springer, 2006. **5.** Y. Gu, S. Liu, D. Wang и L. Zhang, «Обобщенный фильтр скользящего среднего для приложений с активными фильтрами мощности», 2019 IEEE 28-й Международный симпозиум по промышленной электронике (ISIE), 2019. **6.** Y.-W. Bai, W.-Y. Chu, C.-Y. Chen, Y.-T. Lee, Y. -C. Tsai и C.-H. Tsai, «Комбинация окна Кайзера и скользящего среднего для фильтрации нижних частот

удаленных сигналов ЭКГ», Труды. 17-й симпозиум IEEE по компьютерным медицинским системам, 2004.

Реквизиты для справок: *Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, 13, стр. 1, кафедра Диагностических информационных технологий, кандидату технических наук, доценту, Серову А.Н., тел. (495) 362-72-14. E-mail: SerovAN@mpei.ru.*

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 621.317.42

ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ НА ОСНОВЕ ОСЦИЛЛИСТОРНОГО RF-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

П.Н. ДРОБОТ

Осциллисторный эффект был открыт в полупроводниковой плазме советскими учёными Ивановым Ю.Л. и Рывкиным С.М. в 1957 г. [1] и с тех пор наблюдался и исследован в полупроводниковых структурах из кремния, германия, антимонида индия и детально исследован автором в кремниевых структурах [2].

Коллективное взаимодействие носителей зарядов в полупроводниковой плазме и формирование и распространение волн плотности носителей заряда, которые имеют спиральную форму в условиях приложенного параллельно или соосно протекающему току магнитного поля, приводит к электрическим колебаниям [1, 2]. Значения частоты, как и амплитуды, этих колебаний зависит от величины магнитного поля, но именно частота является важнейшим информационным параметром.

На этих свойствах осциллисторного эффекта автором разработан осциллисторный датчик магнитного поля с частотным выходом [2, 3]. При комнатной температуре этот датчик имеет линейную измерительную характеристику для полей с магнитной индукцией в диапазоне 1.4 ... 2.4 Тл. Для ряда практических приложений это довольно сильные магнитные поля. Автором был также предложен осциллисторный RF-преобразователь – преобразователь сопротивления в частоту, построенный на основе автономного осциллистора [4, 5]. Под автономным осциллистором понимается осциллисторный полупроводниковый прибор, включающий малогабаритные постоянные неодимовые (FeNdB) магниты, что позволяет использовать его как самостоятельный электронный узел в составе электронной аппаратуры.

Интервал входного сопротивления RF-преобразователя находится в пределах

$$\delta R = 0 - 100 \text{ Ом.} \quad (1)$$

Преобразователь имеет линейную выходную характеристику:

$$f(R) = a + bR, \quad (2)$$

где $a=285796$; $b = -1193$, f – значение частоты на выходе RF-преобразователя [4, 5].

Если использовать в качестве R магниторезистор с характеристикой $R(B)$ и соединить его с RF-преобразователем, то получим датчик магнитного поля с частотным цифровым выходом для диапазона полей, определяемых характеристикой магниторезистора. Это могут быть, например, десятые доли Тесла, как будет показано ниже, или еще меньшие значения, что зависит от свойств магниторезистора. Как показал опыт в условиях лаборатории, расстояние проводной линии между таким магниторезистором или любым другим переменным резистором и RF-преобразователем может быть до двадцати метров без влияния на свойства всей системы.

В цикле работ [6] представлена информация о некоторых отечественных магниторезисторах MR-1, MR-2, MR-3, CM1-1, CM4-1. Эти приборы изготовлены из эвтектического сплава InSb-NiSb (антимонид индия-антимонид никеля) с добавлением легирующих веществ и приклеенных к подложке. Все они пригодны для использования с осциллографным RF-преобразователем, однако наиболее подробно и наглядно измерительные характеристики $R(B)$ представлены в работах [6] для магниторезистора CM4-1, на котором остановим свой выбор. Его сопротивление 47 Ом при $B=0$, измерительная характеристика $R(B)$ будет лежать в интервале от 47 до 260 Ом в диапазоне B от 0 до 0,8 Тл. Для выполнения условия (1) воспользуемся в качестве магниточувствительного элемента (МЧЭ) четырьмя магниторезисторами CM4-1, соединенными параллельно. Измерительная характеристика $R(B)$ такого МЧЭ будет лежать в интервале от 11,75 до 65 Ом в диапазоне B от 0 до 0,8 Тл. Особенностью отмеченных магниторезисторов является характерная квадратичная измерительная характеристика в начале диапазона B от 0 до 0,2 Тл, а выше по B эта характеристика линейна, поэтому остановимся на выборе измерительного диапазона от 0,2 до 0,8 Тл.

Таблица 1 – Параметры магниторезистора, МЧЭ и частотного датчика

B , Тл	R , Ом	$R_{\text{МЧЭ}}$, Ом	f , Гц
0,2	68,7	17,17	265306,34
0,25	79,6	19,89	262060,55
0,3	92,6	23,16	258163,64
0,325	99,9	24,99	255971,02
0,35	107,0	26,75	253883,25

0,4	124,0	31,01	248813,00
0,5	158,0	39,50	238672,50
0,6	192,0	48,00	228532,00
0,7	226,0	56,51	218391,5
0,8	260,0	65,00	208251,0

В таблице 1 приведены значения магнитной индукции B , экспериментальные данные по характеристикам использованного магниторезистора, полученные из зависимости $R(B)$ в работе [6], значения сопротивления МЧЭ из четырех магниторезисторов СМ4-1, соединенных параллельно и значения частоты генерации f на выходе осцилляторного RF-преобразователя, при его использовании совместно с МЧЭ.

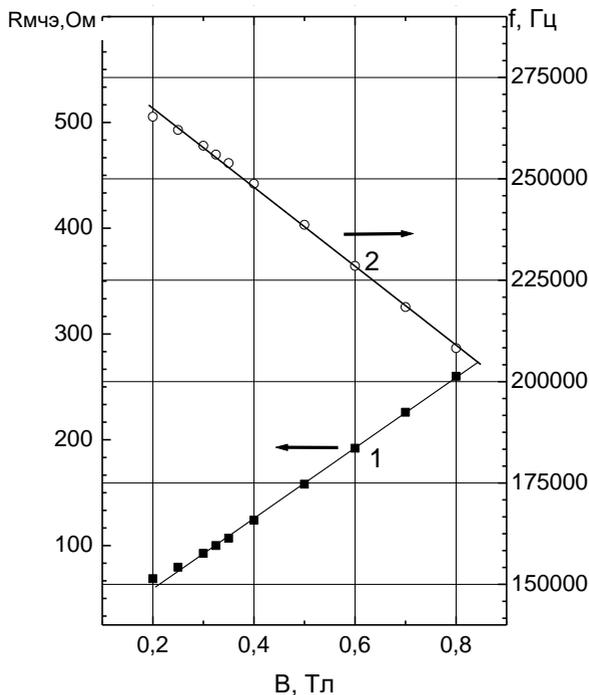


Рисунок 1 – Графики зависимостей от магнитного поля B : 1 – сопротивление магниторезистора СМ4-1; 2 – измерительная характеристика $f(B)$ датчика магнитного поля с частотным выходом на основе МЧЭ и осцилляторного RF-преобразователя

Датчик магнитного поля с частотным выходом на основе осцилляторного RF-преобразователя

Из графика зависимости 2 на рис. 1 видно, что измерительная характеристика датчика магнитного поля с частотным выходом на основе МЧЭ и осцилляторного RF-преобразователя является линейной, что весьма полезно для использования в практических задачах. Из этого графика нетрудно определить, что чувствительность такого датчика весьма высока и составляет 100 кГц/Тл.

Литература. 1. Иванов Ю.Л. Возникновение колебаний тока в образцах германия, помещенных в электрическое и продольное магнитное поле / Ю.Л. Иванов, С.М. Рывкин // ЖТФ. – 1958. –Т. 28. – Вып. 4. – С. 774–775. **2.** Дробот П.Н. Осцилляторный эффект и его применение в новых полупроводниковых приборах: моногр. / П.Н. Дробот. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 187 с. **3.** Пат. 1686940 РФ, МПК GOIR33/06. Датчик магнитной индукции с частотным выходом / Гаман В.И, Дробот П.Н. и др.// Бюл. №45-46, 1993. **4.** Drobot P.N. Oscillistor RF-converter resistance to frequency // IEEE Conference, IEEE Xplore. 13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE). 2016. Vol.3. Doi: 10.1109 / APEIE.2016.7807032. **5.** Дробот П.Н. Температурная ошибка преобразования сопротивления в частоту в осцилляторном RF – преобразователе / В сборнике: Измерение, контроль, информатизация. Материалы XVII международной научно-технической конференции, 2016, С. 79-82. **6.** Бараночников М. Л. Магниторезисторы / М. Л. Бараночников // Радио, № 7, – с. 42; № 8, – с. 45–46; № 9, – с. 41–42, 1994.

Реквизиты для справок: *Россия, 634507, Томск, пос. Зональная Станция, ул. Рабочая, 6, почта России, до востребования, кандидату физико-математических наук, доценту Дробот П.Н., тел. 89138229479. E-mail: dpn7@mail.ru.*

УДК 621.317.373

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПО ПЕРЕХОДАМ СИГНАЛА ЧЕРЕЗ НУЛЬ

А.С. КИЧКА, А.Н. СЕРОВ

Введение. Частота сигнала - один из ключевых параметров электрических цепей. Она оказывает значительное влияние на измерение различных электрических величин, таких как активная и реактивная мощность, среднее квадратическое значение и другие показатели качества электрической энергии. Точность определения частоты напрямую

сказывается на точности измерений этих параметров. Множество цифровых методов определения частоты электрической сети, разработанных на данный момент, можно условно разделить на три основные группы: методы, основанные на анализе сигналов во временной и частотных областях, и комбинированные подходы.

Целью данной работы является рассмотрение одного из самых популярных методов определения частоты сигнала во временной области, а именно метод по переходам измеряемого сигнала через ноль, а также одной из его модификаций, повышающей точность измерения.

В ходе данной работы решаются следующие задачи: построение имитационной модели данного метода, анализ источников погрешности измерения частоты, а также исследование влияния длины фильтра скользящего среднего на погрешность.

Методика. Идея метода по переходам сигнала через ноль состоит в определении времени между моментами, когда сигнал повторяет свою форму. В качестве таких моментов лучше всего использовать моменты перехода сигнала через нулевой уровень, так как именно в этот момент можно наблюдать наибольшую скорость изменения напряжения и, как следствие, наименьшее влияние шума и гармоник сигнала на погрешность измерения. Переход через ноль может определяться один или два раза на периоде сигнала. Далее будем полагать, что переход через ноль определяется один раз по фронту сигнала, когда он меняет знак с отрицательного на положительный. При достижении очередного перехода через ноль, во избежание возникновения ложных переходов, используется линеаризация сигнала. Она улучшает достоверность и устойчивость измерений, создавая более предсказуемую и линейную характеристику сигнала, а также уменьшает вычислительные затраты. Как видно из формул, значение поправки не зависит от абсолютного значения отсчётов сигнала, а определяется их отношением. При этом частота вычисляется по формуле:

$$f_{\text{изм}} = \frac{m - 1}{t_m - t_1 + \Delta t_m + \Delta t_1}, \quad \Delta t_m = \frac{x[i]}{x[i] - x[i + 1]}; \quad (1)$$

где m – число переходов сигнала через ноль заданного типа за общее время измерения T_A ; $t_1 = i_1 T_S$, $t_m = i_m T_S$ – время первого и m -го перехода через ноль соответственно; Δt_1 , Δt_m – соответственно поправки на момент первого и m -го переходов через ноль; $x[i]$, $x[i + 1]$ – значения отсчетов входного сигнала номер i и $(i + 1)$ соответственно.

Источники погрешностей. Одним из минусов данного метода является его чувствительность к постоянной составляющей сигнала

Применение низкочастотной фильтрации для повышения точности измерения частоты по переходам сигнала через ноль

из-за наличия в нём аддитивных составляющих. Для применений, где аддитивная составляющая велика, это может стать существенной проблемой. Еще одна проблема для данной модификации вызвана повышенной чувствительностью метода к фликеру. Как и для случая постоянной составляющей, она может быть снижена путем дополнительной высокочастотной фильтрации входного сигнала. При этом полоса пропускания фильтра должна захватывать основную спектральную компоненту входного сигнала, а частотный диапазон фликера должен попадать в полосу заграждения. В данной работе используется фильтр скользящего среднего.

Построение модели. Была построена имитационная модель с помощью программного пакета Simulinc, что для данной задачи является не самым простым, но наглядным и эффективным решением.

В модели реализуется синусоидальный сигнал, искажённый белым шумом, а частота и период рассчитываются по переходам сигнала через нуль, и определяются абсолютная и относительная погрешности измерения частоты и периода.

Синусоидальный сигнал создается с помощью блока генератора с частотой 50 Гц.

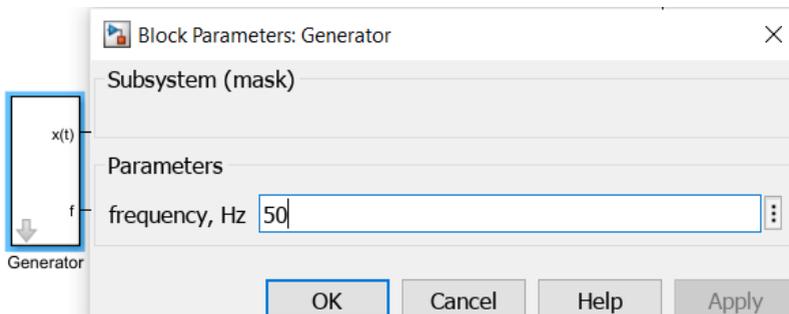


Рисунок 1 — Создание синусоидального сигнала

Реализация метода по переходам через нуль, а также результаты моделирования и полученные погрешности приведены на рис.2

Результаты моделирования. Метод по переходам через нуль показал достаточно точные результаты измерения частоты. При этом абсолютная погрешность составила 0,0067 Гц, а относительная - 0,013%.

Вывод. В ходе данной работы был рассмотрен один из эффективных и точных методов измерения частоты по переходам через нуль, показаны его достоинства и недостатки, произведена оценка погрешности измерения. Кроме того, рассмотрена методика применения фильтра скользящего среднего для повышения точности результата измерения. Была разработана имитационная модель и произведена проверка её работоспособности для входного синусоидального сигнала.

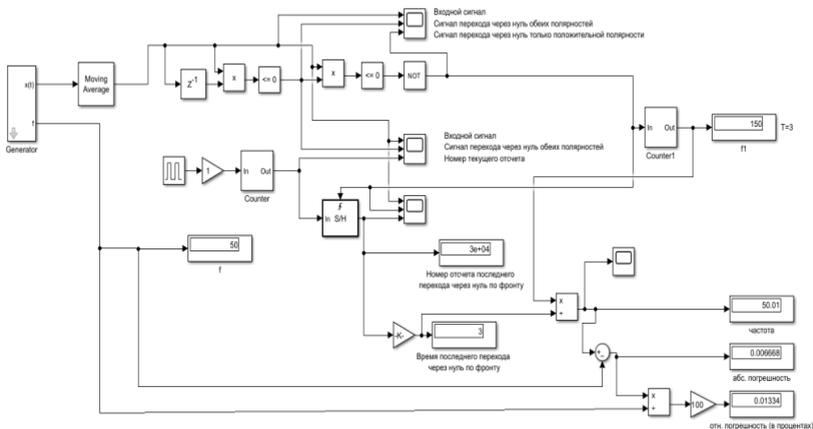


Рисунок 2 - Модель определения частоты сигнала в среде Simulinc

Литература. 1. М. В. Duric; Z. R. Durisic. “Frequency measurement in power networks in the presence of harmonics using Fourier and zero crossing technique,” 2005 IEEE Russia Power Tech, 2005. **2.** Domenicantonio Grillo; Nicola Pasquino; Leopoldo Angrisani; Rosario Schiano Lo Moriello “An efficient extension of the zero-crossing technique to measure frequency of noisy signals,” 2012 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, 2012. **3.** M.M. Begovic; P.M. Djuric; S. Dunlap; A.G. Phadke. “Frequency tracking in power networks in the presence of harmonics,” IEEE Transactions on Power Delivery, 1993 | Volume: 8, Issue: 2, pp. 480-486.

Реквизиты для справок: Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, 13, стр. 1, кафедра Диагностических информационных технологий, кандидату технических наук, доценту, Серову А.Н., тел. (495) 362-72-14. E-mail: SerovAN@mpei.ru.

УДК 621.317.373

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕАРИЗАЦИИ СИГНАЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО ЧАСТОТЫ МЕТОДОМ ПО ПЕРЕХОДАМ ЧЕРЕЗ НУЛЬ

Г.М. ВЕСЕЛОВ, А.Н. СЕРОВ

Введение. Надёжность измерения частоты является актуальной задачей для обеспечения эффективной и безопасной работы электрических приборов и электросети. Во многих современных исследованиях предложены быстрые и точные методы оценки частоты сигналов, которые могут содержать помехи. К таким методам относятся: метод по переходам через нуль [1-3], метод, основанный на анализе приращения фаз, метод адаптивной фильтрации, метод спектрального анализа, метод квадратурной демодуляции, метод применения прямоугольного окна и другие.

Целью данной работы является рассмотрение одного из самых популярных методов определения частоты сигнала во временной области, а именно метод по переходам через нуль и одной из его модификаций, повышающей точность измерения.

В ходе данной работы решаются следующие задачи: построение имитационной модели данного метода, анализ источников погрешности измерения частоты, а также исследование влияния порядка аппроксимирующего полинома на погрешность измерения.

Методика. Суть метода измерения частоты по переходам через нуль заключается в определении времени, когда сигнал повторяет свою форму. В идеальном случае данный интервал равен одному периоду. Если время измерения содержит несколько периодов, удобно использовать все данные интервалы для получения более точной оценки. При таком способе измерения воздействие неосновных гармоник и шума на погрешность минимально.

Проще всего реализовать нахождение перехода можно, выбрав ближайший к нулю отсчёт (последний положительный (отрицательный) отсчёт в периоде). При этом погрешность измерения не будет превышать шага дискретизации. Также преимуществом данного метода является простота вычислений. Так как измерения производятся во временной области и нет необходимости получать частотный спектр сигнала.

Одним из недостатков данного метода является зависимость входного сигнала от шумов и гармоник. Существуют модификации данного метода, направленные на снижение погрешности измерения, такие как метод наименьших квадратов, увеличение количества переходов

через нуль за время измерения, использования фильтрации шумов в сигнале и другие.

Для снижения времени измерения можно фиксировать переходы, интервал между которыми равен не периоду, а половине периода сигнала. Данный подход позволяет в два раза быстрее производить вычисления, при этом значительных изменений погрешности не наблюдается.

Источники погрешностей. Основными источниками погрешности являются шумы и неосновные гармоники сигнала. Данные составляющие оказывают негативное влияние на точность измерения частоты и вызывают случайные колебания, искажение формы сигнала и изменения в частотном спектре с течением времени.

Как правило, обрабатываемые сигналы искажены шумом, из-за чего могут возникать множественные переходы через нуль. Другими словами, возникает “дребезг” сигнала вблизи нуля, что, в свою очередь, приводит к погрешности измерения частоты. Решить данную проблему помогает внедрение защиты от множественных переходов. Вводится зона (интервал) нечувствительности к переходам через нуль, которая активируется после фиксации первого перехода. Обычно длительность такого интервала составляет 0,75 периода основной гармоники сигнала.

Также для снижения влияния высокочастотного шума и старших гармоник на точность измерения частоты используют фильтрацию сигнала. Фильтр, устраняющий высокочастотные помехи и хорошо пропускающий основную гармонику, помогает более точно определять момент перехода через нуль.

Применение линеаризации. Нелинейность сигнала также затрудняет определение момента перехода сигнала через нуль, что приводит к снижению точности измерения временных промежутков между переходами и, как следствие, частоты. Одним из способов решения данной проблемы является применение принципа линеаризации сигнала вблизи нуля. Для этого вводится поправка:

$$\eta = \frac{y[i]}{y[i] - y[i + 1]}, \quad (1)$$

где $y[i]$ и $y[i + 1]$ – отсчёты входного сигнала i и $(i+1)$ номеров соответственно.

Тогда частоту сигнала можно определить следующим соотношением:

$$f_{n,изм} = \frac{m - 1}{(n_1 - n_m) \cdot T_s + (\eta_1 - \eta_m) \cdot T_s}, \quad (2)$$

где m – количество переходов через нуль определённого типа; T_s – шаг дискретизации; n_1 , n_m – номера отсчётов первого и m -го переходов

Применение линеаризации сигнала для повышения точности измерения его частоты методом по переходам через нуль

через нуль соответственно; η_1, η_m – поправки первого и m -го переходов через нуль соответственно.

Также применение полиномов различных порядков позволяет аппроксимировать форму сигнала для более точного определения перехода через нуль. В общем случае, с увеличением порядка многочлена следует ожидать уменьшение влияния шума на погрешность. Однако, чем больше порядок, тем больший объём вычислений он требует, что замедляет процесс вычисления. На практике часто используют различные типы полиномов (например, полиномы Лагранжа или полиномы Ньютона).

Построение модели. Для изучения рассматриваемого метода была построена имитационная модель с помощью программного пакета Matlab, что для данной задачи является простым и эффективным решением.

В модели реализуется синусоидальный сигнал, искажённый белым шумом, рассчитываются частота и период методом по переходам через нуль. Также реализуется защита от множественных переходов и вводится поправка для линеаризации сигнала в окрестности нуля. Производится оценка относительной погрешности измерения частоты с учётом поправки.

Построение модели включает:

- создание синусоидального сигнала и задание параметров моделирования:
- задание параметров сигнала: амплитуды $A = 1$, номинальной частоты $f_n = 50$ Гц и начальной фазы $\varphi = 0$;
- задание параметров моделирования: времени моделирования - 5 периодов и частоты дискретизации $f_s = 10$ кГц;
- наложение белого шума с помощью функции $\text{awgn}(in, \text{snr})$, где in — входной (синусоидальный) сигнал, $\text{snr} = 40$ дБ — отношение сигнал/шум;
- реализацию метода по переходам через нуль (с введением зоны нечувствительности и поправки): алгоритм в цикле фиксирует номера отсчётов (первого за период) перехода через нуль и подсчитывает их количество. Переход происходит, когда знаки двух соседних отсчётов различны. Интервал нечувствительности составляет 75% от периода (в это время поиск переходов не производится). Также при нахождении перехода рассчитывается поправка в соответствии с формулой (1);
- расчёт частоты, её относительной погрешности и периода. Частота сигнала (с учётом поправки) рассчитывается по формуле (2);
- вывод результатов моделирования.

Результаты моделирования. Метод по переходам через нуль достаточно точно определяет значение частоты, при этом относительная погрешность измерения не превышает 1%.

Наглядный пример необходимости использования защиты от множественных переходов отражен в таблицах 1 - 2.

При отсутствии защиты от множественных переходов правильный подсчёт количества переходов происходит только при уровне сигнал/шум равном 40 дБ и частоте дискретизации 10 кГц. Используя зону нечувствительности, алгоритм работает правильно, однако при слишком низком отношении сигнал/шум необходимо использовать фильтрацию сигнала.

Таблица 1 — Сравнение количества переходов через нуль в зависимости от отношения сигнал/шум

	Без защиты	С защитой
Отношение сигнал/шум (дБ)	Количество переходов через нуль (количество полупериодов)*	Количество переходов через нуль определённого типа (количество периодов)
40	10	4-5**
30	15	4-5**
20	31	4-5**
10	127	4-5**

* приближенное количество

** количество подсчитанных переходов зависит от фазы (алгоритм работает правильно)

Таблица 2 — Сравнение количества переходов через нуль в зависимости от частоты дискретизации

	Без защиты	С защитой
Частота дискретизации (кГц)	Количество переходов через нуль (количество полупериодов) *	Количество переходов через нуль определённого типа (количество периодов)
10	9	4-5**
100	30	4-5**
1000	336	4-5**

* приближенное количество

** количество подсчитанных переходов зависит от фазы (алгоритм работает правильно)

Применение линеаризации сигнала для повышения точности измерения его частоты методом по переходам через нуль

С увеличением времени измерения погрешность измерения частоты уменьшается, при этом введение поправки (применение линеаризации вблизи нуля) даёт ещё более точный результат измерения (таблица 3).

Вывод. В ходе данной работы был рассмотрен один из эффективных и точных методов измерения частоты по переходам через нуль, его достоинства и недостатки, произведена оценка погрешности. Кроме того, рассмотрена методика применения линеаризации для повышения точности результата измерения. С помощью разработанной имитационной модели, была произведена проверка её работоспособности для входного синусоидального сигнала, искаженного белым шумом.

Таблица 3 — Сравнение количества переходов через нуль в зависимости от частоты дискретизации

Время моделирования (целое количество периодов)	Относительная погрешность измерения частоты без учёта поправки (%)	Относительная погрешность измерения частоты с учёта поправки (%)
5	0,17	0,053
10	0,063	0,021
100	0,0051	0,0025
1000	$5,01 \cdot 10^{-4}$	$8,7 \cdot 10^{-5}$

Литература. 1. М. В. Duric; Z. R. Durisic. “Frequency measurement in power networks in the presence of harmonics using Fourier and zero crossing technique,” 2005 IEEE Russia Power Tech, 2005. **2.** Domenicantonio Grillo; Nicola Pasquino; Leopoldo Angrisani; Rosario Schiano Lo Moriello “An efficient extension of the zero-crossing technique to measure frequency of noisy signals,” 2012 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, 2012. **3.** М.М. Begovic; P.M. Djuric; S. Dunlap; A.G. Phadke. “Frequency tracking in power networks in the presence of harmonics,” IEEE Transactions on Power Delivery, 1993 | Volume: 8, Issue: 2, pp. 480-486.

Реквизиты для справок: Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, 13, стр. 1, кафедра Диагностических информационных технологий, кандидату технических наук, доценту, Серову А.Н., тел. (495) 362-72-14. E-mail: SerovAN@mpei.ru

УДК 621.317.373

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ В СЛУЧАЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫСТРЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ

А.С. ОРЛОВ, А.В. ПАВЛОВИЧ, А.Н. СЕРОВ

В электроэнергетике измерение частоты сигнала играет критическую роль [1]. Оценка алгоритмов измерения частоты проводится по следующим ключевым параметрам: точность (как для синусоидальных, так и для полигармонических сигналов), скорость вычисления и сложность реализации. Подробный обзор существующих цифровых методов измерения частоты представлен в работах [2-5].

Наиболее точные методы измерения частоты, такие как метод перехода сигнала через нуль (и его модификации) [4-7], метод измерения приращения фазы [4] и спектральный метод [8], отличаются значительным временем обработки. Это их существенный недостаток. Кроме того, реализация последних двух методов затруднена из-за использования дискретного преобразования Фурье [4,6, 8].

Для задач, требующих высокой скорости измерения, разработаны быстрые методы, например, метод, основанный на трёх отсчётах входного сигнала [9-13]. Его преимущества – высокая скорость и простота реализации, обеспечивающие получение большого объёма данных за единицу времени. Погрешность, меняющаяся во времени (основной недостаток метода), может быть снижена последующей обработкой результатов. В работе будет исследовано влияние параметров входных фильтров, гармоник и шума на погрешность при измерениях данным методом.

Метод измерения частоты по трём отсчётам [9-13] использует аналитическое соотношение для каждой тройки последовательных выборок и вычисляет частоту по формуле:

$$f[k] = \frac{f_s}{2\pi} \cdot \arccos\left(\frac{x[k-1] + x[k+1]}{2x[k]}\right), \quad (1)$$

где $x[k]$, $x[k-1]$, $x[k+1]$ – соответственно текущий, предыдущий и последующий отсчёты сигнала; f_s – частота дискретизации.

Предложенный алгоритм характеризуется высокой скоростью и простотой реализации, однако, не лишен недостатков, приводящих к дополнительным погрешностям.

Исследование влияния параметров входных фильтров на погрешность измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения

Главная причина погрешности – ограниченная применимость алгоритма к несинусоидальным сигналам. Поэтому необходима дополнительная обработка результатов измерения для компенсации искажений входного сигнала. Также погрешности возникают вблизи нулевых значений входного сигнала, что связано с использованием близких к нулю отсчетов в знаменателе уравнения (1) и, как следствие, неопределенности результата.

Наличие гармоник и шумов (поскольку метод предназначен для чисто синусоидальных сигналов) увеличивает общую погрешность.

Применение пост-фильтрации, например, фильтра скользящего среднего (ФСС), значительно снижает погрешность.

В настоящей работе исследовалось влияние длины ФСС на погрешность измерения частоты синусоидального сигнала, а также влияние дополнительных гармоник и шума. Результаты моделирования представлены на Рис. 1-3.

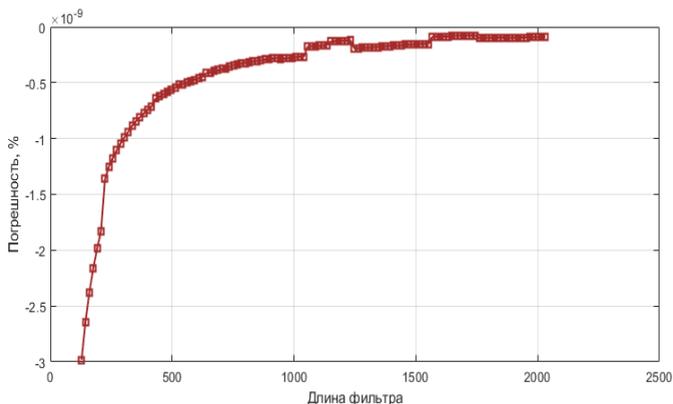


Рисунок 1 - Погрешность измерения частоты синусоидального сигнала при использовании ФСС

С изменением длины окна фильтра скользящего среднего, характер графика изменяется, однако расчет погрешности остается достаточно точным. Чем больше длина окна, тем меньше погрешность.

Для случаев сигнала с шумом и наличия дополнительной гармоники на входе, тенденция уменьшения погрешности с ростом длины окна фильтра сохраняется.

Также в данной работе были проанализированы и построены зависимости погрешности от амплитуды входной гармоники и зависимость погрешности от частоты гармоники, для фиксированной длины филь-

тра. В обоих случаях метод показывает одинаковый результат – отсутствие воздействия данных факторов на проводимое измерение частоты.

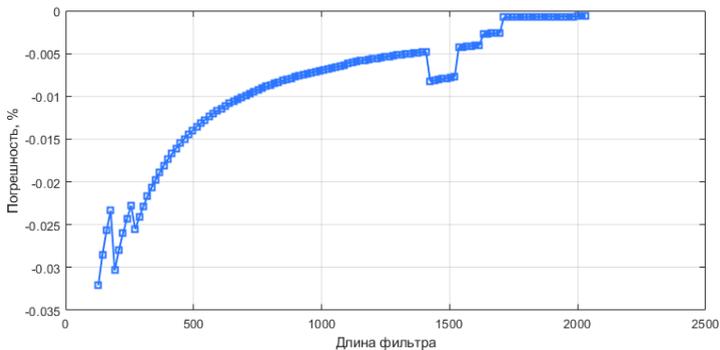


Рисунок 2 - Погрешность измерения частоты синусоидального сигнала с шумом

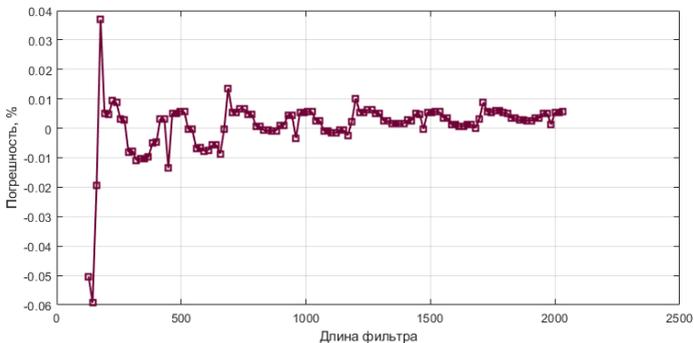


Рисунок 3 - Погрешность измерения частоты синусоидального сигнала с дополнительной аддитивной гармоникой

Таким образом, полученные результаты явно указывают на то, что увеличение длины окна фильтра скользящего сигнала положительно сказывается на расчете частоты, вне зависимости от таких факторов, как дополнительная гармоника на входе, ее частота и амплитуда, а также зашумленность сигнала.

Исследование влияния параметров входных фильтров на погрешность измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения

Литература. 1. "IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions - Redline," in IEEE Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000) - Redline, pp.1-52, 19 March 2010. **2.** Andrey N. Serov, Ekaterina A. Dolgacheva, Alexander A. Shatokhin, Alexander Novitskiy, Steffen Schlegel, Dirk Westermann. "Comparative Analysis of Digital Frequency Measurement Methods for Power Networks," 2020 3rd International Colloquium on Intelligent Grid Metrology (SMAGRIMET), pp.7-14, 2020. **3.** B. Boashash. "Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal. II. Algorithms and applications", Proc. of the IEEE, vol. 80, no. 4, pp. 540-568, 1992. **4.** M. M. Begovic, P. M. Djuric, S. Dunlap and A. G. Phadke. "Frequency tracking in power networks in the presence of harmonics," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, no. 2, pp. 480-486, 1993. **5.** S. A. Podobuev, A. A. Krylovich and A. N. Serov, "Application of Least-Squares for Frequency Measurement Error Reducing for the Zero-Crossing Technique," 2024 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), Vyborg, Russian Federation, 2024, pp. 1-6. **6.** Andrey N. Serov, Kirill A. Ivanenko, Nikolay A. Serov. "Application of Sliding DFT Filtration to Improve Frequency Measurement Accuracy of Zero Crossing Technique," 2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), pp.1-8, 2021. **7.** Kirill A. Ivanenko, Andrey N. Serov. "Zero-Crossing Technique Modification for the Frequency Measurements of Real Power Grids," 2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech), pp.106-109, 2020. **8.** D. Agrez. "Weighted multipoint interpolated DFT to improve amplitude estimation of multifrequency signal," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 51, no. 2, pp. 287-292, 2002. **9.** Ali Abdollahi; Farhad Matinfar. "Frequency Estimation: A Least-Squares New Approach," IEEE Transactions on Power Delivery, 2011, vol. 26, issue 2, pp. 790-798. **10.** Antonio Lopez; Juan-Carlos Montano; M. Castilla; Jaime Gutierrez; M. Dolores Borrás; Juan Carlos Bravo. "Power System Frequency Measurement Under Nonstationary Situations," IEEE Transactions on Power Delivery, 2008, Volume: 23, Issue: 2, pp. 562-565. **11.** M.D. Kusljevic. "A simple recursive algorithm for frequency estimation," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2004, Volume: 53, Issue: 2, pp. 335-336. **12.** Ould Abdeslam D., Wira P., Mercklé J., Flieller D. "A neural learning approach for time-varying frequency estimation of distorted harmonic signals in power systems," 1st International ICSC Symposium on Industrial Application of Soft Computing. – 2005, pp. 91-98. **13.** D. S. Evtekhova, A. V. Pavlovich and A. N. Serov, "An Approach

for Improving the Accuracy of Measuring the Input Signal Frequency for the Measurement Method of Three Samples," 2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2023, pp. 1010-1013.

Реквизиты для справок: *Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, 13, стр. 1, кафедра Диагностических информационных технологий, кандидату технических наук, доценту, Серову А.Н., тел. (495) 362-72-14. E-mail: SerovAN@mpei.ru*

УДК 621.38

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ФИКСАЦИИ КОРРОДИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ

С.В. УМБЕТОВ

Проблема контроля состояния подземных коммуникаций весьма остро стоит для каждого города. Ведь в случае повреждения замена одного метра трубопровода с предварительным извлечением из грунта стоит немалую сумму и занимает много времени.

По этой причине вопросы предотвращения порывов весьма актуальны. В настоящее время, как правило, производят контроль при монтаже труб и по причине высокой стоимости и сложности - только внешней поверхности стенок. Однако плановые проверки состояния не проводят вовсе, так как существующие методы требуют извлечения труб из грунта, что невозможно в реальной жизни по причине высокой сложности и стоимости данной операции.

Изучение методов неразрушающего контроля показало, что все они требуют непосредственного контакта с исследуемым объектом, что не подходит по раннее описанным причинам. Именно поэтому было решено разработать алгоритм оценки качества металлических труб на основе существующего оптического метода контроля и проводить контроль внутренней поверхности стенки труб без извлечения из грунта [5-9].

Для этого само исследование будет проходить непосредственно внутри труб, а в качестве способа доставки выбрана разработанная роботехническая платформа [10]. К числу дефектов, обнаруживаемых неразрушающими оптическими методами, относятся пустоты, расслоения, поры, трещины, включения инородных тел, внутренние напряжения, изменение структуры материалов и их физико-химических свойств, отклонения от заданной геометрической формы [7-9] (рис. 1).

Исследование возможности использования алгоритмов цифрового зрения для фиксации корродированных участков



Рисунок 1 – Пример коррозии внутренней поверхности трубопровода

Исследовательская установка представляет собой камеры с матрицей высокого разрешения и купольного объектива. В качестве подсветки используются инфракрасные светодиодные излучатели, расположенные на внешней поверхности объектива камеры. Данные с камеры посредством канала связи передаются на компьютер оператора, где и происходит обработка видеопотока.

Изображение описывается математической моделью в виде матрицы значений [3 - 5]:

$$Y_{i,j} = (1 - d_{i,j}) \cdot S_{i,j} + d_{i,j} \cdot C_{i,j}, \quad (1)$$

$$Y_{i,j}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}, \quad (2)$$

Формула (1) является матрицей значений вида (2) где $Y_{i,j}$ - наблюдаемое изображение, $S_{i,j}$ - оригинальное (неповрежденное) изображение, $d_{i,j}$ - бинарная маска дефектов, которая показывает, какой именно участок на изображении поврежден.

Процесс состоит из трех этапов: предварительная обработка, выявление дефектов и их реконструкция. Хорошая предварительная обра-

ботка позволяет улучшить эффективность последующих обработка, выявления дефектов, сводя к минимуму влияние шумов. На этапе обнаружения дефектов используются локальные бинарные дескрипторы (LBP) для анализа текстуры локальных областей изображения.

Метод LBP основан на сравнении яркости каждого пикселя в окружении центрального пикселя. Каждый пиксель получает бинарный код, который формируется в зависимости от того, превышает ли яркость соседнего пикселя яркость центрального.

Эти бинарные коды затем используются для создания гистограммы, которая служит дескриптором для области. Для классификации, используя метод опорных векторов (SVM), изображение классифицируется на участки с дефектами и без них. SVM является мощным инструментом для классификации на основе обучающих данных, что позволяет алгоритму точно различать поврежденные и неповрежденные области.

После обнаружения дефектов следует этап реконструкции, на котором поврежденные области восстанавливаются с использованием информации из соседних пикселей.

Эта комплексная система позволяет эффективно выявлять и исправлять дефекты на изображениях, такие как царапины или другие визуальные артефакты.

Использование LBP в сочетании с SVM обеспечивает высокую точность и надежность в задачах компьютерного зрения, связанных с обработкой изображений.

Модифицированный LBP оператор может быть записан следующим образом (3)

$$LBP_{P,K} = \begin{cases} \sum_{p=1}^P f(g_p - g_0) & \text{if } U \leq U_T \\ P+1 & \text{otherwise} \end{cases}, f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Таким образом формируется гистограмма для локальной области, представляющая собой дескриптор анализа локальных областей в изображении на наличие дефектов.

Литература. 1. Barni M., Bartolini F., Cappellini V. Image processing for virtual restoration of artworks. IEEE Multimedia, vol. 7, no. 2, pp. 34-37, 2000. 2. Qingquan L.I., Xianglong LIU. Novel Approach to Pavement Image Seg-mentation Based on Neighboring Difference Histogram Method. Congress on Image and Signal Processing, pp. 78-85, 2008. 3. Dabov K., Foi A., Katkovnik V., Egiazarian K. Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering. Image Processing, IEEE Transactions on 16 (8), pp. 2080-2095, 2007. 4. Ojala T., Pietikainen M., Maenpaa T.

Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 24, no. 7, 2002. **5.** Воронин В.В., Марчук В.И., Гапон Н.В., Сизякин Р.А. Использование метода реконструкции двумерных сигналов при восстановлении архивных фотографий// Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника, № 9, С. 16-20, 2011. **6.** Неразрушающий контроль : справ. : в 8 т. / под общ. ред. В. В. Клюева. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2006. **7.** Неразрушающий контроль и диагностика : справ. / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев [и др.] ; под ред. В. В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2005. – 656 с. **8.** Методы неразрушающего контроля : метод. указания к лабораторным работам / сост.: В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский, А. А. Кузнецов, А. Ю. Смолин. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588-2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин). **9.** Методы неразрушающего контроля. Ч.1. Неразрушающие методы контроля материалов и изделий : учеб. пособие / В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский, А. А. Кузнецов [и др.]. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 104 с. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588-2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин). **10.** Робот червяк. С.В. Умбетов, Алтайский политехник №2, 2014.

Реквизиты для справок: E-mail:eva_09@inbox.ru.

УДК 621.317.382.001.4

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО
КАНАЛА НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ
ДЛЯ МЕТОДА ПО ПЕРЕХОДАМ СИГНАЛА ЧЕРЕЗ НУЛЬ**

А.С. СОБОЛЕВСКАЯ, С.А. ПОДОБУЕВ, А.Н. СЕРОВ

В настоящее время частота является одним из наиболее важных параметров электросети [1-5]. Для измерения частоты наиболее популярны цифровые методы измерения по причине их более высокой точности как для случая синусоидальных, так и полигармонических сигналов при возможном присутствии шума и фликера.

Наибольшую популярность получил так называемый метод по переходу сигнала через нуль [2, 3] и многочисленные его модификации. Данный метод наиболее прост в реализации и является промышленным стандартом для средств измерений показателей качества электроэнергии.

Метод по переходам сигнала через нуль состоит в определении интервала времени между переходами сигнала через нуль одного типа (по фронту или по срезу). Полученное время пропорционально периоду входного сигнала. Значение частоты может быть получено как величина, обратная периоду. Таким образом, алгоритм для измерения частоты сигнала для рассматриваемого метода измерения принимает вид:

$$f = \frac{m - 1}{t_m - t_1} \cong \frac{m - 1}{(n_m - n_1) \cdot T_S}, \quad (1)$$

где m – число переходов через нуль; T_S – шаг дискретизации (величина, обратная периоду дискретизации); t_1 – момент времени первого перехода измеряемого сигнала через нуль заданной полярности (фронт или срез); t_m – момент времени последнего (m -го) перехода сигнала через нуль; n_1 – отсчет сигнала, соответствующий первому переходу через нуль заданной полярности (фронт или срез); n_m – отсчет сигнала, соответствующий времени последнего (m -го) перехода через нуль.

Отметим, что нулевой уровень выбран в качестве уровня для определения перехода сигнала, поскольку для данного уровня скорость изменения синусоидального сигнала максимальна. В случае использования выражения (1) методическая погрешность измерения обусловлена неопределённостью перехода сигнала через нуль. Длительность времени неопределённости момента перехода составляет половину шага дискретизации. Поскольку в соотношении (1) фигурируют два перехода через нуль, то общее значение погрешности определяется как:

$$\delta_{f,max} \cong \delta_{T,max} = \frac{T_S}{m \cdot T}, \quad (2)$$

где T – истинное (или измеренное) значение периода входного сигнала.

Минимальное время выполнения измерения соответствует одному периоду входного сигнала. Существуют подходы [3,4], позволяющие сократить время измерения до половины периода входного сигнала. Соответственно, алгоритм измерения в данном случае предполагает поиск переходов через нуль обоих полярностей. Расчётная формула (1) соответствует полупериоду входного сигнала (для получения значения частоты результат (1) должен быть разделён на 2), а под параметрами t_1 и t_m следует понимать моменты времени перехода через нуль обоих знаков (по фронту и по срезу). Такой подход возможен в случае, если во входном сигнале отсутствует постоянная составляющая и фликер.

Оценка влияния инструментальных составляющих погрешности измерительного канала на погрешность измерения частоты для метода по переходам сигнала через нуль

Если данные составляющие присутствуют во входном сигнале и не подавлены в достаточной степени, то длительность положительной полуволны сигнала не совпадает с длительностью отрицательной полуволны. Соответственно, применение данной методики приведёт к возникновению погрешности.

В подходе (1) за момент перехода через нуль принимается номер отсчёта, ближайший к этому переходу. Для снижения неопределённости перехода сигнала через нуль может быть применена аппроксимация сигнала в окрестностях данной точки. В качестве аппроксимирующей функции разумно применить степенную полиномиальную функцию.

Для случая синусоидального сигнала, его форма вблизи перехода через нуль близка к линейной. По этой причине для аппроксимации может быть применена линейная функция, для описания которой использован полином первого порядка. На рис. 1 показан принцип применения кусочно-линейной аппроксимации для уточнения момента перехода сигнала через нулевой уровень.

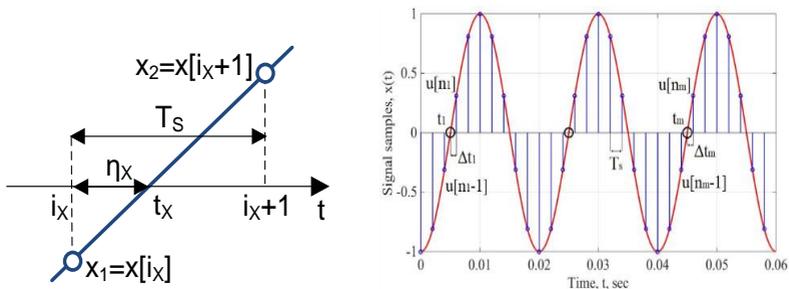


Рисунок 1 – Принцип определения уточнения перехода входным сигналом через нулевой уровень.

В публикациях [6-8] было получено аналитическое выражение, позволяющее уточнить момент перехода сигнала через нуль (использована кусочно-линейная аппроксимация):

$$\mu_{x+} = -\frac{x_1}{x_2 - x_1} T_s, \quad \mu_{x-} = -\frac{x_2}{x_2 - x_1} T_s, \quad (3)$$

где $x_1 = x[i_X]$ – левый (меньший по номеру) отсчёт сигнала $x[n]$; $x_2 = x[i_X + 1]$ – правый (больший по номеру) отсчёт сигнала $x[n]$; i_X – номер отсчёта сигнала, ближайший к его переходу через нуль.

Выражение (3) для μ_{x+} получено для случая, когда в качестве ближайшего отсчёта к переходу сигнала через нуль (по фронту) используется последний отрицательный отсчёт (левый). Аналогично, выражение (3) для μ_x соответствует значению уточнения перехода через нуль (по срезу), когда в качестве n_x используется последний отрицательный отсчёт сигнала.

Тогда значение частоты сигнала может быть рассчитано с помощью следующего модифицированного выражения (см. выражение (1)):

$$f \cong \frac{m}{(n_m - n_1) \cdot T_S + \mu_m - \mu_1}, \quad (4)$$

Поскольку сигнал изменяется вблизи перехода через нуль не по линейному закону, применение соотношений (3) и (4) приводит к конечной погрешности измерения. Для случая синусоидального сигнала, данная погрешность может быть оценена с помощью соотношения [6]:

$$\delta_f = \frac{0.06 \cdot \omega_{max}^3}{\pi \cdot m \cdot f_S^3}, \quad (5)$$

где ω_{max} – максимальное значение угловой частоты входного сигнала.

Наличие гармоник, шумов и фликера будет приводить к увеличению данной погрешности. Другими причинами возникновения погрешности являются инструментальные составляющие погрешности измерительного канала, связанные с несовершенством рассматриваемой элементной базой.

Шум удобно представить как случайный процесс. Уменьшить погрешность измерения возможно путём применения фильтрации сигнала до выполнения измерения частоты рассматриваемым алгоритмом. Применение фильтрации позволит снизить СКЗ шума.

Наличие во входном сигнале гармоник может приводить к снижению скорости изменения сигнала вблизи перехода через нуль, что увеличивает погрешность измерения. Применение фильтрации также позволяет уменьшить данный эффект. Таким образом правильно разработанный фильтр позволяет снизить влияние гармоник на восприимчивость алгоритма измерения к шумам.

Помимо шума и неосновных гармоник, входной сигнал может содержать фликер. Проведённые исследования показывают, что метод по переходам сигнала через нуль демонстрирует высокую устойчивость непосредственно к воздействию фликера прямоугольной и синусоидальной форм. Однако следует учесть, что наличие фликера, подобно

Оценка влияния инструментальных составляющих погрешности измерительного канала на погрешность измерения частоты для метода по переходам сигнала через нуль

влиянию неосновных гармоник, может приводить к снижению скорости изменения сигнала в окрестностях перехода через нуль, что повышает восприимчивость алгоритма измерения к шумам. По этой причине фильтрация фликера также полезна. Эффект фликера состоит в амплитудной модуляции входного сигнала на относительно низкой частоте, не превосходящей частоту основной спектральной компоненты. В спектральной области наличие фликера приводит к появлению низкочастотной составляющей.

Наличие постоянной составляющей во входном сигнале само по себе не приводит к возникновению погрешности измерения частоты. Однако, смещение входного сигнала относительно нулевого уровня может приводить к уменьшению скорости изменения сигнала вблизи нуля и, как следствие, увеличению погрешности измерения частоты. По этой причине представляется полезным подавление постоянной составляющей погрешности.

Применяемый низкочастотный фильтр должен:

– обеспечить подавление неосновных спектральных компонент, частоты которых кратны частоте входного сигнала:

$$\omega_i = i \cdot \omega_1, \quad i = 2, 3, \dots, M; \quad (6)$$

где M – число рассматриваемых гармоник; ω_1 – угловая частота основной спектральной компоненты;

– обеспечить подавление шумов во всей полосе частот за исключением полосы основной спектральной компоненты $(f_{1,ном} - \Delta f) \div (f_{1,ном} + \Delta f)$, где $f_{1,ном}$ – номинальное значение частоты основной компоненты, Δf – максимальное отклонение частоты от номинального значения;

– обеспечить подавление низкочастотных спектральных компонент (интергармоник) в диапазоне $0 \div (f_{1,ном} - \Delta f)$.

Минимальное затухание во всей полосе заграждения фильтра должно быть выбрано как можно большим для обеспечения максимального подавления шума, гармоник, фликера и постоянной составляющей. Максимальная неравномерность в полосе пропускания слабо влияет на погрешность измерения. Как видно из соотношений (3), значение времени перехода сигнала через нуль зависит от отношения отсчётов сигнала, а не от их абсолютных значений. Отклонения АЧХ фильтра в полосе пропускания приводят к возникновению относительной погрешности отсчётов. Снижение уровня входного сигнала (неравномерность АЧХ в большинстве случаев характеризуется спадом) приводит к усилению влияния нелинейности АЦП и погрешности

квантования. Из [6] известно, что влияние этих составляющих погрешности может быть оценено сверху с помощью соотношения:

$$\delta_f = \frac{(INL + 0.5) \cdot q \cdot f_s}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot X_{m,out}}, \quad (7)$$

где INL – значение интегральной нелинейности АЦП; $X_{m,out}$ – амплитудное значение выходного сигнала фильтра; q – значение единицы младшего разряда АЦП.

Поскольку амплитудное значение связано с неравномерностью АЧХ фильтра соотношением:

$$X_{m,out} = X_m \cdot (1 - A), \quad (8)$$

где X_m – амплитудное значение входного сигнала, поступающего на фильтр, то видно, что с увеличением неравномерности A фильтра в полосе пропускания (снижением значения коэффициента передачи фильтра) погрешность измерения частоты имеет тенденцию к росту.

Таким образом, по возможности следует снижать неравномерность фильтра в полосе пропускания. Но более важным критерием является повышение затухания в полосе заграждения.

Литература. 1. IEEE standard definitions for the measurement of electric power quantities under sinusoidal, balanced or unbalanced conditions, IEEE Std. 1459-2010. 2. M.M. Begovic, P.M. Djuric, S. Dunlap, A.G. Phadke. “Frequency tracking in power networks in the presence of harmonics,” IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, issue 2, 1993, pp. 480-486. 3. Serov, A.N. Applying a Moving Average Filter to Reduce the Frequency Measurement Error for the Case Applying by the Zero Crossing Technique / A.N. Serov, K.A. Ivanenko, D.A. Chumachenko // Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications. – Kaliningrad, Russia, 2021, P. 1–6. 4. P. Petrovic, S. Marjanovic, M. Stevanovic. “Digital method for power frequency measurement using synchronous sampling,” IEE Proceedings - Electric Power Applications, vol. 146, issue 4, 1999, pp. 383-390. 5. B. Boashash. “Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal. II. Algorithms and applications,” Proceedings of the IEEE, vol. 80, issue 4, 1992, pp. 540-568. 6. Andrey N. Serov; Alexander Novitskiy; Alexander A. Shatokhin; Steffen Schlegel; Ekaterina A. Dolgacheva; Dirk Westermann. “Comparative Analysis of Digital Frequency Measurement Methods for Power Networks,” 2020 3rd International Colloquium on Intelligent Grid Metrology, 2020. 7. D. Agrez. “Fast measurement of power system frequency in the frequency domain,”

Оценка влияния инструментальных составляющих погрешности измерительного канала на погрешность измерения частоты для метода по переходам сигнала через нуль

XVIII IMEKO world congress of Metrology for a Sustainable Development, 2006. 8. A.N. Serov, A.A. Shatokhin, N.A. Serov. "Features of Application of Frequency Measurement Technique Based on Spectral Analysis for Real Electrical Power Networks," Proceedings - 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon-2019), 2019, pp. 1-6.

Реквизиты для справок: *Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, 13, стр. 1, кафедра Диагностических информационных технологий, кандидату технических наук, доценту, Серову А.Н., тел. (495) 362-72-14. E-mail: SerovAN@mpei.ru*

УДК 591.044

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОРОШКА МИКРОВОДОРОСЛИ

О.Л. АХРЕМЧИК, Н.В. КУЗНЕЦОВ

Целью работы является совершенствование систем контроля (наблюдателей) состояния слабоформализованных объектов управления. Примерами таких объектов являются сушилки биоматериалов. Одним из направлений совершенствования систем контроля является применение многопараметрических датчиков, изготавливаемых в виде отдельных сенсорных блоков [1].

Объектом и предметом исследования являются программное и техническое обеспечения систем контроля параметров технологического оборудования. В данной работе рассматриваются средства измерения влажности сухого порошка микроводоросли *Chlorella*. Порошок производится параллельно с розливом жидкой суспензии по заявкам сбытовой сети. Верхний предел изменения влажности, согласно требованиям, не должен превышать 10%. Такой предел определяет в качестве доминирующего выбор резонаторного способа контроля влажности на основе генератора сверхвысокой частоты (СВЧ).

Новизной работы является использование резонаторного влагомера применительно к новому продукту с использованием двух влагомеров для контроля влажности непосредственно после сушилки и после дополнительно вводимого устройства досушки. В связи с этим в программное обеспечение системы контроля влажности сухого порошка добавлен модуль управления досушкой по сигналу выхода первого влагомера. Таким образом, система контроля имеет двухуровневую структуру. На нижнем уровне расположены влагомеры, на верхнем уровне используются программные средства управления досушкой. Индикация влажности осуществляется на всех уровнях системы.

В состав влагомера резонаторного типа входят (рис.1): программно реализуемый блок управления и контроля (БУК); СВЧ генератор, детектор и резонатор; датчик температуры (ДТ) [2]. Генератор обеспечивает формирование пилообразных колебаний гигагерцовой частоты, на которую настроен детектор. Таким образом, в измерительном пространстве имеется как минимум два измерительных преобразователя для контроля параметров порошка, что подтверждает правильность ориентации на многопараметрические датчики. Датчики монтируются в пределах направляющих стоек, что облегчает монтаж и техническое обслуживание блока.

Следует отметить, что с учётом ограничений на тепловое воздействие для предотвращения распада белков микроводоросли необходима программная реализация в БУК расчёта скорости изменения температуры. Это позволяет предотвращать пересушку и, в свою очередь, расширяет пространство координат в системе контроля влажности с формированием ограничений на уровень управления в устройстве дошки.

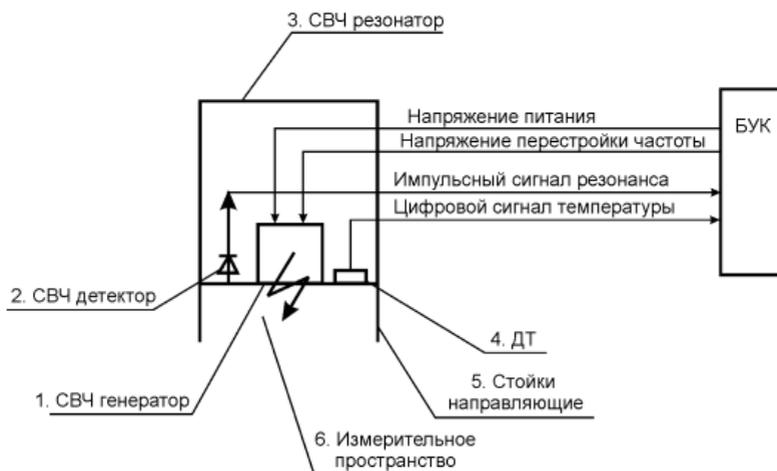


Рисунок 1 – Состав влагомера нижнего уровня системы контроля

Следует отметить, что с учётом ограничений на тепловое воздействие для предотвращения распада белков микроводоросли необходима программная реализация в БУК расчёта скорости изменения температуры. Это позволяет предотвращать пересушку и, в свою очередь, расширяет пространство координат в системе контроля влажности с формированием ограничений на уровень управления в устройстве дошки.

Третьим контролируемым параметром в измерительном пространстве должна стать насыпная плотность порошка. Контроль данного параметра в потоке затруднён и выходом из ситуации является обеспечение уплотнения порошка в измерительном пространстве в течение определённого интервала времени с заменой в следующем измерительном цикле. Использование операций уплотнения позволяет заменить датчик плотности датчиком контроля наличия порошка в камере (на рис. 1 не показан).

БУК влагомеров нижнего уровня системы контроля имеет цифровой выход для связи с компьютером. Де факто в РФ в системах автоматизации используется интерфейс RS485. В модуле верхнего уровня такого входа нет, поэтому в состав системы вводится блок преобразования цифрового сигнала с выходом USB и добавлением в состав прикладного программного обеспечения драйвера преобразователя.

Программная реализация управления досушкой реализуется с использованием скрипта пользователя в СКАДА системе. Авторами в качестве языка для написания скрипта использовался C#. Выбор языка определяется использованием программных решений фирмы «Круг» в предыдущих разработках приложений верхнего уровня автоматизации.

Решение задач определения приборного базиса для реализации системы контроля влажности порошка микроводоросли в потоке показывает, что в РФ практически не производятся влагомеры, способные реализовать функционал нижнего уровня. Данные согласуются с результатами поиска десятилетней давности [3]. Реальный влагомер, подходящий для системы контроля влажности порошка микроводоросли, производится в республике Беларусь (китайские производители не рассматривались) [2].

Апробация предлагаемых решений показала необходимость дополнительной градуировки резонаторных поточных влагомеров на конкретный продукт. Пределом суммарной абсолютной погрешности влажности сухого порошка является значение 0.75 %. Следует отметить, что в настоящее время в системах управления досушкой биорасторов используются в основном лабораторные влагомеры.

Таким образом, в ходе структурного синтеза систем контроля влажности порошка микроводоросли после сушки предлагается применение двухуровневой системы с использованием многопараметрических датчиков в составе влагомеров нижнего уровня. Передача цифровых сигналов с влагомеров в компьютер верхнего уровня позволяет осуществить формирование сигнала на досушку порошка в специальном устройстве. Обязательной составляющей многопараметрического датчика является измерительный преобразователь температуры.

Литература. 1. Ахремчик О.Л. Использование многопараметрического датчика при контроле расхода суспензии в процессе сушки / О.Л. Ахремчик, Н.В. Кузнецов // Мат. III Всероссийской научно-практ. конф. «Современные цифровые технологии». Барнаул, АлтГТУ. 2024. – С. 216–218. **2.** Лисовский В.В. Современные методы экспрессного анализа влажности сельскохозяйственных материалов / В.В. Лисовский // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. 2006. №2. – С. 102–107. **3.** Секанов Ю.П. Современное состояние науки и практики в области влагометрии кормов / Ю.П. Секанов // Техника и технологии в животноводстве. 2013. №3 (11). – С. 159–166.

Реквизиты для справок: *Россия, 170026, Тверь, наб. Аф. Никитина 22, Тверской государственный технический университет, доктору технических наук, профессору, Ахремчику О.Л., тел. (4822) 78-93-38. E-mail: axremchic@mail.ru*

УДК 621.317.361

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ В СЛУЧАЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫСТРЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ

А.В. ПАВЛОВИЧ, Д.С.ЕВТЕХОВА, А.Н. СЕРОВ

Измерение частоты сигнала является одной из ключевых задач в сфере электроэнергетики [1]. Наилучший обзор имеющихся цифровых методов измерения частоты представлен в работах [2, 3]. Известно, что наиболее точные методы измерения требуют значительного измерительного интервала, что является их слабой стороной. К таким методам относятся: метод по переходу сигнала через нуль [3-5], метод по приращению фазы сигнала [3] и метод, основанный на анализе амплитудного спектра [6]. Кроме того, серьезными препятствиями для применения двух последних методов являются ограничения, связанные с использованием дискретного преобразования Фурье [3, 4, 6].

Для задач, требующих быстрого измерения частоты, были разработаны так называемые "быстрые" методы. К этой категории относится метод, основанный на трех отсчетах входного сигнала [7-9], и метод, использующий вторую производную входного сигнала [10]. Высокая скорость измерений и простота их реализации позволяют получать значительное количество результатов за короткий период времени.

С помощью последующей обработки данных методом наименьших квадратов (МНК) можно уменьшить влияние факторов, приводящих к особенностям применения метода наименьших квадратов для снижения погрешности измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения

погрешностям, которые часто считаются основными недостатками этих методов. В данной работе осуществлена оценка воздействия количества отсчетов при применении МНК на точность измерения частоты как для метода с тремя отсчетами, так и для метода дифференцирования.

Метод измерения частоты по трём отсчетам входного сигнала [9-13], основывается на аналитическом соотношении, актуальном для каждой тройки последовательных выборок:

$$f[k] = \frac{f_s}{2\pi} \cdot \arccos\left(\frac{x[k-1]+x[k+1]}{2x[k]}\right), \quad (1)$$

где $x[k]$, $x[k-1]$, $x[k+1]$ – соответственно текущий, предыдущий и последующий отсчёт сигнала; f_s – частота дискретизации.

Как было сказано выше, данный алгоритм отличается быстротой измерения и простотой практической реализации. Однако у него есть и свои недостатки, связанные с возникновением дополнительных ошибок из-за ряда факторов. Главной причиной погрешностей этого метода является его корректность применения исключительно к сигналам синусоидальной формы. Поэтому необходимо учитывать возможные искажения входного сигнала и проводить дополнительную постобработку результатов измерений для уменьшения влияния этой ошибки. Еще один важный аспект состоит в том, что ошибка значительно возрастает при значениях, близких к нулю. Это связано с тем, что текущее значение (приближенное к нулю) оказывается в знаменателе уравнения (1).

Еще одним эффективным способом оценки частоты сигнала, как упоминалось ранее, является анализ его производной. Этот метод позволяет извлечь информацию о частоте сигнала, основываясь на скорости его изменения во времени. Данный подход [10] обеспечивает измерение частоты и амплитуды синусоидальных сигналов без помех за сравнительно короткий промежуток времени, который определяется динамическими характеристиками используемых дифференциаторов. Как и в предыдущем случае, точность измерений зависит от формы выходного сигнала и соотношения его соседних выборок: в области, близкой к нулю, также наблюдается значительная погрешность.

Суть метода, применимого к синусоидальному входному сигналу, отражена в выражении:

$$f[k] = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{-\frac{x''[k]}{x[k]}}, \quad (2)$$

где $x[k]$ – цифровой входной сигнал; $x''[k]$ – вторая производная входного сигнала; n – номер текущего отсчёта сигнала.

Для вычисления второй производной необходимо аппроксимировать исходный сигнал интерполяционными полиномами Лагранжа

[11]. Для вычисления второй производной сигнала для различного числа используемых отсчётов используются следующие формулы:

$$x''[k] = \frac{-2x[k] + x[k+1] + x[k-1]}{T_s^2}, \quad (3)$$

$$x''[n] = \frac{-490x[n] + 270(x[n+1] + x[n-1]) - 27(x[n+2] + x[n-2]) + 2(x[n+3] - x[n-3])}{180T_s^2}, \quad (4)$$

где T_s – шаг дискретизации.

Для изменения конечной точности и сложности реализации на практике используются цифровые дифференциаторы различной длины. В зависимости от типа дифференциатора может быть улучшена скорость реакции.

Метод наименьших квадратов [3, 7] является одним из наиболее широко применяемых методов обработки данных, который предназначен для сглаживания результатов наблюдений и измерений, учитывающих случайные или временные составляющие погрешностей. В нашем случае этот метод необходим для устранения колебаний результатов измерения частоты относительно её истинного значения.

Для использования МНК вначале необходимо собрать показания результатов измерения частоты. При этом для построения аппроксимирующей прямой следует выбрать формулу линейной зависимости, так как набор данных об истинных значениях частоты по характеру напоминает линейность, то выбираем следующую зависимость:

$$f_A(n) = a \cdot n + b, \quad (5)$$

где f_A – аппроксимированное значение частоты; a, b – коэффициенты аппроксимационного полинома; n – номер отсчёта.

МНК позволит определить оптимальные значения a и b , которые обеспечивают лучшее соответствие между номерами отсчетов и значениями частоты с точки зрения минимизации суммы квадратов отклонений между измеренными мгновенными значениями частоты и найденной аппроксимирующей зависимостью. Подробное описание алгоритма расчета аппроксимирующих коэффициентов можно найти в [3, 7, 11]. На практике для моделирования и проверки правильности расчета коэффициентов можно использовать функцию *polyfit* в Matlab.

Таким образом, применение МНК способствует получению более точных измерений частоты.

Особенности применения метода наименьших квадратов для снижения погрешности измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения

Имитационное моделирование проводилось с использованием пакета Matlab. В процессе моделирования рассматривались различные случаи, включая синусоидальный сигнал, синусоидальный сигнал с шумом и полигармонический входной сигнал. Амплитуда синусоидальной составляющей сигнала была выбрана равной 1В. Для полигармонического сигнала его спектральный состав включает основную и третью гармоники, при этом коэффициент третьей гармоники установлен на уровне 0,05 В. Максимальная величина шума была выбрана равной 0,05 В. Белый шум был выбран из-за низкой функции автокорреляции, что приводит к наибольшей погрешности. Отклонение частоты было определено в соответствии с допустимыми значениями, приведенными в [1-3]. Для минимизации возникающих погрешностей измерений использовался МНК. В реализацию также включен алгоритм для исключения заведомо недостоверных результатов в рамках данных методов. Частота дискретизации была установлена на уровне 10240 Гц.

При выполнении постобработки, для оценки влияния числа отсчетов МНК на погрешность измерения частоты двух рассмотренных методов, число обрабатываемых отсчетов изменялось от 256 до 16384.

Результаты имитационного моделирования сведены в табл. 1, а данные о влиянии числа обрабатываемых отсчетов МНК продемонстрированы на рис. 1-2 (для полигармонического и зашумленного входных сигналов).

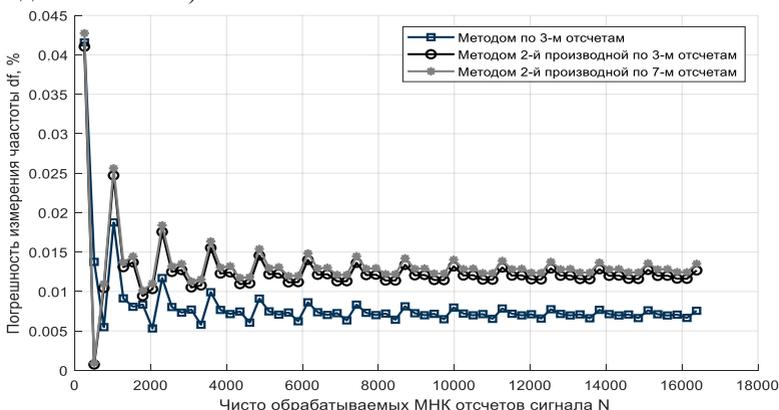


Рисунок 1 – Влияние числа обрабатываемых отсчетов МНК на погрешность измерения частоты для полигармонического входного сигнала

Для случая синусоидального входного сигнала, отдельно приводить график о влиянии числа обрабатываемых отсчетов МНК на измерение частоты нет смысла, так как там практически нулевая погрешность измерения, о чем можно судить по таблице 1.

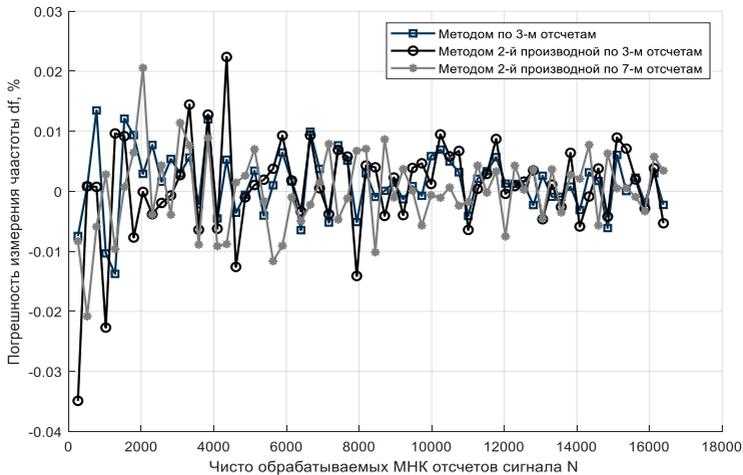


Рисунок 2 – Влияние числа обрабатываемых отсчетов МНК на погрешность измерения частоты для полигармонического входного сигнала

Таблица 1 – Сравнительный анализ высокоскоростных методов измерения частоты электросетей (приведены значения относительной погрешности измерений в процентах)

Метод	Реальное значение входной частоты, Гц									
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Синусоидальный входной сигнал										
МЗО ^а	-0,74·10 ⁻¹²	5,2·10 ⁻¹²	-0,83·10 ⁻¹¹	0,58·10 ⁻¹²	-13·10 ⁻⁹	2,1·10 ⁻¹²	-1,7·10 ⁻¹²	-11·10 ⁻¹²	-0,47·10 ⁻¹¹	
МЗОпф ^б	0,74·10 ⁻¹²	2,7·10 ⁻¹²	-1,2·10 ⁻¹²	0,28·10 ⁻¹²	-5,9·10 ⁻¹²	7,1·10 ⁻¹²	-1,0·10 ⁻¹²	1,7·10 ⁻¹²	0,11·10 ⁻¹²	
2ПЗО ^с	3,3·10 ⁻³	3,5·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	3,8·10 ⁻³	3,9·10 ⁻³	4,1·10 ⁻³	4,2·10 ⁻³	4,4·10 ⁻³	4,6·10 ⁻³	
2ПЗОпф ^д	3,3·10 ⁻³	3,5·10 ⁻³	18·10 ⁻³	3,8·10 ⁻³	-6,5·10 ⁻³	4,1·10 ⁻³	3,5·10 ⁻³	4,4·10 ⁻³	4,6·10 ⁻³	
2ПГО ^е	0,27·10 ⁻⁹	-0,65·10 ⁻⁹	0,99·10 ⁻⁹	-6,2·10 ⁻¹²	-4,9·10 ⁻⁹	0,29·10 ⁻⁹	-1,1·10 ⁻⁹	6,7·10 ⁻¹²	78·10 ⁻¹²	
2ПГОпф ^г	3,3·10 ⁻³	3,5·10 ⁻³	18·10 ⁻³	3,8·10 ⁻³	-6,5·10 ⁻³	4,1·10 ⁻³	3,5·10 ⁻³	4,4·10 ⁻³	4,6·10 ⁻³	
Полигармонический входной сигнал										
МЗО ^а	-2,0	-1,9	-1,7	2,1	-1,8	-2,9	-2,3	-2,8	3,9	
МЗОпф ^б	-0,75	-0,81	-0,71	-0,39	-0,39	-0,35	-0,14	-0,12	0,24	
2ПЗО ^с	-0,026	-0,025	0,021	0,070	0,093	-0,064	-0,031	0,027	0,030	
2ПЗОпф ^д	-0,053	-0,039	-0,020	-0,022	-0,011	-0,023	-0,030	-0,036	-0,028	
2ПГО ^е	-0,28	-0,64	-0,97	-0,74	-0,76	-0,64	-0,57	-0,87	-0,44	
2ПГОпф ^г	-0,25	-0,39	-0,27	-0,34	-0,31	-0,45	-0,49	-0,67	-0,39	
Синусоидальный входной сигнал с добавлением белого шума										
МЗО ^а	6,0·10 ⁻⁶	93·10 ⁻⁶	18·10 ⁻⁶	59·10 ⁻⁶	0,28·10 ⁻³	-5,7·10 ⁻⁶	52·10 ⁻⁶	76·10 ⁻⁶	-39·10 ⁻⁶	
МЗОпф ^б	-24·10 ⁻⁶	73·10 ⁻⁶	13·10 ⁻⁶	-36·10 ⁻⁶	-0,27·10 ⁻³	0,16·10 ⁻⁶	24·10 ⁻⁶	-0,13·10 ⁻³	26·10 ⁻⁶	
2ПЗО ^с	4,5·10 ⁻³	-0,7·10 ⁻³	7,4·10 ⁻³	0,73·10 ⁻³	0,098	3,2·10 ⁻³	6,5·10 ⁻³	6,5·10 ⁻³	4,9·10 ⁻³	
2ПЗОпф ^д	0,51·10 ⁻³	5,6·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	0,011	0,027	0,012	1,8·10 ⁻³	2,3·10 ⁻³	2,4·10 ⁻³	
2ПГО ^е	0,016	-0,056	-3,9·10 ⁻³	8,4·10 ⁻³	6,0·10 ⁻³	2,0·10 ⁻³	-6,7·10 ⁻³	8,1·10 ⁻³	1,9·10 ⁻³	
2ПГОпф ^г	0,5·10 ⁻³	5,3·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	1,2·10 ⁻³	2,7·10 ⁻³	12·10 ⁻³	1,8·10 ⁻³	5,3·10 ⁻³	1,5·10 ⁻³	

а - Метод по 3-м выборкам сигнала; б - Метод по 3-м выборкам сигналов с доп. пост-фильтрацией МНК; в - Метод вычисления 2-й производной с помощью дифференциатора 2-го порядка по 3-м отсчётам; г - Метод вычисления 2-й производной с помощью дифференциатора 2-го порядка по 3-м отсчётам с доп. пост-фильтрацией МНК; д - Метод вычисления 2-й производной с помощью дифференциатора 2-го порядка по 7-и отсчётам; е - Метод вычисления 2-й производной с помощью дифференциатора 2-го порядка по 7-и отсчётам доп. пост-фильтрацией МНК;

Особенности применения метода наименьших квадратов для снижения погрешности измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения

Вывод. Результаты проведенного моделирования показали, что оба метода позволяют добиться весьма точных измерений частоты при разных входных сигналах.

Использование МНК позволяет заметно снизить погрешность измерения, а увеличение числа обрабатываемых им отсчетов, позволяет усилить данное свойство и свести погрешность к минимуму.

Литература. 1. "IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions - Redline," in IEEE Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000) - Redline, pp.1-52, 19 March 2010. **2.** Andrey N. Serov, Ekaterina A. Dolgacheva, Alexander A. Shatokhin, Alexander Novitskiy, Steffen Schlegel, Dirk Westermann. "Comparative Analysis of Digital Frequency Measurement Methods for Power Networks," 2020 3rd International Colloquium on Intelligent Grid Metrology (SMAGRIMET), pp.7-14, 2020. **3.** M. M. Begovic, P. M. Djuric, S. Dunlap and A. G. Phadke. "Frequency tracking in power networks in the presence of harmonics," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, no. 2, pp. 480-486, 1993. **4.** Andrey N. Serov, Kirill A. Ivanenko, Nikolay A. Serov. "Application of Sliding DFT Filtration to Improve Frequency Measurement Accuracy of Zero Crossing Technique," 2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA), pp.1-8, 2021. **5.** Kirill A. Ivanenko, Andrey N. Serov. "Zero-Crossing Technique Modification for the Frequency Measurements of Real Power Grids," 2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech), pp.106-109, 2020. **6.** D. Agrez. "Weighted multipoint interpolated DFT to improve amplitude estimation of multifrequency signal," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 51, no. 2, pp. 287-292, 2002. **7.** Ali Abdollahi; Farhad Matinfar. "Frequency Estimation: A Least-Squares New Approach," IEEE Transactions on Power Delivery, 2011, vol. 26, issue 2, pp. 790-798. **8.** M.D. Kusljevic. "A simple recursive algorithm for frequency estimation," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2004, Volume: 53, Issue: 2, pp. 335-336. **9.** D. S. Evtekhova, A. V. Pavlovich and A. N. Serov, "An Approach for Improving the Accuracy of Measuring the Input Signal Frequency for the Measurement Method of Three Samples," 2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2023, pp. 1010-1013. **10.** Wu Jiekang and He Benteng. "An algorithm for frequency estimation of signals composed of multiple single-tones", Journal of Zhejiang University Science A, vol. 7, no. 2, pp. 179-184, 2006. **11.** A. Oppenheim, R. Schaffer and J. Buck, Discrete-Time Signal Processing, Upper Saddle River, NJ:Prentice Hall, 1997.

Реквизиты для справок: *Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, 13, стр. 1, кафедра Диагностических информационных*

*технологий, кандидату технических наук, доценту, Серову А.Н., тел.
(495) 362-72-14. E-mail: SerovAN@mpei.ru*

УДК 681.586.772:531.717.11:678-415

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ РЕЗИНОВОГО ПОЛОТНА

А.Д. ДОРОШЕНКО, Г.В. ВАВИЛОВА

Соответствие толщины объекта параметрам, указанным в нормативных документах [1], влияет на функционал объекта и на его свойства. Объектом исследования в работе является резиновое полотно толщиной 2 мм с предельным отклонением $\pm 0,30$ мм ($\pm 15,0\%$), шириной 400 мм и длиной 1000 мм [1]. Если толщина уплотнительной прокладки, изготовленной из резинового полотна (объекта контроля), меньше допустимого значения, указанного в документации, то вместо того, чтобы смягчать удары и вибрации в механических системах, тонкая прокладка будет еще больше провоцировать вибрации в изделии, тем самым постепенно его разрушая и уменьшая срок его службы. Если толщина прокладки будет больше допустимых значений, то прокладка не подойдет для использования в изделиях, для которых она предназначена.

На сегодняшний день существует множество методов контроля толщины объекта. В данной работе используется электроемкостной метод контроля толщины [2]. Контроль полотна реализуется с помощью преобразователя, представляющего собой плоско-параллельный конденсатор. Его конструкция и обоснование геометрических параметров представлены в [2].

Целью данной работы является построение модели электроемкостного преобразователя для контроля толщины резинового полотна и изучение влияющих факторов на результат контроля толщины объекта.

Модель является упрощённым или абстрактным представлением существующей системы, процесса или объекта, которое используется для анализа, интерпретации и предсказания его работы и результатов.

Основные преимущества моделирования заключаются в способности визуализировать объекты любого типа, включая абстрактные концепции, в возможности получения различных характеристик объекта в числовых или графических формах по результатам экспериментальных исследований. Моделирование позволяет также находить оптимальные конструкции, проводить эксперименты без риска негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду и многое другое.

Моделирование электроемкостного преобразователя для контроля толщины резинового полотна

В данной работе для построения модели электроемкостного преобразователя был использован программный комплекс COMSOL Multiphysics, который предназначен для анализа, решения задач с использованием конечных элементов и моделирования для различных физических и инженерных приложений[3].

В этапы построения модели входит:

- задание параметров;
- построение геометрии модели;
- задание материалов;
- задание граничных условий;
- построение сетки конечных элементов;
- разработка алгоритма расчета и форм представления его результатов.

На основе описанной конструкции преобразователя [2] была построена модель, приближенная к реальным условиям (рис.1, 2). Преобразователь находится в воздушном пространстве. Электрическое поле искажается на краях электродов, то есть возникает краевой эффект (рис.3). Наличие краевого эффекта в зоне измерения влияет на значение емкости преобразователя. Значение емкости преобразователя в реальных условиях при толщине резинового полотна 2 мм составило $C=1,2375$ нФ. В идеальных же условиях (зона расчета ограничена границами преобразователя) данное значение емкости преобразователя составляло $C=1,0668$ нФ. Таким образом, наличие краевого эффекта привело к изменению емкости на 16 %.

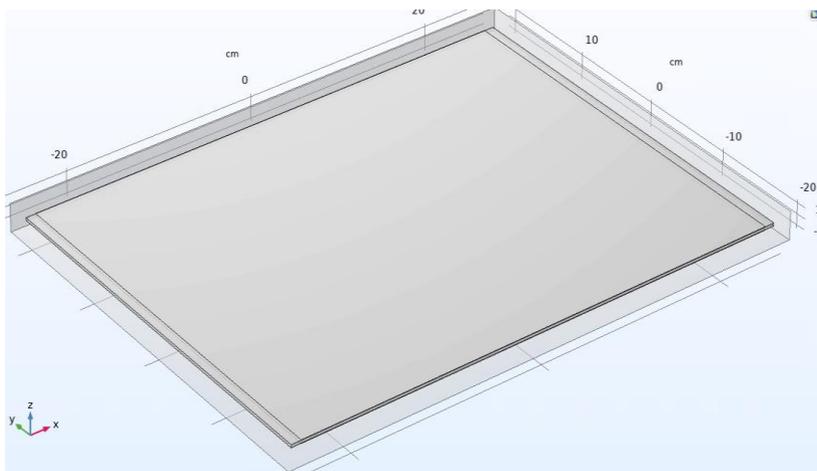


Рисунок 1 – 3D -Модель электроемкостного преобразователя в реальных условиях

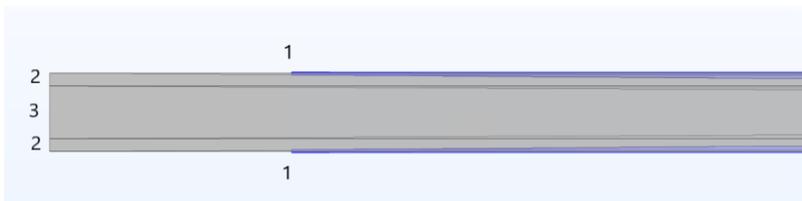


Рисунок 2 – Модель электроемкостного преобразователя (плоскость xz):
1 – обкладки; 2 – воздушный зазор; 3 – резиновое полотно

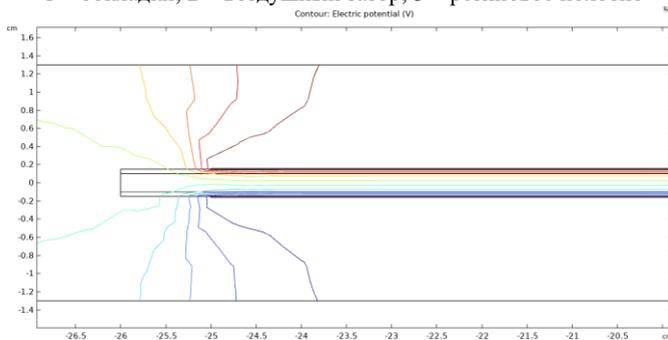


Рисунок 3 – Распределение электрического поля в модели электроемкостного преобразователя в реальных условиях (плоскость xz)

Для того чтобы уменьшить влияние краевого эффекта в конструкцию преобразователя введены дополнительные (охранные) электроды (рис.4), окаймляющие основные [4].

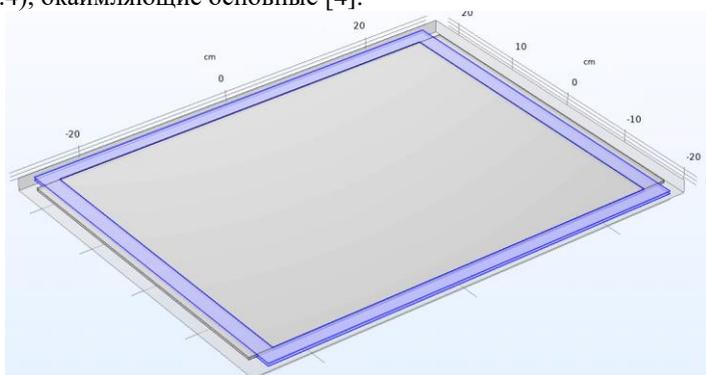
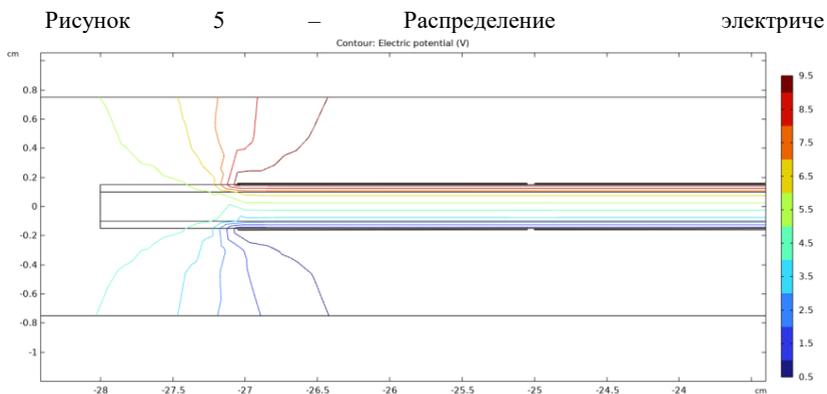


Рисунок 4 – Модель электроемкостного преобразователя с дополнительными электродами

Моделирование электроемкостного преобразователя для контроля толщины резинового полотна

Данные электроды находятся на уровне основных электродов, между ними имеется небольшой зазор в несколько миллиметров. Наличие охранных электродов привело к тому, что электрическое поле в зоне измерения стало более однородным, а искажение поля вынесено за границу измерения емкости (рис.5).

Данный метод уменьшения влияния краевого эффекта, может уменьшить погрешность измерения емкости преобразователя, и получить более точное значение толщины резинового полотна. Значение емкости преобразователя с дополнительными обкладками составило $C=1,082$ нФ. Дополнительные обкладки уменьшили погрешность измерения на 14,6%.



ского поля в модели электроемкостного преобразователя с дополнительными электродами (плоскость xz)

Таким образом, моделирование позволило выявить основной мешающий фактор – краевой эффект, влияющий на значение емкости преобразователя и, соответственно, на точность контроля толщины объекта. Для минимизации влияния краевого эффекта предложена модель с дополнительными электродами, которая позволяет уменьшить искажения электрического поля в зоне измерения, снизить погрешность измерения емкости и соответственно повысить эффективность измерения толщины резинового полотна.

Литература 1. ГОСТ 7338-90 Пластины резиновые и резинотканевые: дата введения: 01.07.91. - URL: <https://prombelt.com/upload/iblock/2d7/gost733890.pdf?ysclid=lbswma65cc370607594> (дата обращения: 10.09.2024). – Текст электронный. **2.** Дорошенко А.Д. Обоснование геометрических размеров преобразователя для технологического кон-

троля толщины резинового полотна // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности. - Томск: Томский политехнический университет, 2024. - С. 61-64. – Текст электронный. **3.** Введение в COMSOL Multiphysics – Текст электронный // ЭИОС ТПУ [сайт] URL: https://stud.lms.tpu.ru/pluginfile.php/252-1787/mod_assign/intro/VvedenieCOMSOLMultiphysics.ru_RU.pdf (дата обращения: 20.09.24). **4.** Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. - 3-е изд. - М.: Энергия, 1968. - 488 с. – Текст электронный.

Реквизиты для справок: Россия, 634028, Томск ул. Савиных 7, Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, кандидату технических наук, доценту отделения контроля и диагностики Вавиловой Галине Васильевне, тел. 79069471937, wgw@tpu.ru.

РАЗДЕЛ 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ, ЭКОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИИ

УДК 621.362

РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПОТЕРМИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

О.В. ЕВДУЛОВ, И.Ю. ГАМЗАЛОВА

Работа посвящена математическому моделированию теплофизических процессов при локальной гипотермии коленного сустава с использованием термоэлектрического устройства, работающего в режиме охлаждения. Актуальность решения данной задачи связана с необходимостью лечения различных повреждений коленного сустава: ушибов, переломов, разрывов, растяжений, компрессии и их последствий [1]. В качестве объекта исследований принята конструкция термоэлектрического охладителя (ТЭО), в состав которого входят стандартные термоэлектрические модули (ТЭМ), со стороны холодных спаев сопряженные с тепловыравнивающей теплообменной структурой, а со стороны горячих спаев - с теплоотводящей теплообменной структурой. В качестве тепловыравнивающей теплообменной структуры принята гибкая цельнометаллическая радиаторная система, плотно соприкасающаяся с телом человека, а в качестве теплоотводящей - цельнометаллическая радиаторная система, обдуваемая вентиляторным агрегатом [2].

Математическая модель состоит в решении трех задач: расчете температурного поля коленного сустава при его гипотермии, определении параметров ТЭМ, входящих в состав ТЭО, расчете системы отвода теплоты от горячих спаев термоэлементов, входящих в состав термомодулей [3]. Моделирование устройства осуществлено в пакете прикладных программ Elcut (разработчик - компания ООО "Тор", г. Санкт-Петербург, Россия). В данной программной среде произведено решение задачи определения температурного поля и поля тепловых потоков структуры прибор - объект воздействия методом конечных элементов для различных условий его эксплуатации. Расчет показателей ТЭМ и системы отвода теплоты от горячих спаев термоэлементов произведен также с использованием программных средств компании производителя ООО "Криотерм" (г. Санкт-Петербург, Россия).

В результате математического моделирования получены графики изменения температуры в контрольных точках ТЭО в пространственных и временных координатах в зависимости от мощности ТЭМ, определены энергетические параметры термомодулей, их тип из перечня стандартных ТЭМ компании ООО "Криотерм".

Графики, описывающие изменение температуры в поперечном сечении коленного сустава в пространственных координатах в стационарном режиме получены для мощностей ТЭМ, входящих в ТЭО, соответственно 50 Вт, 70 Вт и 90 Вт. Согласно расчетным данным, при таком диапазоне изменения мощности ТЭО максимальная температура в структуре коленного сустава приходится на центр области из костной ткани и составляет значение 292 К, 289 К и 286 К, а минимальная - на зону контакта кожного покрова и устройства и равняется 284 К, 280 К и 276 К. При этом изменение температуры в радиальном направлении относительно увеличения мощности питания ТЭМ составляет соответственно 0,2 К/Вт, 0,183 К/Вт, 0,171 К/Вт. Для анализа динамики теплофизических процессов, происходящих при локальной гипотермии коленного сустава, получены зависимости изменения температуры в контрольных точках этой структуры во времени при различных величинах мощности ТЭМ. В соответствии с ними температура кожного покрова стабилизируется относительно быстро, в течение примерно 180 с. Температуры же мышечной и костной ткани выходят на стационарный уровень дольше, через 460 с.

В результате проведенных расчетов установлено, что ТЭО для решения поставленных задач геотермии коленного сустава могут быть применены два ТЭМ типа DRIFT-1,2 оговоренного выше производителя, причем возможно как их последовательное, так и параллельное электрическое соединение. Рабочие параметры каждого ТЭМ: холодопроизводительность - от 14 до 40 Вт, средний перепад температур между спаями - 45 К, сила тока питания - от 3,8 до 7,6 А, потребляемая мощность - от 50 до 200 Вт, холодильный коэффициент - от 0,1 до 0,45. В качестве системы отвода теплоты от горячих спаев термоэлементов в ТЭМ используется воздушный радиатор, обдуваемый вентилятором W2E200HK3801 производства компании Ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG, Германия.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-29-00130, <https://rscf.ru/project/23-29-00130/>.

Литература. 1. Боголюбов В.М., Васильева М.Ф., Воробьев М.Г., [и др.]. Техника и методики физиотерапевтических процедур. М.: Бинном, 2017. - 464 с. **2.** Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Магоматов Р.А.-М. Охлаждающие системы на базе высокоточных термоэлектрических

Результаты математического моделирования термоэлектрического устройства для локальной гипотермии коленного сустава с использованием современных пакетов прикладных программ

полупроводниковых преобразователей. СПб.: Политехника, 2020. - 285 с. 3. Евдулов О.В., Гамзалова И.Ю. Математическая модель термоэлектрического устройства для локальной гипотермии коленного сустава // Медицинская техника. - 2024. - № 3. - С. 51-54.

Реквизиты для справок: *Россия, 367026, Махачкала, пр. Имама Шамиля 70, ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный технический университет", кафедра теоретической и общей электротехники, д.т.н., доцент Евдулов О.В. - ole-ole-ole@rambler.ru, тел.(8722)628269.*

УДК 311.42

ПРИЁМ-2024 В АЛТГТУ: ФИЛИАЛЫ ДЕЛАЮТ СТАВКУ И ВЫИГРЫВАЮТ

А.В. ЕРМАКОВ

В работе приводятся статистические показатели приёмной кампании в АлтГТУ 2024 года, показавшиеся интересными. Делается обзор количества поступающих за последние десять лет, выделены категории зачисленных только по результатам ЕГЭ или нет, вычислен средний возраст зачисленных по каждому филиалу.

Целью работы является поиск показавшимися интересными данные из ИС «Абитуриент» и предоставление агрегированной статистики.

Количество поступающих в АлтГТУ суммарно по всем филиалам, включая бийский технологический институт (далее — БТИ) и рубцовский индустриальный институт (далее — РИИ) за последние десять лет изменяется не слишком значительно (рис. 1).

При этом, согласно интерактивному сайту educationmap.22edu.ru, в 2024 году в Алтайском крае сдавало ЕГЭ 9783 ученика из 574 образовательных учреждений. Причём количество поступающих, сдающих профильный предмет ЕГЭ, например, физику или химию, снижается из года в год (рис. 2).

Особенно сильно нехватку школьников ощущают филиалы БТИ и РИИ, где школы не могут закрыть потребность вузов в поступающих, школьники либо не идут в десятый класс, либо сдают минимальный набор предметов ЕГЭ (это русский язык и базовая математика), тогда как на большинство специальностей в вузах требуется профильная математика и третий профильный предмет. Исключения составляют лишь творческие направления подготовки, такие как «Дизайн», но там поступающему требуется сдать дополнительно ещё два внутривузовских творческих вступительных испытания.

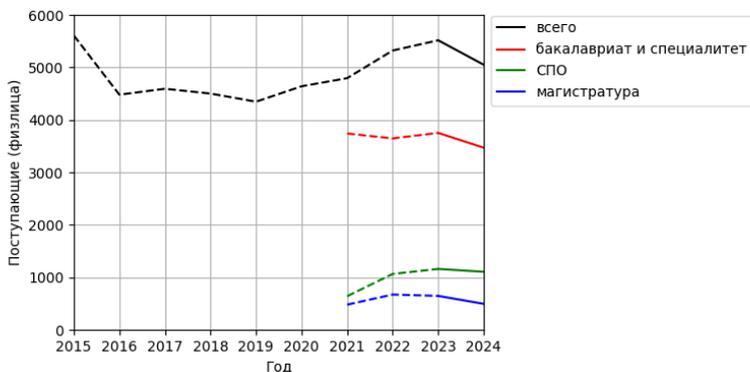


Рисунок 1 – Количество поступающих за 2015-2024 года во все филиалы АлтГТУ. Данные ранее 2023 года не точные из-за изменившейся методики подсчёта физических лиц. Данным с учётом разбивки по уровням образования ранее 2021 года не существует

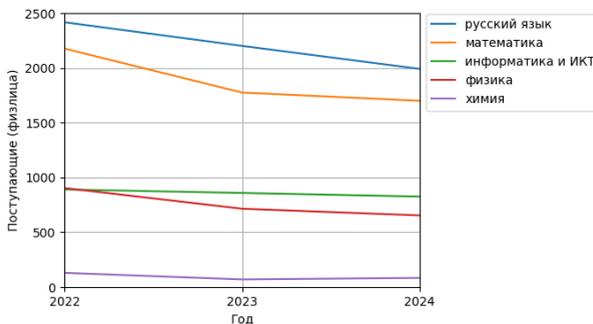


Рисунок 2 – Количество поступающих за 2022-2024 года во все филиалы АлтГТУ, имеющие хотя бы один результат ЕГЭ текущего года сдачи

Но выход из сложившейся острой нехватки поступающих из школ и имеющих активные результаты ЕГЭ (результаты ЕГЭ действительны четыре года) есть: это поступающие, уже имеющие начальное профессиональное образование (НПО) или среднее профессиональное образование (СПО). Эта категория поступающих и, возможно, ещё некоторые иностранные граждане имеют право поступать по внутривузовским испытаниям (ВИ), по факту аналогу ЕГЭ, только организывает и оценивает испытание вуз. Дальше будет показано, как наши филиалы изобретательно и уже не первый год набирают поступающих на бюджетные места.

Приём-2024 в АлтГТУ: филиалы делают ставку и выигрывают

Но для начала перейдём к зачисленным, в частности будущим студентам бакалавриата и специалитета, как к наиболее многочисленной группе из всех реализуемых уровней образования в АлтГТУ и его филиалах.

На рис. 3-4 приведены результаты ЕГЭ и ВИ.

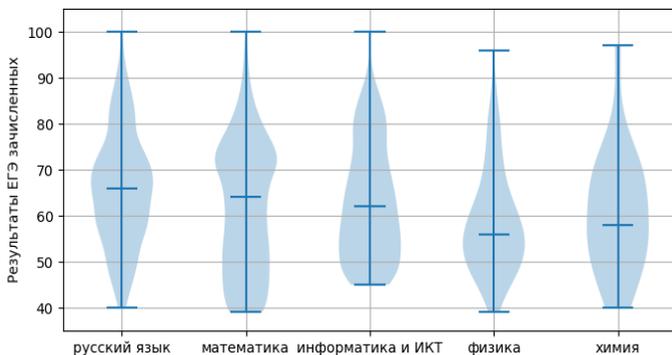


Рисунок 3 – Результаты ЕГЭ зачисленных в 2024 году (с медианой)

Последние три года пропорция зачисленных только по результатам ЕГЭ и сдающих вступительные испытания остаётся постоянной. Как и процент (около 5 %) поступающих имеющих результаты ЕГЭ меньше минимальных либо не сдававших профильную математику или третий предмет. На рис. 5 приведена пропорция зачисленных во все филиалы АлтГТУ за 2024 год.

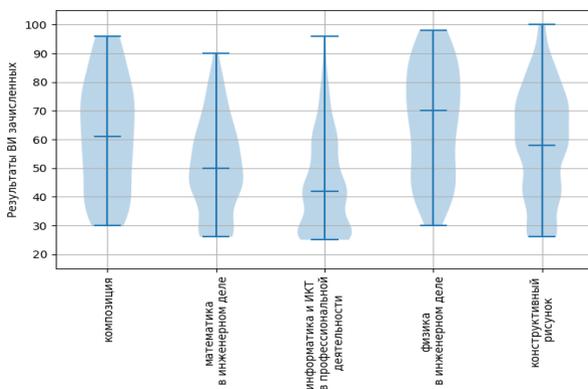


Рисунок 4 – Результаты ВИ зачисленных в 2024 году (с медианой)

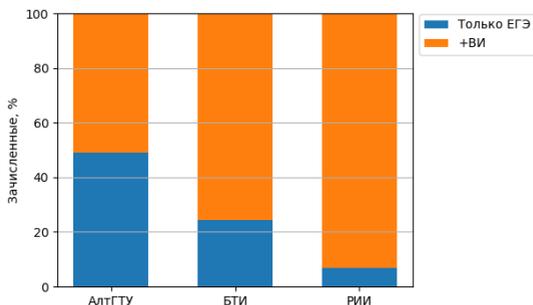


Рисунок 5 – Процент зачисленных на программы бакалавриата или специалитета в 2024 году только по результатам ЕГЭ или сдававших вступительные испытания

В 2024 году в головной филиал по программам бакалавриата или специалитета было зачислено 815 поступающих, закончивших 11 классов, 557 поступающих уже имевшие НПО/СПО, 139 поступающих — иностранных граждан и ещё не более 20 лиц, имеющих право сдавать внутренние вступительные испытания (инвалиды, сироты и т. д.). Пропорция по филиалам выглядит интересной и пугающей одновременно. На рис. 6 показан возраст зачисленных. Например, для РИИ медианный возраст первокурсника составляет 23 года, то есть половина поступивших старше этого возраста.

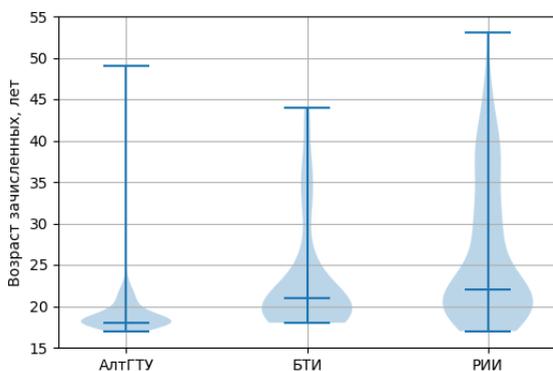


Рисунок 6 – Возраст зачисленных на программы бакалавриата или специалитета в 2024 году (с медианой)

Приём-2024 в АлтГТУ: филиалы делают ставку
и выигрывают

Литература. 1. Ермаков А.В. Приём-2023 в АлтГТУ: поступай в вуз онлайн (нет) / А.В. Ермаков. – Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем: материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции (23 ноября 2023., г. Барнаул), 2023. – С. 92-96.

Реквизиты для справок: старший преподаватель кафедры ИВТиИБ, Ермаков А.В, E-mail: ermakovav@altgtu.ru

УДК 004.946

РАЗРАБОТКА VR-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ВАГОНОРЕМОНТНОГО ДЕПО

А.А. МОРОЗОВ, Д.В. СОЛОВЬЕВ

В последние годы технологии виртуальной реальности (Virtual Reality – VR) все чаще используются в различных отраслях, включая образование [1,2]. В этой работе представлен проект VR–приложения для сотрудников вагоноремонтных депо, который может проводить обучение рабочих в увлекательной и интерактивной форме. Это новая возможность для повышения квалификации и профессионального роста, которая может быть особенно полезна для сотрудников, которые не имеют возможности пройти практические тренировки на реальных объектах. На рис. 1 показано виртуальное вагоноремонтное депо.



Рисунок 1 - Скриншот проекта

Вагоноремонтные депо было выбрано в качестве предметной области для разработки VR–приложения по нескольким причинам:

1. Навыки, требующие практики: ремонт и обслуживание вагонов требуют специальных навыков и умений, которые сложно передать только теоретически. Сотрудники депо должны иметь возможность практиковаться и совершенствовать свои навыки на реальном оборудовании, что может быть затруднительно или даже невозможно из-за ограниченности материальных ресурсов и натуральных стендов.
2. Риск получения производственных травм: ремонт и обслуживание вагонов могут быть опасными, особенно при работе с тяжёлой техникой или в сложных условиях. VR–тренажёр может предоставить сотрудникам возможность практиковаться в безопасной среде, снижая риск несчастных случаев и травм.
3. Сложность оборудования: вагоноремонтные депо часто работают со сложным и специализированным оборудованием, которое требует специальных навыков для эксплуатации и обслуживания. VR–тренажёр может помочь сотрудникам лучше изучить принципы работы со сложным оборудованием, повышая эффективность и качество их работы.
4. Потенциал для повышения квалификации: VR–тренажёр может предоставить сотрудникам возможность повышать свои навыки и знания в увлекательной и интерактивной форме, что может быть особенно полезно для сотрудников, которые не имеют возможности пройти практические тренировки на реальном оборудовании.

Для разработки данного приложения было выбрано ПО Godot 4, так как это отличная платформа для создания игр и приложений с поддержкой виртуальной реальности [3]. Godot 4 предоставляет мощные инструменты для работы с 3D-графикой и разработки интерактивных сценариев, что делает возможным создание реалистичных и увлекательных обучающих опытов. На рис. 2 показаны элементы интерфейса Godot.

Для эффективного и безопасного выполнения рабочих операций на железнодорожной станции или в вагоноремонтном депо важным элементом является создание удобного и продуманного рабочего пространства в виртуальном тренажёре. В таком пространстве каждое оборудование и инструмент должны быть размещены таким образом, чтобы обеспечить максимальное удобство, быстрый доступ и высокую степень безопасности при работе с различными механизмами и устройствами.



Рисунок 2 - Элементы интерфейса Godot 4

Подъёмники вагонов и кран-балка — это два важнейших элемента для проведения операций с подвижным составом, таких как демонтаж, ремонт или замена колёсных пар. В виртуальном тренажёре подъёмники должны быть расположены в удобной близости к зонам, где ремонтируют узлы вагонов, что позволит ремонтнику быстро произвести необходимое обслуживание подвижного состава.

Подъёмники вагонов должны иметь возможность поднимать вагоны на разные уровни, чтобы ремонтник мог работать с различными типами вагонов и узлов этих вагонов. Важно, чтобы виртуальная модель тренажёра позволяла точно воспроизводить эти процессы.

Кран-балка, в свою очередь, используется для подъёма и перемещения тяжёлых узлов вагонов — например, двигателей или колёсных пар. Кран должен быть размещён так, чтобы не мешать другим операциям и обеспечивать широкую рабочую зону для перемещения грузов в вагоноремонтном депо.

Для выполнения сварочных работ в тренажёре необходимо предусмотреть удобное и безопасное место для размещения сварочного аппарата. Сварочный аппарат должен быть оснащён всеми необходимыми инструментами для работы, такими как сварочная маска, защитные

перчатки и оборудование для обеспечения безопасности (например, системы вентиляции).

Виртуальный сварочный аппарат должен поддерживать разные типы сварки — газовую, электродуговую, контактную — и позволять работать с металлами различного материала и толщины. Также следует предусмотреть возможность моделирования процесса грузовых тележек для перемещения сварочных элементов и частей конструкции вагонов.

Противооткатные упоры – башмаки — это устройства, предназначенные для фиксации подвижного состава или колёсных тележек на месте, предотвращая его движение во время выполнения работ. В виртуальном тренажёре башмаки должны быть размещены в удобных местах, рядом с платформами и участками работы с вагонами. Оператор должен иметь быстрый доступ к башмакам, чтобы оперативно фиксировать составы перед выполнением ремонта или обслуживания.

Для упрощения работы с башмаками важно, чтобы их расположение было продуманным: они должны быть доступны с разных точек пространства, обеспечивая возможность быстрой фиксации разных типов подвижного состава. Система тренажёра может отображать подсказки, указывая правильные места для установки башмаков, чтобы повысить эффективность работы.

Виртуальная реальность открывает новые горизонты для обучения сотрудников вагоноремонтных депо, улучшая безопасность, эффективность и качество работы. Внедрение VR-тренажёров даёт множество перспектив для этой отрасли [4,5]. Вот их перечень:

1. Повышение безопасности и снижение рисков: VR позволяет создавать безопасные обучающие среды, где сотрудники могут тренироваться в реальных условиях без риска для здоровья. Моделирование аварийных ситуаций и неисправностей помогает подготовить работников к экстренным ситуациям, улучшая их реакцию и минимизируя ошибки в реальной работе.

2. Снижение затрат на обучение и материалы: обучение с использованием VR позволяет сократить расходы на материалы и оборудование, так как все процессы можно моделировать виртуально. Это также снижает затраты на поездки для проведения обучающих курсов, позволяя сотрудникам учиться дистанционно и в удобное время.

3. Обучение редким и сложным технологическим операциям: VR помогает моделировать редкие или сложные технологические операции, которые требуют высокой квалификации, такие как ремонт и обслуживание специализированного оборудования. Это даёт возмож-

ность тренировать сотрудников на нестандартных задачах без необходимости ожидания наступления такой ситуации.

4. Индивидуализация обучения и мониторинг прогресса: с помощью VR можно адаптировать программу обучения под индивидуальные потребности сотрудников. Система может отслеживать их успехи, выявлять слабые места и предоставлять персонализированные рекомендации для повышения квалификации.

5. Моделирование неисправностей и аварийных ситуаций: VR позволяет тренировать сотрудников действиям в аварийных ситуациях, таких как поломка оборудования или сбой в системе. Это помогает подготовить их к нестандартным ситуациям, улучшая оперативность и точность в работе.

6. Ускорение адаптации новых сотрудников: для новичков VR дает возможность безопасно ознакомиться с рабочими процессами и оборудованием ещё до начала работы на реальных устройствах. Это ускоряет их адаптацию и повышает уверенность в своих силах.

7. Оптимизация рабочих процессов: с помощью VR можно моделировать и оптимизировать рабочие процессы в депо, улучшая логистику и взаимодействие между различными зонами. Это помогает повысить общую эффективность работы и выявить слабые места.

8. Дистанционное консультирование и поддержка: в будущем VR может стать инструментом для удалённого консультирования сотрудников. Специалисты смогут помогать коллегам в реальном времени, улучшая техническую поддержку и ускоряя решение проблем.

Таким образом, внедрение VR-приложений в процесс обучения сотрудников вагоноремонтных депо открывает новые возможности для такого обучения и повышает эффективности их работы. Это улучшает безопасность, снижает затраты и ускоряет процесс подготовки специалистов, что в конечном итоге ведет к повышению качества обслуживания, продуктивности и повышения прибыли вагоноремонтного предприятия.

Литература. 1. Виртуальная реальность и обучение: Применение VR в обучении и развитии сотрудников//Journal of Virtual Reality Training, 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.jvrt.com/articles/vr-training-in-industries> **2.** Использование виртуальной реальности в обучении техническому персоналу//TechEd: Educational Technologies and Training, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.teched.com/vr-training> **3.** Godot 4 Documentation// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.godot.org/en/stable/> **4.** Использование виртуальной реальности для тренировки сотрудников вагоноремонтных депо//Industrial Repair and Maintenance Journal,

2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.irmj.com/articles/vr-training-depots> 5. Безопасность и эффективность VR-тренажеров для промышленности//Journal of Safety Engineering, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.jse.org/articles/vr-safety-training>

Реквизиты для справок: *Россия, 195276, город Санкт-Петербург, улица Демьяна Бедного, дом 21 литер а, СПб ГБПОУ "Колледж Метростроя", преподавателю, Соловьеву Д.В., тел. +79218964588. E-mail:9218964588@mail.ru*

УДК 004.45+004.8

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОМОЩИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПО УГОЛОВНЫМ ДЕЛАМ, ПОСТУПАЮЩИМ В СУДЕБНЫЕ КОЛЛЕГИИ

В.В. МИШИН, А.Н. ТУШЕВ

Введение

В эпоху цифровых технологий и информационных революций автоматизация и внедрение экспертных систем [1] становятся ключевыми элементами оптимизации и совершенствования работы юридических органов. Судебная система, играющая важную роль в обеспечении правопорядка и справедливости, также стремится использовать передовые технологии для повышения эффективности своей деятельности.

Алтайский краевой суд [2] является высшим судебным органом судов общей юрисдикции в Алтайском крае. Выступая в качестве вышестоящей инстанции по отношению к районным судам, Алтайский краевой суд осуществляет функцию надзора за их судебной деятельностью, т.е. пересматривает судебные акты районных судов в кассационном и в надзорном порядке. В порядке надзора эти суды могут пересматривать и вступившие в законную силу приговоры, решения, определения и постановления мировых судей. Помимо выполнения функций кассационной и надзорной инстанции, суды среднего уровня выступают в качестве судов первой инстанции по целому ряду категорий дел.

Вследствие этого можно понять, какое огромное количество дел еженедельно рассматривают судьи Алтайского краевого суда. Самый большой судейский состав занимает судебная коллегия по уголовным делам: в настоящее время в ней работают 31 судья. Практическую по-

мощь им оказывают 38 помощников судей и 9 секретарей судебного заседания.

Целью работы является разработка экспертной системы для помощи в принятии решений по уголовным делам, поступающим в судебные коллегии.

Ожидаемый результат – экспертная система, которая будет помогать работникам суда выносить решения по уголовным делам, выводить по ним основную информацию и вариант решения по делу с подробностями всех факторов, влияющих на дело. В дальнейшем такая помощь должна намного ускорить процесс вынесения решений по делам и соответственно улучшить работу судов.

1 Автоматизированные системы и их роль в судебном процессе

Автоматизированные системы (АС) играют важную роль в судебном процессе [3]: обеспечивают эффективность, прозрачность и доступность судебных процедур. Вот несколько главных аспектов их применения:

Электронный документооборот: АС позволяют создавать, хранить и обмениваться судебными документами в электронном виде. Это ускоряет процесс обработки дел и уменьшает количество бумажной работы.

Системы управления делами: АС помогают суду отслеживать и управлять делами, назначать судьям дела в зависимости от сложности и загруженности, уведомлять участников процесса и контролировать выполнение судебных решений.

Электронные архивы: системы хранения судебных актов обеспечивают надежное хранение и быстрый доступ к судебным документам и решениям. Это упрощает поиск и анализ информации.

Видеоконференцсвязь (ВКС): АС позволяют проводить судебные заседания в режиме ВКС, что особенно важно в условиях удаленной работы или для участников, находящихся в разных географических точках.

Электронные подписи и аутентификация: использование электронных подписей и систем аутентификации обеспечивает безопасность и подлинность судебных документов, а также защищает данные от несанкционированного доступа.

Аналитика и отчетность: АС позволяют собирать и анализировать данные о судебных процессах, что помогает улучшать качество работы судов и принимать обоснованные решения на основе статистических данных.

Внедрение АС в судебный процесс способствует повышению эффективности работы судов, снижению затрат и улучшению доступа к правосудию для граждан.

Внедрение экспертных систем в судебные практики призвано упростить и ускорить процессы оценки и анализа поступающих дел. АС позволяют быстро и точно обрабатывать информацию, а также предоставлять аналитические данные для принятия решений. Для судебных органов это означает увеличение эффективности и снижение времени, затрачиваемого на рассмотрение дел. Также АС помогут ускорить процесс принятия судебных решений, уменьшить вероятность ошибок и повысить прозрачность судопроизводства. Такие системы обеспечивают открытый доступ к информации о судебных делах для заинтересованных сторон и общественности.

2 Преимущества использования экспертных систем

Экспертные системы [4] (ЭС) обладают рядом преимуществ, которые делают их полезными в различных областях. Вот некоторые из них:

Эффективность и быстрота: ЭС позволяют существенно ускорить оценку поступающих дел, позволяют обрабатывать большие объемы данных и обеспечивают оперативное принятие решений.

Минимизация ошибок: ЭС обладают высокой степенью точности, что снижает риск ошибок в процессе оценки.

Стабильность и надежность: ЭС обеспечивают стабильное и надежное выполнение задач, так как они не подвержены усталости и человеческим ошибкам.

Систематизация данных: ЭС предоставляют структурированную информацию, что упрощает анализ и сравнение различных параметров дел [5].

Анализ данных: ЭС могут анализировать данные и выявлять скрытые закономерности, что помогает принимать более обоснованные решения.

Экономия времени и ресурсов: ЭС позволяют оптимизировать использование человеческих ресурсов и сокращают временные затраты.

Обучаемость: современные ЭС могут обучаться на основе новых данных и опыта, что позволяет им постоянно улучшать свои результаты.

ЭС на основе факторов и правил имеет существенное преимущество от других систем, потому что выдаёт историю запросов и все шаги работы программы [6]. Такая прозрачность является очень удобным и важным аспектом в работе судов.

Таким образом, при поступлении уголовного дела, экспертная система должна обработать всю информацию о совершенном преступлении, выдать подобную практику с похожими случаями и их решения по делам в судах различных инстанций и привести варианты подходящих уголовных статей с расшифровкой и аспектами по делу, попадающими в данную статью.

3 Экспертные системы в судебной коллегии по уголовным делам

3.1 Прототип экспертной системы для судебной коллегии по уголовным делам

В судебной коллегии по уголовным делам экспертная система будет использоваться для оценки ряда параметров дел, таких как временные рамки, степень сложности, риски и другие факторы [7], влияющие на судебный процесс. Это позволяет судьям и другим участникам процесса получать более объективные и надежные данные для принятия решений.

Например, произошло ДТП с летальным исходом – девушка переходила дорогу на зеленый цвет светофора, и её сбил автомобиль.

Создаваемый прототип экспертной системы [8] должен вынести вердикт исходя из следующих факторов:

1) В каком состоянии находился водитель (пьян, трезв, под наркотическими веществами) – в данном случае водитель был трезв (**Если был трезв, то** это смягчающий фактор);

2) Погодные условия (снег, дождь, метель, гололёд, песчаные бури) – шёл ливень, дорожное покрытие было мокрое (**Если шёл ливень, то** это сложные дорожные условия, смягчающий фактор);

3) Было ли зафиксировано превышение скоростного режима (на 1-10 км/ч, 11-20 км/ч, 21-30 км/ч и т.п.) – да, водитель превысил скорость на 20 км/ч (**Если превысил скорость, то** это отягчающий фактор);

4) Соблюдала ли ПДД девушка-пешеход (соблюдала/не соблюдала, уровень нарушения) - шла в положенном месте, по пешеходному переходу на зелёный цвет светофора (**Если соблюдала ПДД, то** это отягчающий фактор);

5) Соблюдал ли водитель ПДД (соблюдал/не соблюдал, уровень нарушения) – проехал на зелёный мигающий сигнал светофора (**Если соблюдал ПДД, то** это смягчающий фактор);

6) Нарушал ли водитель закон до этого случая (нарушал/не нарушал) – не нарушал (**Если не нарушал, то** это смягчающий фактор).

С учётом всех обстоятельств экспертная система [9] выносит решение: водитель ехал со скоростью 80 км/ч в черте города, не успевая проехать светофор на мигающий зелёный цвет, увидел пешехода и не смог в полной мере выполнить торможение из-за влажного дорожного покрытия. Было совершено уголовное преступление по статье 264 часть 4 УК РФ, водитель должен быть наказан лишением свободы на срок от 5 до 12 лет (в данном случае на 7 лет).

Пример вывода результата экспертной системы: «Исходя из представленных факторов, экспертная система может вынести вердикт о том, что водитель несет ответственность за происшествие, так как превысил скорость и не убедился в безопасности проезда на зеленый мигающий сигнал светофора. Девушка-пешеход соблюдала ПДД, поэтому ответственность за ЧП лежит на водителе».

3.2 Пример частичной реализации экспертной системы на языке Python

Пример частичной реализации экспертной системы [10] состоит из базы данных факторов и правил [11]. На примере ДТП с летальным исходом рассмотрим работу программы:

1. Определяем класс AccidentEvaluationSystem, который будет содержать методы и атрибуты для оценки ДТП (рис.1):

```
class AccidentEvaluationSystem:
    def __init__(self):
        self.rules = {
            "weather": {
                "плохие": 2,
                "нормальные": 0
            },
            "road": {
                "скользкая": 2,
                "нормальная": 0
            },
            "vehicle": {
                "неисправен": 2,
                "исправен": 0
            },
            "driver": {
                "нетрезвый": 2,
                "нормальный": 0
            },
            "speed": {
                "high": 2,
                "normal": 0
            },
            "accident_type": {
                "наезд на пешехода": 3,
                "столкновение": 1
            }
        }
        self.history = []
```

Рисунок 1 - Методы и атрибуты для оценки ДТП

Разработка экспертной системы для помощи в принятии решений по уголовным делам, поступающим в судебные коллегии

2. Метод `evaluate_accident` принимает параметры, необходимые для оценки ДТП (рис.2):

```
def evaluate_accident(self, weather, road, vehicle, driver, speed, accident_type, witnesses):  
    severity_score = self.calculate_severity_score(weather, road, vehicle, driver, speed, accident_type)  
    severity = self.determine_severity(severity_score, witnesses)
```

Рисунок 2 - Параметры, необходимые для оценки ДТП

3. Вызываем метод `calculate_severity_score`, который рассчитывает балл серьезности на основе введенных параметров и `determine_severity`, который определяет уровень серьезности ДТП на основе рассчитанного балла и количества свидетелей.

Расчет баллов: при суммировании для каждого параметра мы добавляем соответствующий балл из `self.rules`. Если параметр не найден, возвращаем 0 (по умолчанию). Метод `determine_severity` принимает общий балл и количество свидетелей, чтобы определить уровень серьезности ДТП. В зависимости от общего балла возвращаем строку, обозначающую уровень серьезности ("Высокая", "Средняя" или "Низкая") (рис.3):

```
def calculate_severity_score(self, weather, road, vehicle, driver, speed, accident_type):  
    score = 0  
    score += self.rules["weather"].get(weather, 0)  
    score += self.rules["road"].get(road, 0)  
    score += self.rules["vehicle"].get(vehicle, 0)  
    score += self.rules["driver"].get(driver, 0)  
    score += self.rules["speed"]["high"] if speed > 80 else self.rules["speed"]["normal"]  
    score += self.rules["accident_type"].get(accident_type, 0)  
    return score  
  
def determine_severity(self, score, witnesses):  
    if score >= 6:  
        return "Высокая"  
    elif score >= 3:  
        return "Средняя"  
    else:  
        return "Низкая"
```

Рисунок 3 – Расчет баллов и определение уровня серьезности ДТП

4. База знаний: программа имеет встроенную базу знаний, которая предоставляет информацию о правилах и уровнях серьезности (рис.4):

```
# Вывод базы знаний  
knowledge_base = system.get_knowledge_base()  
print("База знаний о правилах оценки:")  
print(json.dumps(knowledge_base, ensure_ascii=False, indent=4))
```

Рисунок 4 – База знаний

5. Для сбора данных от пользователя используется функция `get_input`, чтобы сделать код более читаемым и избежать повторов (рис.5).

6. Для рассмотрения конкретного случая реализовано взаимодействие пользователя с программой оценки серьезности ДТП, включая ввод данных и вывод результатов (рис.6).

7. Вывод результата: в примере выводится уровень серьезности ДТП, на основе внесенных данных (рис.7):

```
if __name__ == "__main__":
    system = AccidentEvaluationSystem()

    weather_condition = get_input("Введите погодные условия (хорошие/плохие): ", ["хорошие", "плохие"])
    road_condition = get_input("Введите состояние дороги (нормальная/скользкая): ", ["нормальная", "скользкая"])
    vehicle_condition = get_input("Введите состояние транспортного средства (исправен/неисправен): ", ["исправен", "неисправен"])
    driver_condition = get_input("Введите состояние водителя (нормальный/нетрезвый): ", ["нормальный", "нетрезвый"])
    speed = get_input("Введите скорость транспортного средства (км/ч): ", is_int=True)
    accident_type = get_input("Введите тип ДТП (столкновение/наезд на пешехода): ", ["столкновение", "наезд на пешехода"])
    witnesses = get_input("Введите количество свидетелей: ", is_int=True)

    # Оценка ДТП
    severity = system.evaluate_accident(weather_condition, road_condition, vehicle_condition,
                                       driver_condition, speed, accident_type, witnesses)
    print(f"Серьезность ДТП: {severity}")

    # Сохранение истории
    system.save_history()
```

Рисунок 5 – Сбор данных от пользователя

```
Введите погодные условия (хорошие/плохие): плохие
Введите состояние дороги (нормальная/скользкая): скользкая
Введите состояние транспортного средства (исправен/неисправен): исправен
Введите состояние водителя (нормальный/нетрезвый): нормальный
Введите скорость транспортного средства (км/ч): 90
Введите тип ДТП (столкновение/наезд на пешехода): столкновение
Введите количество свидетелей: 2
```

Рисунок 6 – Ввод данных

```
Серьезность ДТП: Высокая
```

Рисунок 7 – Вывод уровня серьезности ДТП

Заключение

Современные технологии, такие, как экспертные системы, предоставляют возможность судебным органам совершенствовать свою работу и повышать качество рассмотрения уголовных дел. Была разработана экспертная система, проведено тестирование на простых примерах и выявлено, что использование автоматизированных систем в судебной коллегии по уголовным делам не только отвечает вызовам со-

Разработка экспертной системы для помощи в принятии решений по уголовным делам, поступающим в судебные коллегии

временного мира, но также способствует эффективному функционированию правосудия.

Литература: 1. В.В. Борисов, А.В. Бобряков, А.Е. Мисник, Экспертные системы. Учебное пособие по направлению «Информатика и вычислительная техника»: Учебное пособие/ В.В. Борисов, А.В. Бобряков, А.Е. Мисник. – Смоленск: 2021. – 110 с. URL: http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/1212121212/17903/Expertnye_sistemy.pdf?sequence=1&isAllowed=y; 2 Алтайский крае-вой суд, официальный сайт. URL: <http://kraevoy.alt.sudrf.ru/>; 3. Березина Е.А., Использование искусственного интеллекта в юридической деятельности: Научная статья/ Березина Е.А.,– Екатеринбург: 2022. – 14с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta-v-yuridicheskoy-deyatelnosti>; 4. В. С. Крисевич, Экспертные системы для персональных компьютеров: методы, средства, реализации: Справочное пособие/ В. С. Крисевич. – Минск: 1990. – 197 с. URL: <https://coollib.net/b/545711-v-s-krisevich-ekspertnyie-sistemyi-dlya-personalnyih-kompyuterov-metodyi-sredstva-realizatsii-spravo/read> 5. Jay Liebowitz, The Handbook of Applied Expert Systems/ Jay Liebowitz – London: 2019. – 736 p. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780138736654/handbook-applied-expert-systems-jay-liebowitz>; 6. Artificial life III/ Ed. by C.Langton. - Redwood City: AddisonWesley, 1994.- 820 p. URL: <http://faculty.washington.edu/lynnhank/Langton.pdf> ; 7. В.М. Курейчик, Генетические алгоритмы и их применение в САПР// Интеллектуальные САПР: МеждудеPARTMENTальный тематический научный сборник/ В.М. Курейчик - Таганрог: 2002. - 244 с. URL: <https://b.eruditor.link/file/601002/>; 8. Богданов Д.С., Тарасова Г.И., Экспертные системы (виды, достоинства, недостатки, применение): Научная статья/ Богданов Д.С., Тарасова Г.И. – Москва: 2018. – 25с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35296255>; 9. Поллак Г.А., Бушлаева О.С., Потапкина И.О., Разработка концепта экспертной системы в области оценки репутации компании: Научная статья/ Поллак Г.А.– Челябинск: 2023. – 118с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54817445>; 10. Эрькина О.В., Пальмов С.В., Экспертные системы: структура, возможности, классификация: Научная статья/ Эрькина О.В., Пальмов С.В.– Самара: 2018. – 21с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35667009>; 11. Mahinda Mailagaha Kumbure, Christoph Lohrmann, Pasi Luukka, Jari Porras, Machine learning techniques and data for stock market forecasting: Research Article/ Mahinda Mailagaha Kumbure – Finland: 2022. – 41 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/reader/pii/S0957417422001452/pdf>.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, студенту Мишину В.В., E-mail: mishin9110@gmail.com; кандидату технических наук, доценту, Тушеву А.Н., E-mail: tushev51@mail.ru.*

УДК 004.414.22:004.031.42

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА

А.В. ПАРАНИЧЕВ, В.Н. ГАНОВ

В условиях роста информационной нагрузки на студентов и необходимости быстрого доступа к учебным материалам возрастает значимость инструментов информационной поддержки. Внедрение современных технологий, таких как чат-боты, помогает улучшить образовательный процесс, упрощая коммуникацию и оперативное информирование студентов [1–2].

Целью работы является упрощение доступа к важной учебной и организационной информации путём создания удобного инструмента информационной поддержки студентов. Такой инструмент предназначен для быстрого и удобного доступа к актуальной учебной и организационной информации, чтобы помогать ориентироваться в расписании и учебных ресурсах, а также поддерживать оперативную коммуникацию с учебным заведением.

В ходе анализа источников [2–3] были установлены характеристики используемых в России онлайн-платформ в качестве средств информационной поддержки студента колледжа (табл. 1), определены их достоинства и недостатки (табл. 2).

Как видно из табл.1–2, мессенджер Telegram, благодаря открытому API, позволяет создавать многофункциональные чат-боты, обеспечивает возможность настроек и персонализации. В свою очередь, WhatsApp подходит для широкого охвата аудитории, особенно для простых уведомлений, однако имеет закрытый API и ограниченную функциональность. Мессенджеры Viber и VK Messenger также предлагают базовые функции для взаимодействия с пользователями, но ограничены по гибкости и возможностям кастомизации. Онлайн-платформа Discord подходит для создания чат-групп и организации работы, имеет API для создания ботов, не смотря на относительно редкое использование в колледжах.

Изложенное выше позволяет заключить, что в качестве онлайн-платформы для информационной поддержки студентов колледжа следует выбрать Telegram. В качестве основного языка программирования интерактивной системы, разрабатываемой на базе онлайн-платформы Telegram, можно выбрать один из представленных в табл. 3 [4].

Таблица 1 – Характеристики онлайн-платформ в качестве средств информационной поддержки студента колледжа

Платформа	Популярность среди студентов	Простота разработки	Гибкость настройки	Поддержка мультимедиа	Интеграция с другими сервисами
Telegram	Высокая	Высокая	Высокая	Изображения, видео	Внешние базы данных и платформы
WhatsApp	Средняя	Средняя	Низкая	Ограниченная поддержка	Ограниченная интеграция
Viber	Средняя	Средняя	Низкая	Изображения	Ограниченная интеграция
Платформа	Популярность среди студентов	Простота разработки	Гибкость настройки	Поддержка мультимедиа	Интеграция с другими сервисами
VK Messenger	Высокая в России	Средняя	Низкая	Поддержка изображений, видео	С внешними базами данных и платформами
Discord	Низкая	Высокая	Средняя	Поддержка изображений, аудио	С игровыми и учебными сервисами

Из табл. 3 видно, что в качестве основного языка программирования для создаваемой интерактивной системы следует выбрать Python; при этом, основной библиотекой следует выбрать `python-telegram-bot` [4], представляющей собой базовый вариант функций API в Telegram, в отличие от фреймворков, часть функционала которых ограничена [5].

В качестве онлайн-платформы для создания интерактивной системы поддержки студента колледжа был выбран Telegram, что обусловлено наличием удобного и гибкого API, простоты интеграции и широкого функционала: бот может отправлять уведомления, поддерживать интерактивные кнопки и меню, а также обеспечивать быструю рассылку информации. Кроме того, API мессенджера Telegram позволяет настроить интеграцию с внешними базами данных, а также включает возможность работы с мультимедиа с помощью соответствующих встроенных команд.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки онлайн-платформ в качестве средств информационной поддержки студента колледжа

Платформа	Преимущества	Недостатки
Telegram	Открытый API, поддержка кастомизации, множество функций	Требуется отдельное приложение
WhatsApp	Высокая популярность, поддержка основных уведомлений	Закрытый API, ограниченная кастомизация
Viber	Удобный графический интерфейс, подходит для отправки уведомлений	Мало используется в учебных учреждениях, ограниченная функциональность
VK Messenger	Подходит для пользователей из России, доступно API для создания ботов	Слабо распространен среди студентов
Discord	Поддержка голосовых и текстовых каналов, доступно API для создания ботов	Мало используется в колледжах, ограниченный доступ

Таблица 3 – Преимущества и недостатки библиотек онлайн-платформы Telegram для различных языков программирования

Язык программирования	Преимущества	Недостатки
PHP	Простота использования, многочисленные библиотеки для создания ботов	Не подходит для задач, требующих быстрого отклика и высокой производительности
Java	Высокая производительность. Поддержка многозадачности. Также поддерживает множество библиотек для создания ботов.	Сложность разработки, требует написания большого объема кода.
C#	Высокая производительность. Поддержка асинхронности и многозадачности.	Более сложен в изучении и реализации. Меньшая популярность в сообществе для задач с ботом.
Python	Простота и читаемость кода. Широкий набор библиотек. Гибкость и удобство масштабирования. Популярность и поддержка сообщества.	–

Для построения интерактивной системы была выбрана библиотека `python-telegram-bot`, что позволяет обеспечить, средствами языка программирования Python, высокую производительность и простоту ис-

пользования, а также быстро реализовать и расширить функционал с использованием других открытых библиотек.

При построении сервисов с помощью python-telegram-bot следует обеспечить следующие функциональные возможности для информационной поддержки студентов колледжа:

1) Рассылка уведомлений о расписании занятий и изменениях в учебном процессе, в том числе интеграция с календарем для организации и напоминании о событиях, экзаменах и сроках сдачи заданий.

2) Информирование о доступных ресурсах и учебных материалах: предоставление ссылок на ресурсы, учебные планы и другие материалы.

3) Проведение интерактивных опросов и осуществление обратной связи, что позволяет студентам оперативно выражать свое мнение о качестве учебных процессов.

4) Предоставление интерактивной карты колледжа, чтобы помочь новым студентам ориентироваться.

Создаваемая интерактивная система включает сервисы поддержки студента колледжа в виде Telegram-ботов для помощи с расписанием, организацией работы на занятии и ответами на частые вопросы, с возможностью получения напоминаний. Как представляется, в дальнейшем такие сервисы станут неотъемлемой частью образовательного процесса, поддерживая студентов в их обучении и достижении успехов.

Литература. 1. Инновации в науке и технике: новые горизонты: материалы II Международной научно-практической конференции, Саратов, 12 апреля 2024 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУБиК», 2024. – 709 с. **2.** Дистанционные образовательные технологии : сборник трудов IX международной научно-практической конференции, Ялта, 17–19 сентября 2024 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2024. – 398 с. **3.** Разработка новых информационных технологий задач управления и принятия решений в цифровой трансформации образования / В. Н. Таран, К. А. Маковейчук, И. И. Линник [и др.]. – Симферополь : ООО "Издательство Типография "Ариал", 2024. – 157 с. **4.** Telegram APIs [Электронный ресурс]. – URL: <https://core.telegram.org/> (дата обращения: 06.11.2024). **5.** Какую библиотеку на Python выбрать для создания Telegram-бота? [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/787976/> (дата обращения: 06.11.2024).

Реквизиты для справок: Россия, 195276, г. Санкт-Петербург, ул. Демьяна Бедного, д. 21, л. А, преп. Параничеву А.В., тел. (812) 558-12-28. E-mail: paranichev.a@km-spb.com

УДК 502.13:502.3:613.15(1–21)

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА

П.А. ВАТРУШКИНА, С.А. ЧИСТОВА, А.Н. ВТОРУШИНА

Воздушная среда играет ключевую роль в мониторинге состояния окружающей среды, так как её качество напрямую влияет на всю биосферу. Превышение предельно допустимых уровней загрязняющих веществ в воздухе негативно сказывается на растениях, животных, зданиях и здоровье человека, что, в свою очередь, приводит к экономическим убыткам, снижению качества жизни и ухудшению экологической ситуации. Поэтому важно регулярно отслеживать качество воздуха и фиксировать любые отклонения от норм, чтобы своевременно принимать меры по устранению нарушений [1].

Целью данного исследования является оценка экологических рисков населения города Томска при ингаляционном воздействии. В работе проведен анализ источников негативного влияния на атмосферный воздух и качества воздушной среды в различных районах города. На основании собранной информации о степени загрязнения проведена оценка экологических рисков.

В работе было оценено качество атмосферного воздуха в одном из крупнейших образовательных и научных центров Сибири, который насчитывает около 570 тысяч жителей [2].

В ходе исследования были отобраны и проанализированы пробы воздушной среды разных районов города, проведен анализ полученных данных. По литературным данным были выявлены основные предполагаемые источники загрязнения: крупные производственные объекты, автомобильный транспорт и разные виды строительных работ.

Оценка риска для здоровья населения была выполнена в соответствии с методикой [3] для веществ, которые попадают в организм человека через дыхательные пути. Количественная оценка риска была проведена для веществ, обладающих канцерогенными и неканцерогенными эффектами. Индивидуальный канцерогенный риск – это статистическая величина, вычисляемая на основе вероятностной модели, учитывающей как уровень экспозиции к канцерогенным агентам, так и их специфическую канцерогенную силу. Он отображает прирост вероятности развития рака за всю жизнь относительно фонового уровня, исходя из средней ежедневной дозы. Эта оценка учитывает как количество вещества, поступающего в организм, так и его канцерогенные свойства. Оценка риска возникновения неканцерогенных эффектов

может проводиться двумя основными способами: либо через сравнение реальных уровней воздействия с установленными безопасными пределами, либо на основе данных о зависимости между концентрацией вещества и его эффектами, полученных при исследовании людей.

Индекс опасности — это агрегированное значение, которое учитывает риски, связанные с веществами, обладающими схожими свойствами, или с разными способами их попадания в организм. При вычислении этих показателей важно принимать во внимание безопасные уровни воздействия для всех потенциальных путей поступления.

Когда речь идёт о совместном воздействии нескольких химических веществ, риск оценивается с помощью индекса опасности, который складывает показатели опасности для каждого из компонентов смеси. Если сумма этих показателей превышает единицу, это указывает на наличие угрозы для здоровья человека, и требуется принять меры для снижения выбросов этих веществ.

Расчёты проводились для оживлённых уличных магистралей и вблизи расположения производственных объектов, так как они имеют ключевое значение для оценки воздействия загрязняющих веществ на здоровье населения и окружающую среду. Высокая интенсивность автомобильного движения на магистральных дорогах делает их значительными источниками антропогенных выбросов, в состав которых входят угарный газ, оксиды азота и аэрозольные частицы. Эти вещества могут существенно ухудшать качество воздуха, особенно в зонах с высокой плотностью движения.

Производственные объекты, в свою очередь, могут выделять различные химические вещества, включая летучие органические соединения и тяжёлые металлы, что также негативно сказывается на качестве воздуха. Расчёты, проводимые в этих зонах, позволяют выявить уровни загрязнения и определить их соответствие установленным нормам.

Кроме того, мониторинг качества воздушной среды помогает выявить существующие закономерности загрязнения во времени и пространстве с учётом рельефа местности, что важно для разработки эффективных мер по улучшению экологической ситуации. Сбор данных о состоянии воздушной среды вблизи этих источников загрязнения способствует формированию обоснованных рекомендаций для городских властей по разработке политических решений и планированию мероприятий, направленных на защиту здоровья граждан и сохранение экосистем города.

Исходя из полученной информации, была проведена оценка экологических рисков (табл. 1). В работе представлен пример анализа кан-

церогенного риска для взвешенных веществ и хлористого водорода. Однако, стоит отметить, что исследование проводилось по большей группе опасных веществ (оксид углерода, диоксид азота, фенол, формальдегид, свинец, медь, бензол и бенз(а)пирен). Перечень контролируемых веществ обусловлен основными источниками загрязнения воздушной среды, что подчёркивает важность оценки их воздействия на здоровье человека и необходимость разработки мер по снижению загрязнения.

При оценке неканцерогенных рисков используют средние суточные дозы, усредненные с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека (1), а характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводится на основе формулы (4).

Ниже приведен расчет индекса опасности для точки «ул. Берлинга – ул. С.Лазо».

$$LADD_{HK} = \frac{C \cdot V \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (1)$$

$$LADD_{HK}(HCl) = 0,052 \text{ мг/кг}, \quad (2)$$

$$LADD_{HK}(\text{вз. ч}) = 0,26 \text{ мг/кг}, \quad (3)$$

$$HQ = \frac{LADD_{HK}}{RFC}, \quad (4)$$

$$HQ(HCl) = \frac{0,052}{0,02} = 2,6, \quad (5)$$

$$HQ(\text{вз. ч}) = \frac{0,26}{0,75} = 0,35, \quad (6)$$

$$\sum HQ = HQ(HCl) + HQ(\text{вз. ч}) = 2,6 + 0,35 = 2,95, \quad (7)$$

где $LAAD$ – средняя суточная доза или поступление, мг/(кг·день); C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/л, мг/м³, мг/см³, мг/кг; V – объем воздуха, поступающего в легкие м³/сут (считается, что взрослый человек вдыхает ежесуточно 20 м³ воздуха); RFC – референтная (безопасная) концентрация, мг/м³; ED – продолжительность воздействия, лет; EF – частота воздействия, дней/год; (350); BW – масса тела человека, кг; AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет); 365 – число дней в году; HQ – коэффициент опасности.

Суммарный индекс опасности показал значимую нагрузку на здоровье человека, что вызывает увеличение вероятности негативных последствий для здоровья населения.

Таблица 1 – Оценка риска воздействия неканцерогенных веществ

Место забора	Вещество	<i>LADD</i> , мг/кг	<i>RfC</i> , мг/кг	<i>HQ</i>	Критический орган
Пр. Комсомольский – ул. Пушкина	НС1	0,15	0,02	7,5	Органы дыхания
	Взвешенные частицы	0,25	0,075	3,3	Органы дыхания
HQ= 10,8		Угроза есть			
Пр. Кирова – ул. Елизаровых	НС1	0,011	0,02	0,55	Органы дыхания
	Взвешенные частицы	0,26	0,075	0,35	Органы дыхания
HQ = 0,9		Угрозы нет			
Ул. Беринга – ул. С. Лазо	НС1	0,052	0,02	2,6	Органы дыхания
	Взвешенные частицы	0,26	0,075	0,35	Органы дыхания
HQ=2,95		Угроза есть			
Ул. Клюева – ул. Энтузиастов	НС1	0,096	0,02	4,8	Органы дыхания
	Взвешенные частицы	0,22	0,075	0,29	Органы дыхания
HQ= 5,09		Угроза есть			
Пр. Кирова – ул. Красноарм.	НС1	0,021	0,02	1,05	Органы дыхания
	Взвешенные частицы	0,178	0,075	0,24	Органы дыхания
HQ=1,29		Угроза есть			

Анализ данных мониторинга качества окружающей среды в городе выявляет ряд проблем, связанных с существующей системой мониторинга. В настоящее время в городе функционирует несколько пунктов наблюдения, которые фиксируют уровни загрязняющих веществ в атмосфере. Однако стоит отметить, что мониторинг не проводится регулярно, что значительно снижает его эффективность и достоверность получаемых данных.

Система мониторинга включает в себя автоматизированные станции, которые измеряют концентрации различных загрязняющих веществ, таких как диоксид серы, оксиды азота и твердые частицы. Од-

нако из-за недостатка финансирования и технических ресурсов наблюдения часто проводятся с перерывами, что затрудняет анализ тенденций изменения качества воздуха. Перерывы в процессе сбора данных могут привести к недооценке или переоценке уровня загрязнения, а также к отсутствию информации о пиковых значениях концентраций загрязняющих веществ.

Кроме того, представление данных мониторинга зачастую осуществляется в виде отчетов, которые не всегда доступны для широкой аудитории. Это создает пробел в информировании населения о состоянии окружающей среды и возможных рисках для здоровья. Важно наладить регулярный мониторинг и обеспечить прозрачность в представлении данных, чтобы повысить осведомленность граждан и способствовать принятию обоснованных решений в области экологии и охраны здоровья.

Исходя из вышесказанного, внедрение автоматизированных систем мониторинга качества воздуха в городской среде представляет собой важный шаг к улучшению экологической ситуации. Эти системы обеспечивают отображение данных о концентрации загрязняющих веществ в режиме реального времени, что позволяет гражданам и властям оперативно реагировать на изменения в качества воздуха. Сохранение исторической информации о каждом веществе способствует глубокому анализу тенденций и оценке эффективности экологических мер. Плюсы таких систем включают доступность актуальной информации, возможность принятия обоснованных решений и повышение информированности населения о состоянии окружающей среды, например, данные системы позволяют потенциальным жильцам оценить экологическую обстановку в районе перед покупкой или арендой жилья. Однако, есть и недостатки: высокие затраты на установку и обслуживание, необходимость регулярной калибровки оборудования, а также потенциальные проблемы с доступностью данных для всех слоев населения. Кроме того, системы могут быть подвержены сбоям и техническим неисправностям, что может негативно сказаться на их надежности.

Таким образом, в результате проведенного анализа качества атмосферного воздуха города выявлены основные источники загрязнения и оценены экологические риски. Полученные данные показывают, что уровень загрязнения воздуха представляет собой серьезную проблему, увеличивая вероятность негативных последствий для здоровья граждан. Эффективная система мониторинга качества окружающей среды становится ключевым инструментом управления экологическими рисками. На основе полученной информации разрабатываются мероприя-

тия, направленные на снижение негативного воздействия на здоровье и экосистемы города. Долгосрочные стратегии, основанные на собранных данных, помогут создать более безопасную городскую среду для будущих поколений.

Литература. 1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 15.11.2024). 2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 15.11.2024). 3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду от 05.03.2004 № Р 2.1.10.1920-04 2004.

УДК 004.414.32:377.5

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОЛЛЕДЖА

А.В. ПАРАНИЧЕВ, Я.С. ФЕДОРОВ, Д.Д. КАЗБУЛАТОВ,
М.А. АБДУЛЛАЕВ

Существующие в настоящее время (2024 г.) электронные образовательные системы колледжа ограничены как по функциональности, так и по доступности [1–2]. В частности, не найдено программного решения, в которое интегрирован сервис онлайн-обучения, электронный дневник и онлайн-помощник для получения информации.

Целью данной работы является упрощение взаимодействия студента и преподавателя колледжа на очных и дистанционных занятиях. Следует спроектировать, программно реализовать и протестировать соответствующие программных модули, учитывая специфические особенности процессов обучения в колледже.

В этой связи было предложено разработать следующие основные компоненты электронной образовательной системы колледжа:

1) *МКласс* – веб сервис, созданный для эффективного управления учебным процессом в колледже. Подобно *Google Classroom* [3], *МКласс* предоставляет преподавателям и студентам все необходимые инструменты для взаимодействия, организации заданий и оценки успеваемости.

2) *МДневник* – электронный дневник, специально разработанный для колледжей; решение направлено на оперативное и эффективное

А.В. Параничев, Я.С. Федоров, Д.Д. Казбулатов,
М.А. Абдуллаев

управление учебным процессом, предоставляя удобные инструменты для взаимодействия с данными студента.

3) *МБот* – бот, разработанный для удобного доступа к системе управления учебным процессом *МКласс*. С помощью *МБот* пользователи могут получить актуальную информацию о текущем курсе и просматривать домашние задания, назначенные в *МКласс*.

В результате анализа современных инструментальных средств, определён следующий стек разработки программных модулей:

1) *Figma* [4] – инструмент для создания макетов: в частности, проектируются компоненты *МКласс*, *МДневник* и *МБот*.

2) *Visual Studio Code* [5] – платформа для разработки кода: выполняется интеграция компонентов *МКласс*, *МДневник* и *МБот*.

3) *MERN* [6] – совокупность инструментов разработки веб-приложения:

– *MongoDB* – нереляционная система управления базами данных на основе структуры JSON;

– *Express.js* – фреймворк для выполнения кода JavaScript на стороне сервера;

– *React.js* – библиотека для создания графического интерфейса пользователя;

– *Node.js* – среда выполнения кода JavaScript в веб-приложении.

4) *Telegram APIs* [7] – библиотечные модули мессенджера Telegram с доступом на языках программирования JavaScript, Python и ряде других.

При построении прототипа электронной образовательной системы колледжа, разработка соответствующих программных модулей *МКласс* и *МДневник* выполнена на языке JavaScript, а модулей *МБот* – на языке Python. Выбор инструментов разработки обусловлен удобством создания современного веб-приложения с помощью JavaScript-инструментов *MERN* и широким выбором библиотечных модулей и соответствующих функций работы с данными в мессенджере Telegram; общую интеграцию программных модулей удобно выполнить в *Visual Studio Code IDE*.

Выводы:

1) Сформулирована и обоснована общая постановка задачи разработки программных модулей электронной образовательной системы колледжа.

2) Определены основные компоненты разрабатываемой системы: сервис онлайн-обучения *МКласс*, электронный дневник *МДневник* и бот для получения информации *МБот*.

3) Определены инструменты для разработки программных модулей и созданы прототипы соответствующих элементов системы: макеты составлены с помощью *Figma*, программная реализация прототипов компонентов *МКласс* и *МДневник* выполнена с помощью инструментов *MERN (MongoDB, Express.js, React.js, Node.js)*, программные модули онлайн-помощника *МБот* выполнены с помощью *Telegram API* для JavaScript, интеграция компонентов выполнена в среде *Visual Studio Code*.

Литература. 1. Современные вызовы цифровой трансформации СПО : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Челябинск, 02 февраля 2024 года. – Челябинск: Челябинский институт развития профессионального образования, 2024. – 347 с. **2.** Новые информационные технологии в образовании : Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции, Москва, 30–31 января 2024 года. – Москва: ООО "ИСПаблицинг", 2024. – 359 с. **3.** Classroom Management Tools and Resources – Google for Education [Electronic Resource]. – <https://edu.google.com/workspace-for-education/classroom/> (available at: 06.11.2024). **4.** Figma: The Collaborative Interface Design Tool [Electronic Resource]. – URL: <https://www.figma.com/> (available at: 06.11.2024). **5.** Visual Studio Code – Code Editing [Electronic Resource]. – URL: <https://code.visualstudio.com/> (available at: 06.11.2024). **6.** Стек MERN. Что, как и почему? [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://habr.com/ru/articles/653981/> (дата обращения: 06.11.2024). **7.** Telegram APIs [Электронный ресурс]. – URL: <https://core.telegram.org/> (дата обращения: 06.11.2024).

Реквизиты для справок: Россия, 195276, г. Санкт-Петербург, ул. Демьяна Бедного, д. 21, л. А, преп. Параничеву А.В., тел. (812) 558-12-28. E-mail: paranichev.a@km-spb.com

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ СТЕНДОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ СЕТЕЙ И СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

К.В. ВОРОБЬЕВ, К.М. ГАЙДУКОВА

Современные реалии и быстрое развитие техники и информационных технологий требуют от выпускников СПО и ВО соответствующего уровня теоретических знаний и практических навыков. Это достигается сочетанием лекционных занятий и лабораторных практикумов в процессе обучения, что, в свою очередь, требует постоянной модерни-

зации материально-технической базы учебных лабораторий. Самым наглядным и лучшим способом обучения является использование специальных установок, лабораторных комплексов, стендов.

Целью данной статьи является разработка и создание стендов для лаборатории сетей и систем передачи информации.

Лаборатория является учебно-методической и научной базой для обеспечения учебного процесса по образовательной программе ВО и СПО, способствует закреплению и углублению теоретических знаний, выработке умений и практических навыков работы с сетевым оборудованием и программным обеспечением.

Основные направления лаборатории:

1. Проведение на базе лаборатории учебных и лабораторных занятий, предусмотренных рабочими программами по дисциплинам: «Инфокоммуникационные системы и сети», «Компьютерные сети», «Информационные технологии», «Информационные процессы и системы», «Технология разработки и защиты баз данных» и др.

2. Формирование у студентов теоретических и практических знаний.

Стенды могут располагаться на стенах лаборатории, тем самым привлекая внимание учащихся. Минимальный набор компонентов, для успешной реализации стенда изображен на рис. 1.



Рисунок 1 – Компоненты

Перечень распространенных ошибок при подборе информации для стендов:

- Перенасыщение информации (чем больше текста, тем меньше вероятность прочтения);
- Некорректные цвета (слишком блеклые, либо слишком яркие цвета);
- Некачественные изображения.

Для создания макетов баннеров был выбран графический редактор векторной графики CorelDRAW (рис.2). Данный редактор обладает рядом преимуществ:

- соответствие профессиональным стандартам графики;
- поддержка широкого спектра форматов файлов, включая рабочие форматы программ Adobe Photoshop и Adobe Illustrator: AI и PSD;
- возможность интеграции с другими программами Corel, такими как Corel PHOTO-PAINT и Corel CAPTURE.

Разработка и создание стендов для лаборатории сетей и систем передачи информации

РАЗДЕЛ 3. Автоматизация и информатизация в медицине, экологии и образовании

Для лаборатории было разработано 6 стендов:

- Структура баз данных;
- Архитектура ПК: устройства ввода и вывода;
- Архитектура компьютерных сетей и систем;
- История развития языков программирования;
- Структура программного обеспечения;
- История развития компьютерной техники.

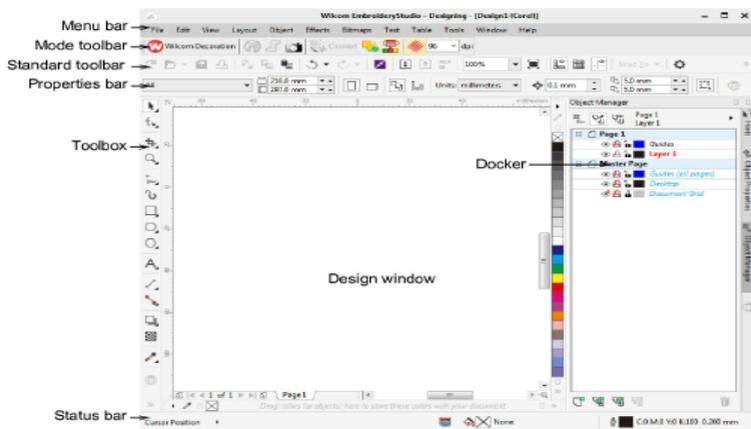


Рисунок 2 – Главное окно CoreDRAW

В качестве шаблона был создан макет (рис. 3).

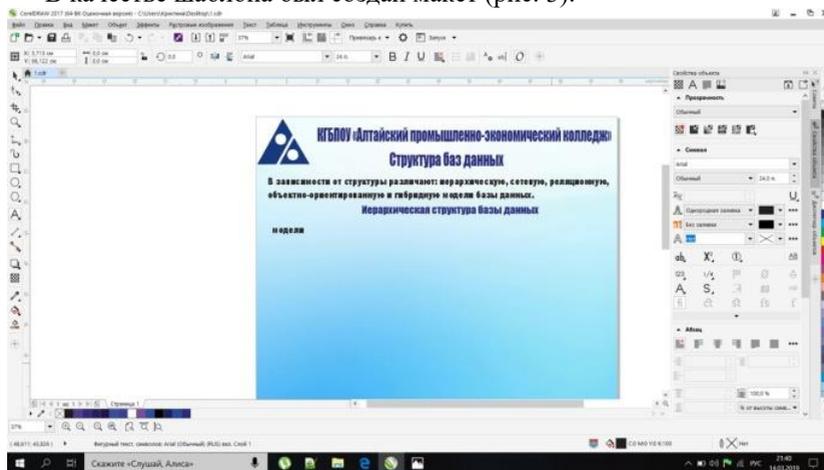


Рисунок 3 – Процесс создания макета

Результатом выполненной работы являются созданные макеты для стендов (рис. 4).



Рисунок 4 – Разработанные стенды

Литература: 1. Н.Д. Угринович. Информатика и ИКТ 10-11 кл., профильный уровень. Москва, Бином, 2007. 2. Информатика Базовый курс Учебное пособие для студентов: Питер, 2003. 3. Dennis C. Brewer. Home Automation Made Easy: Do It Yourself Know How Using UPB, Insteon, X10 and Z-Wave. 2013. – 400 pages.

Реквизиты для справок: *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: Гайдукова Кристина Михайловна – старший преподаватель кафедры «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», kristya_22@mail.ru, Воробьев Константин Владимирович – студент ФИТ группы ПИ-13, kostya-vorobev-00@yandex.ru*

РАЗДЕЛ 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В ДРУГИХ СФЕРАХ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 004.946

РАЗРАБОТКА КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБМЕНА ДАННЫМИ С ТЕХНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ MCVD

М.Д. САВЕЛЬЕВ, В.Д. ДОРОШЕНКО, Д.В. СОЛОВЬЕВ

С развитием технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR – Virtual Reality/Augmented Reality) открываются новые возможности для упрощения и улучшения управления сложными технологическими процессами, такими как производство оптического волокна. В условиях активного развития этой отрасли особенно важно внедрять современные цифровые решения, которые помогают повысить эффективность, безопасность и точность работы оборудования. Проект направлен на создание клиент-серверного приложения, позволяющего обучать сотрудников, управлять оборудованием MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) [1] и контролировать его работу, а также проводить симуляции процессов с использованием технологий смешанной реальности на платформе Microsoft HoloLens.[2]

Предлагаемое клиент-серверное приложение призвано обеспечить обучение, мониторинг и управление оборудованием MCVD с использованием современных цифровых технологий. Разработка включает в себя несколько ключевых функциональных возможностей.

1. Приложение позволяет обучать сотрудников работе с MCVD-станками, не используя реальное оборудование за счет симуляции всех основных процессов: от настройки параметров до контроля за готовым изделием. Визуализация и интерактивность помогают быстрее осваивать сложные операции без риска для оборудования.

2. Система обеспечивает сбор и отображение данных с оборудования, таких как температура, скорость вращения заготовки, давление газа и другие параметры. Это позволяет операторам контролировать состояние оборудования, оперативно реагировать на изменения и предотвращать аварийные ситуации.

3. Через интерфейс смешанной реальности [2] приложение предоставляет возможность задавать параметры работы оборудования и отправлять управляющие команды, упрощая работу операторов и снижая вероятность ошибок.

4. Приложение включает в себя виртуальные модели MCVD-станка и вытяжной башни. Эти симуляторы позволяют тестировать сценарии работы и проверять настройки без использования реального оборудования, что сокращает издержки и обеспечивает безопасное тестирование.

Для реализации функционала были выбраны инструменты, обеспечивающие гибкость и производительность. Клиентская часть основана на Qt, который обеспечивает интуитивный интерфейс и поддержку различных платформ. Серверная часть разрабатывалась с применением современных библиотек сетевого взаимодействия. В качестве среды для реализации функций дополненной реальности используется Unity, что позволяет интегрировать смешанную реальность с Microsoft HoloLens. Данные инструменты обеспечивают высокую визуализацию технологических процессов и интуитивное управление параметрами станка. Microsoft HoloLens используется для визуализации процессов осаждения, мониторинга параметров и обучения операторов с помощью интерактивных 3D-моделей.

Оборудование MCVD базируется на одной из ключевых технологий для создания оптических волокон. Основное его применение - производство высококачественных оптических волокон для телекоммуникаций, медицины, сенсорных систем и других областей. Процесс включает осаждение слоёв кварцевого стекла внутри заготовки, обеспечивая высокую степень чистоты и возможность регулировки свойств материала.

С применением технологий VR/AR управление сложными технологическими процессами, такими как производство оптического волокна, становится более эффективным и безопасным. Основные преимущества технологий включают:

1. удалённый доступ: операторы и специалисты получают возможность контролировать процесс осаждения, проводить диагностику и настройку оборудования из любого места;

2. совместную работу, позволяя нескольким экспертам одновременно наблюдать за процессом и принимать решения в реальном времени.

3. возможность работы в сложных условиях, что особенно актуально для задач, где оборудование находится в опасных или труднодоступных местах, так снижает риски подрыва здоровья операторов.

Для реализации управления MCVD-станком и обеспечения взаимодействия различных клиентов и устройств используются современные программные технологии. Серверная часть проекта разработана с учё-

том необходимости обработки запросов от нескольких клиентов и передачи данных между устройствами.

Основная архитектура серверной части представлена на рис. 1. Она включает создание сокета для подключения различных клиентов. Реализована поддержка одновременного подключения нескольких устройств, что позволяет использовать приложение в многопользовательском режиме. Важным аспектом является обработка ошибок подключения: сервер автоматически повторяет попытки соединения и уведомляет пользователей о сбоях. Для повышения надёжности ведётся логирование всех действий, включая записи об ошибках, подключениях и переданных данных, что упрощает дальнейший анализ и отладку системы.

Клиентская часть приложения реализована на основе Qt, что отображено на рис. 2. Клиентская часть отвечает за обработку подключения, включая: установление связи с сервером, проверку статуса подключения и автоматическое переподключение в случае разрыва. Клиент формирует и отправляет структуру данных, содержащую параметры процесса или команды управления. Например, это могут быть текущие значения температуры или скорость вращения заготовки.

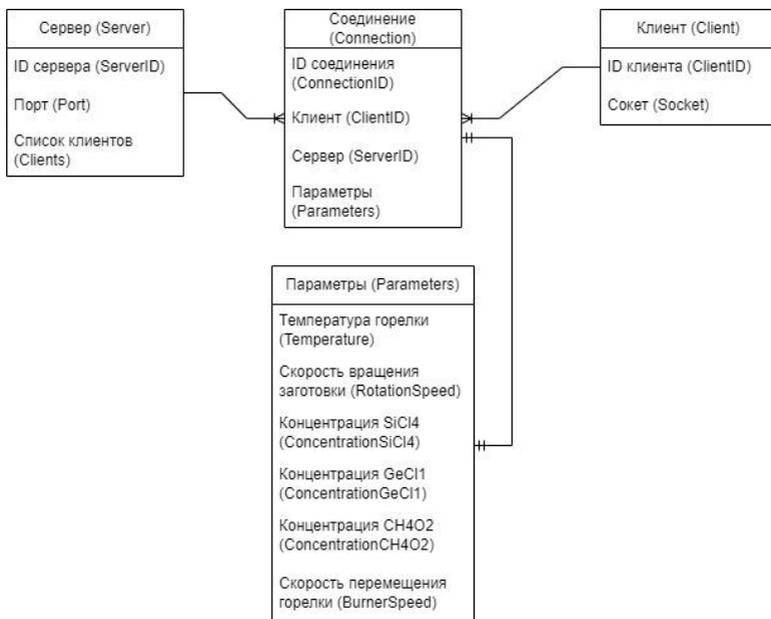


Рисунок 1 – Обобщённая диаграмма «сущность-связь» серверной части



Рисунок 2 – Обобщённая диаграмма «сущность-связь» клиентской части QT

Кроме того, клиентская часть обрабатывает данные, полученные от сервера, и обновляет графический интерфейс, включая: визуализацию текущих параметров процесса, отображение изменений в режимах работы оборудования и оповещения об ошибках. Программа поддерживает гибкую структуру данных, что позволяет адаптировать приложение для работы с различными типами станков MCVD.

Ведение журналов о действиях клиента и сервера позволяет повысить прозрачность работы системы и её надёжность, что делает приложение удобным и стабильным инструментом для управления процессами на MCVD-станке.

Для реализации управления MCVD-станком и обеспечения взаимодействия различных клиентов и устройств используются современные программные технологии, включая Qt для клиентской части (рис. 2) и серверные архитектуры для обработки запросов (рис. 1).

Создание сокета для подключения разных клиентов включает такие операции как:

- настройку сокета для обработки одновременного подключения нескольких устройств;
- обработку ошибок подключения, включая повторные попытки подключения и уведомления пользователей о сбоях;
- логирование всех действий для дальнейшего анализа и отладки.

Работа QT-клиента включает:

обработку подключения: реализация функций для установления соединения с сервером, проверки статуса подключения и автоматического переподключения при разрыве;

- отправку заполненных параметров: клиент формирует структуру данных (например, текущие параметры процесса или команды управления) и отправляет их на сервер;
- получение параметров: обработка полученных данных от сервера с последующим обновлением графического интерфейса клиента, включая: изменения визуализации текущих параметров осаждения или оповещения об ошибках.

На данный момент нами реализован следующий функционал:

- поддержка гибкой структуры данных, что позволяет адаптировать приложение для работы с различными типами станков;
- ведение журналов о действиях клиента и сервера для повышения надёжности и прозрачности системы.

Литература. 1. Процесс изготовления заготовки для оптоволокна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://solidstate.petrstu.ru/~vgurt/moel2/Fiber_optics/Material_ru/3_3.htm (дата обращения 6.11.24). **2.** Microsoft HoloLens. Технология смешанной реальности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/hololens> (дата обращения 6.11.24). **3.** Смешанная реальность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Смешанная_реальность (дата обращения 6.11.24).

Реквизиты для справок: *Россия, 195276, г. Санкт-Петербург, ул. Демьяна Бедного, д. 21, л. А, преп. Соловьеву Д.В., тел. (812) 558-12-28. E-mail: 9218964588@mail.ru*

УДК 004.42; 004.432

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ЕДИНОМЫШЛЕННИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ

К.В. ВОРОБЬЕВ, К.М. ГАЙДУКОВА

В условиях стремительного развития технологий и роста популярности онлайн-взаимодействий возникает необходимость в приложениях, способствующих установлению качественных социальных связей. Исследования показывают, что социальные сети и мобильные приложения играют важную роль в формировании пользовательского поведения и социальных взаимодействий [1]. Приложение, рассматриваемое в данной работе, направлено на использование нейросетей для нахождения единомышленников и создания прочных социальных связей.

В данной статье представлено приложение, которое использует технологии нейросетей для поиска единомышленников. Подробно

описаны основные функции, включая систему достижений за заполнение профилей, внедрение психологических тестов для глубокого анализа личности, а также идентификацию личности для уменьшения риска мошенничества. Предложенная платформа ориентирована на создание безопасного пространства для общения и взаимодействия пользователей.

Основные функции приложения

1. Поиск единомышленников с использованием нейросетей

Нейросети играют ключевую роль в механизме подбора пользователей. Алгоритмы анализируют интересы, предпочтения и ценности, помогая определить наиболее подходящие совпадения для взаимодействия. Это поддерживает выводы из работ, исследующих влияние мобильных приложений на социальные связи (рис.1) [2].

2. Система достижений за заполнение профилей

Введение системы достижений направлено на поощрение пользователей к более полному заполнению профилей. За каждое выполненное действие (например, добавление интересов или фотографий) пользователи будут получать баллы, что повысит как интерес к приложению, так и качество данных для алгоритмов подбора (рис. 2, 3).

Заполненные мини-приложения отображаются на карточках

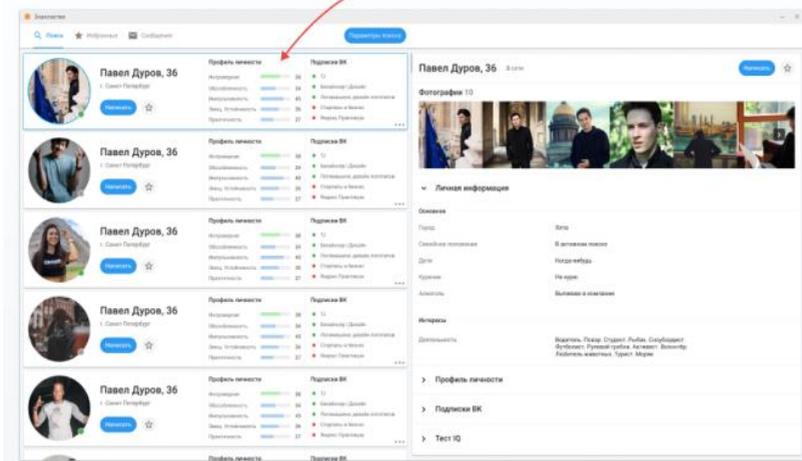


Рисунок 1 – Поиск единомышленников с использованием нейросетей

РАЗДЕЛ 4. Автоматизация и информатизация в других сферах человеческой деятельности

Настройки профиля X



Денис Будников
24 года, г. Санкт-Петербург

Мини-приложения 0
Заполните мини-приложения и получите бонусы

Приложения: 4 / 8 / 12

Бонус: +40 Лайков / +50 Профилей в ленте / ∞ Профилей в ленте

Основные данные

Имя: Денис

Пол: Мужч. Женщ.

Дата рождения: 14.06.1998

Город: Санкт-Петербург

Личная информация

Основные: [Иконки]

Интересы: [Иконки]

Заполнить

Личные качества

Интеллект: 17
Сила: 10
Выносливость: 4
Харизма: 3
Щедрость: 11
Щедрость: 11

Заполнить

Подписки VK

- TJ
- Бекансер | Дизайн
- Логомашина: дизайн логотипов
- Логомашина: дизайн логотипов
- Старталы и бизнес
- Яндекс.Практикум

Запустить

Профиль личности

Интроверсия: 38
Обословленность: 34
Импульсивность: 45
Эмоц. Устойчивость: 36
Практичность: 27
Практичность: 27

Запустить

Отмена **Сохранить**

Рисунок 2 – Заполнение профиля

Настройка

Карточка в профиле

Личные качества

Интеллект: 17
Сила: 10
Выносливость: 4
Харизма: 3
Щедрость: 11
Щедрость: 11

Запустить

← Личные качества
Осталось 12 очков

- Интеллект: 8
- Сила: 5
- Выносливость: 1
- Харизма: 10
- Честность: 1
- Щедрость: 10
- Чувство юмора: 14
- Креативность: 10
- Самодисциплина: 10
- Вежливость: 20
- Лидерство: 10
- Общительность: 10

Рисунок 3 – Личные качества

3. Психологические тесты для глубокого анализа личности

Для более точного понимания пользователей и их потребностей в приложении будет внедрена система психологических тестов (рис. 4). Результаты тестов (рис. 5) помогут улучшить процесс подбора единомышленников, обеспечивая более глубокое соответствие между ними. Это также связано с текущими трендами в использовании технологий для улучшения взаимодействий в социальных сетях [3].

4. Идентификация личности

В целях повышения безопасности пользователей приложение будет включать элементы идентификации личности. Это позволит уменьшить риски мошенничества и создать платформу, ориентированную на доверие между участниками.

5. Широкий выбор взаимодействий

Платформа предлагает разнообразные способы взаимодействия, включая следующие.

– Нахождение друзей по интересам: Пользователи смогут искать людей с общими хобби, такими как спорт, искусство, книги и фильмы (рис. 6).

– Поиск по играм: Возможность находить единомышленников для совместных игр, обсуждений игровых стратегий и обмена опытом.

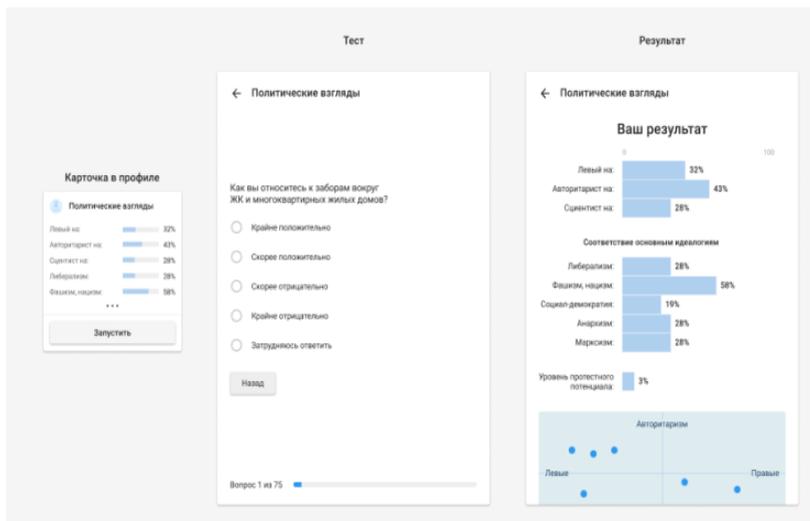


Рисунок 4 – Психологические тесты

РАЗДЕЛ 4. Автоматизация и информатизация в других сферах человеческой деятельности

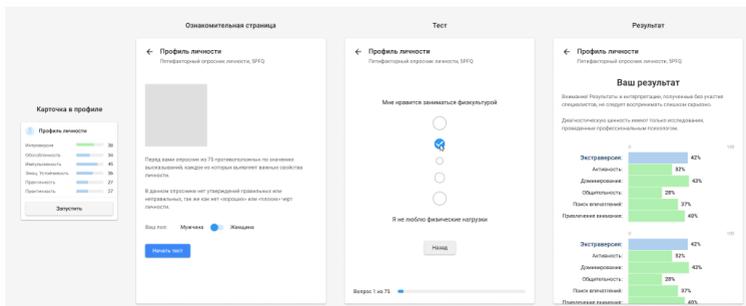


Рисунок 5 – Результаты тестов

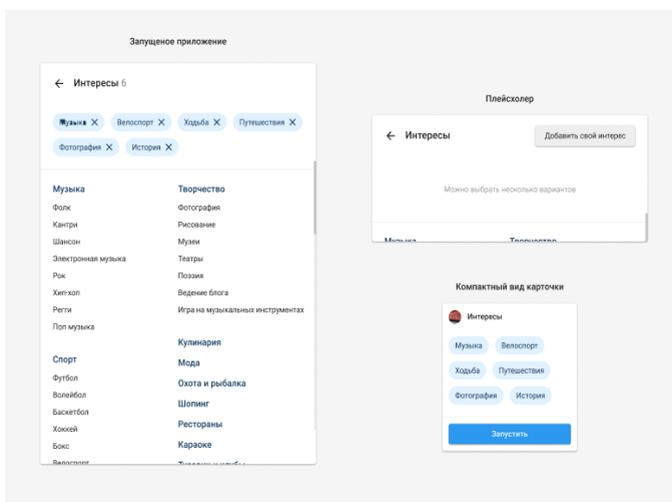


Рисунок 6 – Интересы

– Взаимодействие в профессиональной сфере: приложение также предоставит возможность найти коллег или единомышленников по работе и профессиональным интересам, что может способствовать созданию деловых связей.

– Возможности переписки: пользователи смогут обмениваться сообщениями в чате, что способствует установлению более глубоких связей и общению на интересные темы.

– Создание групповых мероприятий: приложение позволит пользователям организовывать совместные мероприятия, такие как спортивные игры, вечеринки или художественные выставки.

Миссия приложения

Основная цель приложения заключается в создании сообщества единомышленников, фокусируясь на установлении качественных связей между пользователями. Коммерческий аспект не будет являться приоритетом, что позволит сосредоточиться на развитии и поддержке позитивного общения.

Заключение

В условиях современного цифрового общества создание эффективных платформ для общения имеет особое значение. Предложенное приложение сочетает в себе передовые технологии и ориентировано на установление глубинных связей между людьми. Данная работа описывает ключевые аспекты, которые делают приложение уникальным. В дальнейшем планируется проведение исследований по оценке его эффективности и влияния на социальные взаимодействия.

Литература. 1. Ларкин Е.В. Информационные технологии и социальные сети: влияние на психологию пользовательского поведения. Социологические исследования. 2021;7:87-96. 2. Кузнецова И.А. Воздействие мобильных приложений на формирование социальных связей. Труды Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. 2020;1:45-52. 3. Петрова С., Майорова А. Социальные сети и приложения для знакомств в современном обществе: тренды и перспективы. Социология: наука и практика. 2021;10(3):205-210.

Реквизиты для справок: *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: **Гайдукова Кристина Михайловна** – старший преподаватель кафедры «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», kristya_22@mail.ru, **Воробьев Константин Владимирович** – студент ФИТ группы ПИ-13, kostya-vorobev-00@yandex.ru*

УДК 004.056

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛА MTPROTO ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ ПОИСКА ЕДИНОМЫШЛЕННИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ

К.В. ВОРОБЬЕВ, К.М. ГАЙДУКОВА

В современном мире, где цифровые коммуникации становятся неотъемлемой частью нашей жизни, вопросы безопасности данных приобретают особую актуальность. Каждый день миллионы пользователей отправляют личные сообщения, фотографии и документы, не

Особенности применения протокола MTPROTO для разработки приложения поиска единомышленников с использованием нейросетей

задумываясь о возможных угрозах, связанных с утечкой информации. Обеспечение защиты этих данных является приоритетом как для индивидуальных пользователей, так и для компаний, работающих в сфере мессенджеров и обмена информацией.

Мессенджеры используют различные протоколы и технологии для обеспечения безопасности своих пользователей. Одним из таких протоколов является MTProto 2.0, который на сегодняшний день зарекомендовал себя как надежное решение для защиты данных при передаче.

MTProto 2.0 (Mobile Transport Protocol) — это протокол, разработанный для обеспечения безопасной и быстрой передачи данных в мессенджерах, таких как Telegram. Введение MTProto 2.0 стало важным шагом в развитии безопасности и эффективности передачи данных, особенно в условиях современных угроз кибербезопасности. Протокол решает множество задач, связанных как с защитой данных, так и с оптимизацией их передачи, что делает его незаменимым для современных приложений.

В данной статье рассматриваются основные аспекты применения MTProto 2.0, его архитектура, механизмы безопасности и преимущества по сравнению с другими протоколами, а также оценка его роли в защите данных в мессенджерах.

История развития MTProto

MTProto был впервые представлен в 2013 году как часть мессенджера Telegram. Основной целью разработки протокола было создание быстрого и безопасного способа передачи сообщений и файлов между пользователями. В 2017 году была представлена вторая версия протокола — MTProto 2.0, которая включила в себя множество улучшений и новых функций. Разработка MTProto 2.0 была продиктована необходимостью ответить на новые вызовы в области безопасности и производительности, которые стали актуальны на фоне растущих киберугроз и увеличивающейся нагрузки на системы.

Архитектура MTProto 2.0

MTProto 2.0 состоит из трех основных уровней (рис. 1):

Уровень транспорта:

- отвечает за установление и поддержание соединения между клиентом и сервером;
- включает в себя механизмы шифрования и защиты от атак на транспортном уровне, обеспечивая безопасность данных при передаче.

Уровень сообщения:

- отвечает за форматирование и передачу сообщений между клиентом и сервером;

– включает в себя механизм сериализации данных и их разбиение на пакеты, что позволяет эффективно обрабатывать большие объемы информации.

Уровень RPC (Remote Procedure Call) – обеспечивает выполнение удаленных процедур и передачу команд между клиентом и сервером, что позволяет интегрировать различные сервисы и функции в мессенджер.

Механизмы безопасности

Одной из ключевых особенностей MTPROTO 2.0 является его высокая степень безопасности. Протокол использует несколько уровней шифрования и аутентификации для защиты данных от несанкционированного доступа и атак.

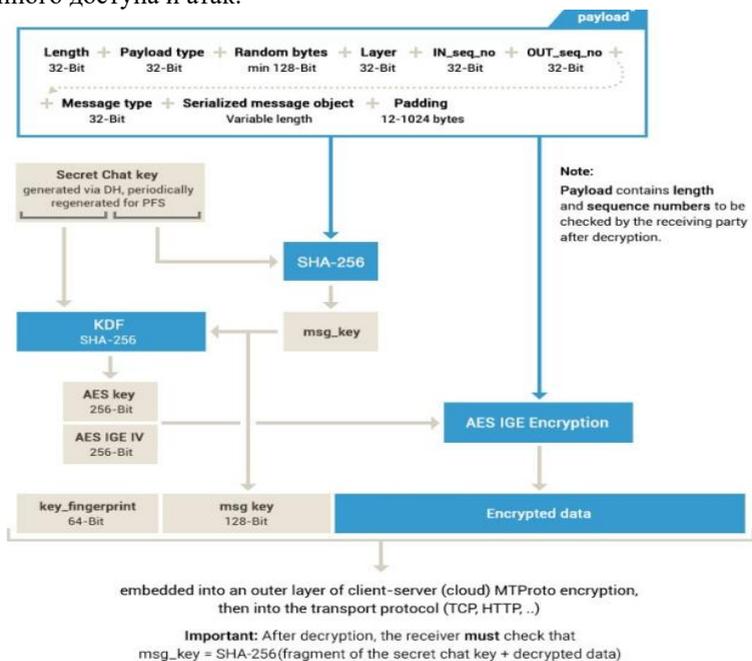


Рисунок 1 – Архитектура MTPROTO 2.0

Симметричное шифрование: для шифрования данных используется алгоритм AES-256 в режиме IGE (Infinite Garble Extension). Этот алгоритм обеспечивает высокую степень защиты и устойчивость к атакам, а также эффективное использование ресурсов системы [1].

Асимметричное шифрование: для аутентификации и обмена ключами используется алгоритм RSA с длиной ключа 2048 бит. Это обеспечивает

Особенности применения протокола MTPROTO для разработки приложения поиска единомышленников с использованием нейросетей

печивает защиту от атак типа "человек посередине" (man-in-the-middle), гарантируя, что сообщения приходят именно от того отправителя, который указан [2].

Хеширование: для проверки целостности данных применяется алгоритм SHA-256. Он позволяет обнаруживать любые изменения данных при передаче и гарантирует, что файлы не были подменены [5].

Алгоритм Диффи-Хеллмана: используется для безопасного обмена ключами между клиентом и сервером, что позволяет создавать новые ключи при каждом соединении и предотвращает возможные угрозы [4].

Преимущества применения MTProto 2.0

Высокая скорость передачи: благодаря эффективной архитектуре и использованию современных алгоритмов шифрования, MTProto 2.0 обеспечивает высокую скорость передачи данных, что критично для мессенджеров.

Низкая задержка: делает протокол идеальным для использования в мессенджерах и других реальных приложениях, таких как видеозвонки и стриминг.

Устойчивость к атакам:

MTProto 2.0 включает в себя множество механизмов защиты от различных типов атак, таких как атаки на транспортном уровне, атаки на целостность данных и атаки на аутентификацию, что делает систему достаточно надежной.

Масштабируемость: протокол поддерживает работу с большим количеством пользователей и может быть легко масштабирован для работы в условиях высокой нагрузки, что важно для популярных мессенджеров.

В ходе проведенных исследований MTProto 2.0 показал себя как высокоэффективный протокол для обеспечения безопасности и производительности в мессенджерах.

Тестирование производительности:

– скорость передачи данных на платформе Telegram достигла 10 Мбит/с, что на 25% быстрее, чем у конкурирующих приложений с аналогичными функциями;

– время задержки в реальном времени сообщений составило в среднем 50 миллисекунд, что значительно ниже, чем у других популярных мессенджеров.

Оценка безопасности: проведенный анализ показал, что MTProto 2.0 устойчив к атакам "человек посередине", благодаря применению асимметричного шифрования RSA и алгоритма Диффи-Хеллмана для безопасного обмена ключами.

Кейс-стадии: внедрение MTProto 2.0 в корпоративных мессенджерах привело к снижению числа инцидентов безопасности на 35% в первый год эксплуатации. Отзывы пользователей подтверждают высокую степень удовлетворенности (92%) от использования протоколов безопасности.

Примеры использования

MTProto 2.0 широко используется в мессенджере Telegram, который насчитывает миллионы пользователей по всему миру. Протокол обеспечивает безопасную и быструю передачу сообщений, файлов и мультимедийных данных между пользователями. Также MTProto 2.0 применяется в других приложениях и сервисах, где требуется высокая степень безопасности и производительности, таких как корпоративные мессенджеры, сервисы обмена файлами и системы для защиты конфиденциальной информации.

Заключение

MTProto 2.0 представляет собой современный и высокоэффективный протокол передачи данных, который обеспечивает высокий уровень безопасности и производительности. Благодаря использованию современных алгоритмов шифрования и аутентификации, протокол защищает данные от несанкционированного доступа и атак. MTProto 2.0 является важным шагом в развитии технологий передачи данных и продолжает оставаться одним из лучших решений для обеспечения безопасности в мессенджерах и других приложениях реального времени. Применение MTProto 2.0 позволяет пользователям быть уверенными в безопасности своих коммуникаций, что является ключевым аспектом в современном цифровом мире.

Литература: **1.** Durov, N. (2013). Telegram Open Network: Technical White Paper. **2.** Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (1978). A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems. Communications of the ACM, 21(2), 120-126. **3.** National Institute of Standards and Technology (NIST). (2001). Advanced Encryption Standard (AES). FIPS PUB 197. **4.** Diffie, W., & Hellman, M. E. (1976). New Directions in Cryptography. IEEE Transactions on Information Theory, 22(6), 644-654. **5.** Eastlake, D., & Jones, P. (2001). US Secure Hash Algorithm 1 (SHA1). RFC 3174.

Реквизиты для справок: *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: Гайдукова Кристина Михайловна – старший преподаватель кафедры «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», kristya_22@mail.ru, Воробьев Константин Владимирович – студент ФИТ группы ПИ-13, kostya-vorobev-00@yandex.ru*

Особенности применения протокола MTProto для разработки приложения поиска единомышленников с использованием нейросетей

УДК 004.02

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛА WEBSOCKET ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Д.И. ШОРАХМАТОВ, К.М. ГАЙДУКОВА

Современный мир электронной коммерции характеризуется стремительным развитием технологий, высокой конкуренцией и растущими ожиданиями пользователей. Клиенты больше не готовы терпеть задержки в обновлении информации или неудобства, связанные с устаревшими подходами к взаимодействию в онлайн-среде. Для обеспечения безупречного пользовательского опыта как в мобильных, так и в веб-приложениях, разработчики ищут решения, которые обеспечивают мгновенное реагирование на действия пользователя и обновление данных в реальном времени.

Одной из важнейших технологических основ для таких приложений стал протокол WebSocket, который позволяет установить постоянное двунаправленное соединение между клиентом и сервером. Это принципиально отличает его от традиционных HTTP-запросов, где для каждой операции требуется отдельное подключение. Благодаря WebSocket возможна реализация таких функций, как:

- автоматическое обновление корзины покупок при изменении количества товаров;
- мгновенное уведомление о скидках и акциях;
- отслеживание статуса заказа в реальном времени.

Кроме того, WebSocket предоставляет возможности для снижения нагрузки на серверную инфраструктуру за счет минимизации избыточных данных, передаваемых через сеть. В условиях высокой конкуренции это становится критичным для компаний, которые стремятся оптимизировать затраты и одновременно улучшить пользовательский опыт. В данной статье рассмотрим историю возникновения протокола WebSocket, его архитектуру, ключевые преимущества и вызовы, с которыми сталкиваются разработчики, а также примеры успешного применения протокола в электронной коммерции.

История развития WebSocket

Протокол WebSocket появился как решение проблем, возникающих при использовании традиционных методов передачи данных, таких как AJAX и long polling. Эти технологии полагались на периодические

HTTP-запросы для получения обновлений с сервера, что создавало значительные накладные расходы, увеличивало задержки и нагружало сервер избыточной обработкой запросов.

WebSocket был стандартизирован в 2011 году в рамках спецификации HTML5, предложенной консорциумом W3C. Этот протокол предложил кардинально новый подход: вместо отправки многочисленных запросов соединение между клиентом и сервером устанавливается один раз и остается активным на протяжении всей сессии. Это позволило значительно сократить задержки, минимизировать объем служебной информации и повысить скорость передачи данных.

Протокол WebSocket был разработан для обеспечения двунаправленного и постоянного соединения между клиентом и сервером. Это значительно упрощает передачу данных в режиме реального времени, минимизирует задержки и повышает эффективность работы системы. Архитектура WebSocket включает несколько ключевых компонентов и уровней, обеспечивающих его функциональность.

1. Уровень установления соединения (Handshake) :

- инициация соединения;
- передача заголовков Handshake.

После успешного завершения этапа Handshake соединение переключается на WebSocket, и данные начинают передаваться в двунаправленном режиме.

2. Уровень сообщений.

Этот уровень отвечает за форматирование, упаковку, передачу и сжатие сообщений между клиентом и сервером.

3. Уровень приложений.

На этом уровне происходит реализация бизнес-логики приложения и управление взаимодействием с пользователями:

- динамическое обновление данных;
- передачу мгновенных уведомлений;
- интеграцию с другими сервисами.

WebSocket позволяет передавать команды и данные между различными подсистемами приложения, такими как аналитика, управление пользователями или системы учета.

Преимущества WebSocket для электронной коммерции

Благодаря установлению двунаправленного соединения WebSocket устраняет необходимость повторных запросов, что значительно сок-

ращает время задержки и объем трафика. Рассмотрим основные особенности данного протокола.

Мгновенные обновления

Протокол обеспечивает мгновенное обновление данных, что критически важно для таких сценариев, как:

- динамическая корректировка цен в режиме реального времени;
- уведомления о статусе доставки заказа;
- отображение оставшегося количества товара на складе.

Масштабируемость

WebSocket способен обрабатывать тысячи одновременных соединений, что делает его идеальным для крупных платформ электронной коммерции с высоким уровнем активности пользователей.

Эффективность использования ресурсов

Благодаря компактному формату сообщений WebSocket снижает нагрузку на сеть и сервер, что позволяет компаниям экономить ресурсы и одновременно увеличивать производительность.

Механизмы безопасности WebSocket

Несмотря на многочисленные преимущества, работа с WebSocket требует особого внимания к безопасности. Среди основных механизмов защиты можно выделить:

- шифрование с использованием TLS (wss://);
- аутентификация и авторизация;
- контроль сеансов.

Принцип веб-сокета

Соединение между клиентом и сервером остается активным до тех пор, пока оно не будет разорвано любой из сторон (рис. 1). Соединение WebSocket устанавливается посредством HTTP-запроса:

- клиент, который поддерживает веб-сокеты и хочет установить постоянное соединение, отправляет HTTP-запрос, содержащий набор необходимых заголовков (headers);
- в ответ он должен получить ответ сервера: HTTP 101 Switching Protocols. Ответ 101 указывает, что сервер переключается на протокол, запрошенный клиентом в заголовке запроса на обновление;
- клиент получает ответ сервера, и WebSocket-соединение открывается для начала обмена данными.

Проблемы WebSocket

- Совместимость: не все старые браузеры и серверы поддерживают WebSocket, что может потребовать реализации fallback-решений, таких как HTTP long polling.
- Управление ресурсами: постоянные соединения требуют оптимизации серверной инфраструктуры, чтобы избежать перегрузки при росте числа пользователей.

- Безопасность: неправильная настройка протокола может привести к утечке данных или атакам, направленным на сервер.

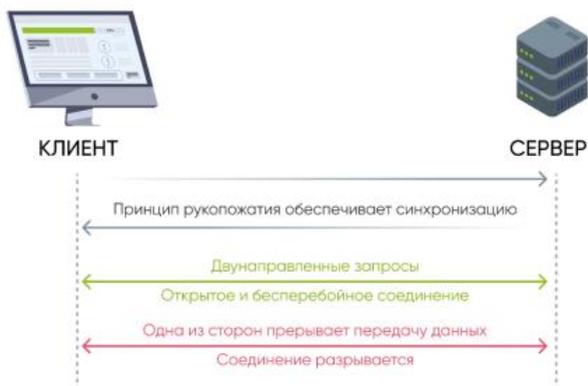


Рисунок 1 – Соединение WebSocket

Примеры применения WebSocket в e-commerce

Протокол WebSocket стал важным инструментом для реализации приложений в электронной коммерции, обеспечивая мгновенный обмен данными между клиентом и сервером. Это позволяет значительно улучшить работу пользователей, повысить эффективность работы приложений и реализовать новые функции. Рассмотрим основные примеры использования WebSocket в e-commerce.

1. Чаты поддержки клиентов. Поддержка в режиме реального времени повышает удовлетворённость клиентов.
2. Обновление данных о наличии товаров. Пользователи получают актуальную информацию без необходимости перезагружать страницу.
3. Реализация акций и распродаж:
 - WebSocket помогает своевременно информировать покупателей о скидках, аукционах и других событиях.
 - Трекинг заказов в реальном времени обеспечивает прозрачность процесса доставки и укрепляет доверие клиентов.

Протокол WebSocket открыл множество возможностей для улучшения работы e-commerce платформ. Его использование помогает обеспечить оперативное взаимодействие между клиентами и сервером, улучшить пользовательский опыт, снизить задержки и создать конкурентное преимущество на рынке.

Протокол WebSocket основан на работе протокола TCP, что способствует созданию приложений реального времени. Приложение реального времени позволяет пользователям получать или отправлять информацию сразу же после публикации, без необходимости периодического опроса источника информации.

Таким образом, приложение дает пользователям ощущение того, что действия происходят в данный момент, без малейших задержек. Это в большей части осуществляется за счет асинхронных запросов с клиента на сервер и с сервера на клиента (рис. 2).

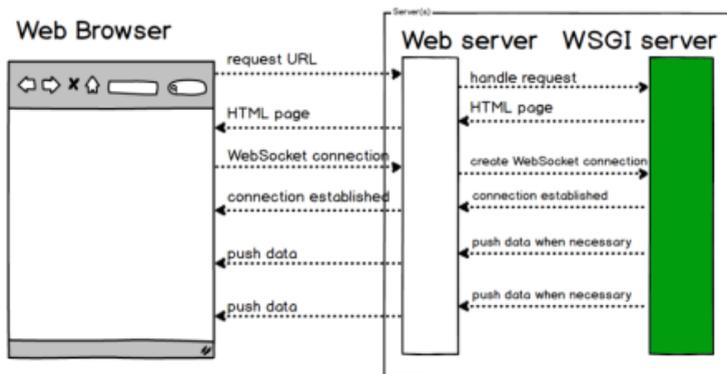


Рисунок 2 – Визуализация клиент-серверного взаимодействия

Заключение

WebSocket стал ключевым инструментом для создания приложений в реальном времени в электронной коммерции. Он предоставляет уникальные возможности для улучшения пользовательского опыта за счет минимальной задержки и постоянного взаимодействия между клиентом и сервером.

Применение WebSocket позволяет компаниям удовлетворять растущие ожидания пользователей, экономить ресурсы и оставаться конкурентоспособными в условиях цифровой экономики. Однако его успешная реализация требует тщательной проработки вопросов безопасности, совместимости и масштабируемости системы. WebSocket продолжает оставаться технологией, которая не только улучшает техническую сторону приложений, но и создает новые возможности для взаимодействия с клиентами в онлайн-среде.

Литература. 1. Веб-сокеты: боевое применение. [Электронный ресурс]. – URL:<https://habr.com/post/162301/>(Дата обращения 17.11.2024). **2.** Прокин А. А. Основы разработки эффективного веб-сайта / А. А. Прокин, В. А. Богатырская, Е. С. Сергушина, В. Ю. Клипиков // E-Scio. – Саранск, 2018 – № 3 (18). – С. 12-17. **3.** Прокин А. А. Современное состояние и основные проблемы интернетторговли в российской федерации / А. А. Прокин, В. А. Богатырская, Е. С. Сергушина, И. С. Листратов // E-Scio. – Саранск, 2018 – № 3 (18). – С. 36-41. **4.** Веб-сокеты в каждый дом. [Электронный ресурс]. – URL:<https://hharek.ru/веб-сокеты-в-каждый-дом> (Дата обращения 17.11.2024).

Реквизиты для справок: *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: **Гайдукова Кристина Михайловна** – старший преподаватель кафедры «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», kristya_22@mail.ru, **Шорахматов Далер Исмоналиевич** – студент ФИТ группы ИВТ-12, mrdaler03@gmail.com.*

РАЗДЕЛ 5. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.9

ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

А.С. БЕССОНОВ, В.Л. БАКИН

При проведении научно-исследовательских и опытно- конструкторских работ в области электроники широко применяется измерительный эксперимент. Полученные данные аппроксимируются с помощью математических моделей, среди которых часто используются полиномы различных степеней.

Качество математических моделей в виде полиномов определяется с помощью *дисперсионного анализа* [1]. Соответствие экспериментальных и модельных данных здесь обозначается термином *адекватность*. В то же время все коэффициенты модели должны быть *значимы*, поскольку соответствующий член полинома должен вносить существенный вклад в формировании отклика.

Целью данной работы является описание особенностей реализации компьютерной программы, которая осуществляет построение полиномиальных моделей экспериментальных данных и последующее проведение дисперсионного анализа для определения качества моделей и выбора наилучшей из них.

Для создания программы использовалась среда графического программирования LabVIEW [2]. Она имеет обширные библиотеки функций обработки данных, и в ее составе имеется виртуальный прибор (ВП) *General Polynomial Fit* [2] (рис. 1), осуществляющий создание полиномиальной модели.

С его помощью определяются коэффициенты полинома *Best Polynomial Fit* создаваемой модели. На входе ВП обязательно задаются массив фактора X , массив отклика Y и степень полинома *polynomial order* (рис. 1).

На рис. 2 показан графический экран, отображающий белым цветом экспериментальные точки и красным цветом - график созданной модели $IT=f(U)$. Коэффициенты полинома отображаются слева от экрана.

На лицевой панели ВП (рис. 2) также отображается *график остатков*, состоящий из точек, вычисляемых по следующей формуле:

$$rem_n = \frac{i_n - it_n}{s}, \quad (1)$$

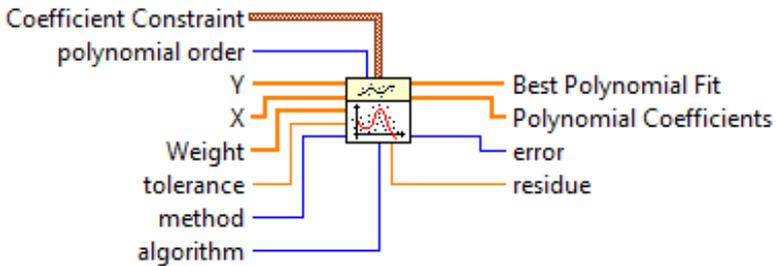


Рисунок 1 - Виртуальный прибор *General Polynomial Fit*

где i_n – экспериментальная точка, it_n – соответствующая модельная точка, S – стандартное отклонение массива откликов. В качественных моделях модуль остатков не превышает двух стандартных отклонений $2 \cdot S$

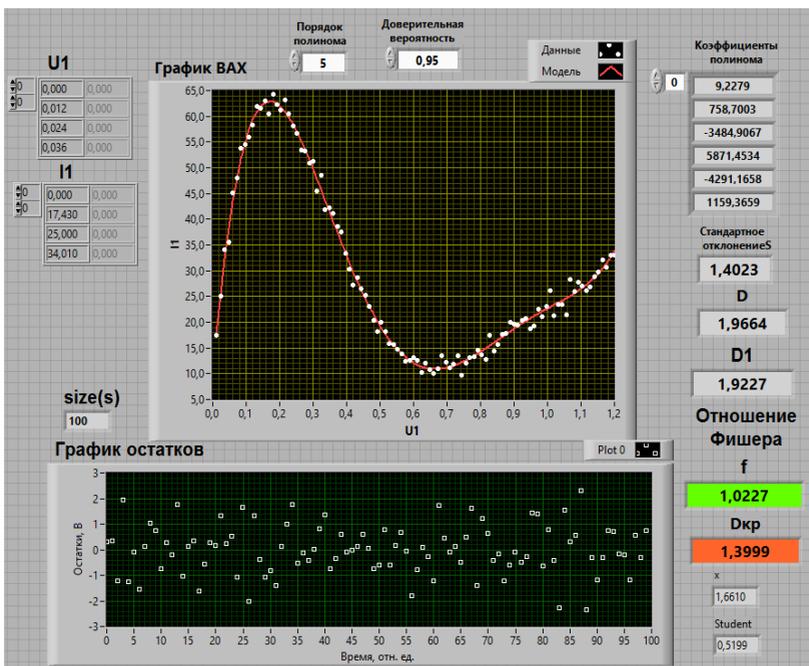


Рисунок 2 - Лицевая панель программы проверки адекватности полиномиальной модели экспериментальных данных

После построения модели необходимо проверять ее *качество*, а при построении нескольких моделей по показателям качества произ-

Выбор наилучшей модели экспериментальных данных на основе дисперсионного анализа

водить выбор наилучшей модели [3]. Среди показателей качества при дисперсионном анализе определяется *адекватность модели* и *значимость ее коэффициентов*. Для полиномиальных моделей эти процедуры хорошо проработаны. Процедура проверки значимости коэффициентов модели приведена в [3].

Рассмотрим процедуру проверки *адекватности* модели [4]. Этот показатель наиболее важен, поскольку моделью можно пользоваться лишь в том случае, если она адекватна.

Для проверки адекватности по критерию Фишера необходимо определить остаточную сумму квадратов. Сначала вычисляется среднее значение отклика $M1 = \text{mean}(I)$, а затем вычисляется полная сумма:

$$Q1 = \sum_j (I_j - M1)^2 \quad (2)$$

и регрессионная сумма отклонений от среднего значения

$$QR = \sum_j (IT_j - M1)^2, \quad (3)$$

где I_j , IT_j – соответственно экспериментальные и модельные точки.

Отношение Фишера вычисляется следующим образом:

$$f = \frac{D1}{D}, \quad (4)$$

аБ

где D – статистическая оценка дисперсии *variance*. Отношение Фишера f должно быть больше единицы: $f > 1$. Если $f < 1$, то берут обратное значение:

$$f = 1/f. \quad (5)$$

Заметим, что среднее значение *mean*, стандартное отклонение *standard deviation* и дисперсию *variance* вычисляют в среде LabVIEW с помощью виртуального прибора *Std Deviation and Variance.vi* (рис.3) [2].

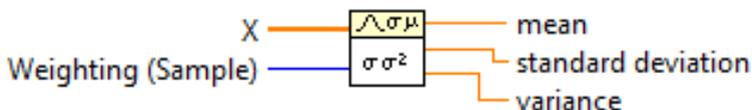


Рисунок 3 - Виртуальный прибор *Std Deviation and Variance.vi*

Наконец, отношение Фишера f необходимо сравнить с табличным значением обратного распределения Фишера $F(n, m, \alpha)$ (рис. 3) при следующих параметрах: $n = N-1$, $m = N-L$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Если табличное значение $D_{кр}=F(m, n, \alpha) > f$, найденного по экспериментальным данным, то модель *адекватна*, и ею можно пользоваться. Если табличное значение $D_{кр}=F(m, n, \alpha) < f$, то *модель неадекватна*, и ею пользоваться не следует.

На рис. 2 видно, что модель полинома пятой степени адекватна ($f=1,0227 < D_{кр}=1,3999$), стандартное отклонение $S=1,4023$ В, и остатки на графике остатков не превышают удвоенного значения этого стандартного отклонения: $\max\{rem_n\} < 2 \cdot S$.

Табличное значение обратного распределения Фишера $F(m, n, \alpha)$ находится с помощью виртуального прибора *Inv F Distribution.vi* (рис. 4). При использовании необходимо учесть обозначения: $m = N-L$, $n=N-1$.

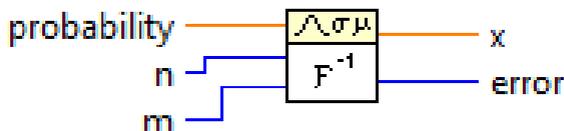


Рисунок 4 - Виртуальный прибор *Inv F Distribution*, служащий для вычисления обратного распределения Фишера

Для полноценного анализа качества модели также необходимы программы статического анализа экспериментальных данных, проверки гипотезы о нормальном распределении, проверки значимости коэффициентов модели, а также корреляционного анализа данных [3]. Все указанные программы после их создания могут быть объединены в *одну программу обработки и анализа экспериментальных данных*.

Литература. 1. Горленко О. А. Дисперсионный анализ экспериментальных данных: учебное пособие для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можяева. – М.: Издательство Юрайт, 2021.- 132 с. **2.** Суранов А. Я. LabVIEW 8.2: справочник по функциям. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 536 с. **3.** Бессонов А.С. Виртуальный прибор для определения коэффициентов экспериментальной модели / Материалы XXV Международной научно-технической конференции «Измерение, контроль, информатизация», Барнаул, 23 мая 2024 г. - Барнаул.: АлтГТУ, 2024. - С. 149-153. **4.** Пыльнов Ю.В. Регрессионный анализ полиномиальных моделей. – М.: МИРЭА (ТУ), 1994. – 56 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 119454, ЦФО, Москва, Проспект Вернадского, д. 78, МИРЭА – Российский технологический университет, доценту Бессонову А.С., тел. (985) 879-16-76. E-mail: besonov@mirea.ru.*

УДК 621.315.3:620.19:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА

И.А. ХОЛУЕВА, Г.В. ВАВИЛОВА

Изоляция проводов играет ключевую роль в обеспечении безопасной и эффективной работы электрических систем. Она служит для предотвращения утечки энергии и электрических разрядов, а также защищает провод от внешних факторов, таких как влага, пыль и механические повреждения. В процессе производства могут появляться различные дефекты изоляции, а в процессе эксплуатации проводов она может изнашиваться и деградировать, что также приводит к появлению неисправностей [1]. Дефекты изоляции провода имеют различные геометрические параметры, такие как размеры, форма и расположение. Эти дефекты не только изменяют геометрию провода, но и существенно влияют на его электрические свойства [2]. Одной из важных электрических характеристик провода является его электрическая ёмкость. Ёмкость провода определяет способность накапливать электрический заряд и влияет на его электрические свойства, а изменение геометрических параметров дефектов изоляции вызывает изменение электрической ёмкости провода [3].

Целью работы является исследование влияния геометрических параметров дефектов изоляции провода на значение его электрической ёмкости.

В данной работе рассматривается электрический провод со следующими параметрами (рис.1): медная токоведущая жила радиусом $R_1=0,75$ мм; изоляционное покрытие из ПВХ-пластиката радиусом $R_2=1,35$ мм, диэлектрическая проницаемость которого равна $\epsilon=3,6$; длина провода $l=200$ мм.

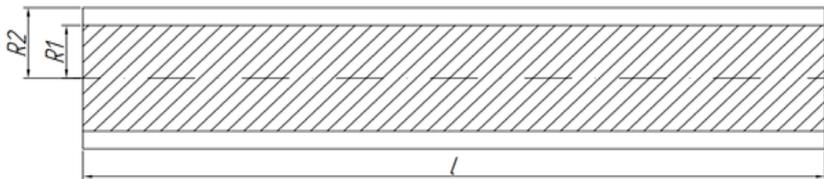


Рисунок 1 – Модель электрического провода

В работе рассматриваются такие дефекты изоляции провода как локальное утонение, локальное утолщение и локальное расслоение изоляции. Моделирование проводилось в программных средах Mathcad и COMSOL Multiphysics.

Локальное утолщение при фиксированном отклонении радиуса изоляции

На рис. 2а представлена модель провода с картиной полей, а на рис. 2б показана зависимость электрической ёмкости от длины дефекта l при фиксированном отклонении радиуса $h=0,2$ мм. Длина дефекта l изменяется в диапазоне от 0 до 100 мм с шагом 0,1 мм.

График на рис. 2б показывает, что электрическая ёмкость провода с увеличением длины дефекта линейно убывает. Для сравнения, построим аналогичный график в Mathcad (рис. 3а).

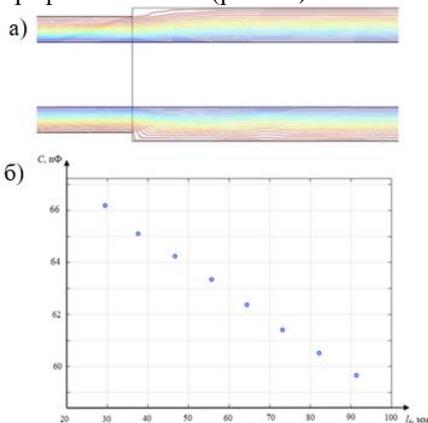


Рисунок 2 – а) Модель провода с картиной растекания полей, б) График зависимости электрической ёмкости от длины дефекта, построенный в Comsol

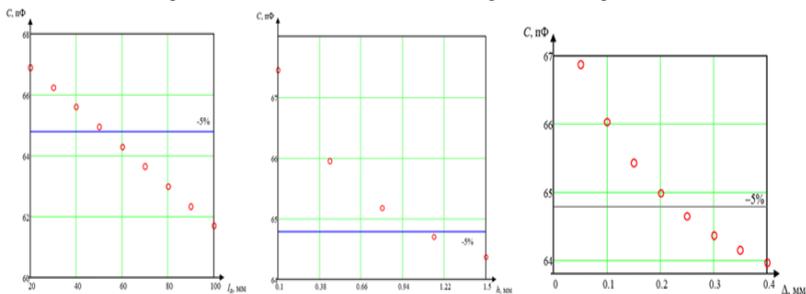


Рисунок 3 – Графики зависимости электрической ёмкости, построенные в Mathcad от а) изменения длины дефекта, б) изменения радиуса изоляции, в) воздушного зазора

Из графика на рисунке 3а становится ясно, что примерно при длине дефекта $l=53$ мм значение электрической ёмкости выходит за пределы погрешности в 5%.

Локальное утолщение при фиксированной длине дефекта.

На рис. 4а представлена модель провода с картиной полей, а на рис. 4б показана зависимость электрической емкости от толщины изоляции при изменении радиуса изоляции в диапазоне от 0,1 до 1,5 мм с шагом 0,01 мм в сторону утолщения. Длина дефекта составляет $l_d=20$ мм.

График на рис. 4б показывает, что электрическая емкость провода с увеличением толщины изоляции экспоненциально убывает. Для сравнения, построим аналогичный график в Mathcad (рис. 3б). Из графика на рис. 3б становится ясно, что примерно при толщине изоляции 1 мм при нормальной толщине изоляции 0,6 мм, значение электрической емкости выходит за пределы погрешности в 5%.

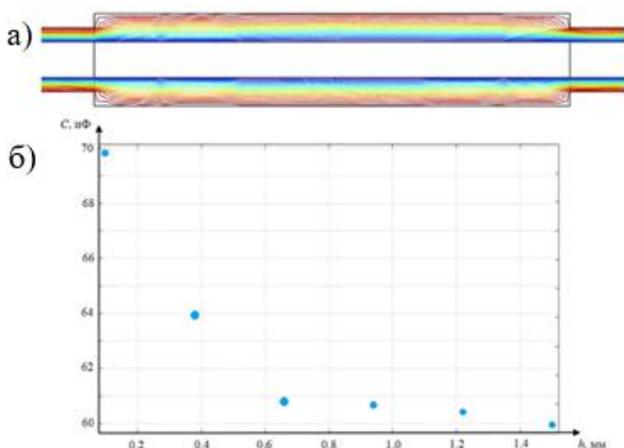


Рисунок 4 – а) Модель провода с картиной растекания полей, б) График зависимости электрической емкости от длины дефекта, построенный в Comsol

Локальное расслоение изоляции.

На рис. 5а представлена модель провода с картиной полей. При моделировании рассматривается локальное расслоение изоляции длиной $l_d=20$ мм, длина бездефектных участков провода $l_1=l_2=90$ мм, при котором $r_1=0,75$ мм, $r_2=0,9$ мм, $r_3(\Delta)=r_2+\Delta$, $r_4=1,35$ мм, где Δ – изменение радиуса r_3 в диапазоне от 0 до 0,4 мм с шагом 0,001 мм. Провод с таким дефектом изоляции имеет вид трехслойного конденсатора.

График на рис. 5б показывает, что электрическая емкость провода с увеличением воздушного зазора экспоненциально убывает. Для сравнения, построим аналогичный график в Mathcad (рис. 3в). Из графика на рис. 3в становится ясно, что примерно при толщине воздушного

зазора 0,23 мм значение электрической емкости выходит за пределы погрешности в 5%.

На основании проведенного исследования дефектов изоляции провода получены следующие результаты: смоделирован провод в программных средах Mathcad и COMSOL Multiphysics. Выявлено влияние геометрических параметров дефектов на изменение электрической емкости провода при изменении длины дефекта электрическая емкость линейно убывает при утолщении изоляции. При изменении толщины изоляции электрическая емкость экспоненциально убывает при утолщении изоляции. Выявлено, что увеличение расслоения изоляции вызывает экспоненциальное уменьшение емкости. Данные результаты могут быть полезны при проектировании и эксплуатации электротехнических систем, так как помогают определить влияние дефектов на работу этих систем.

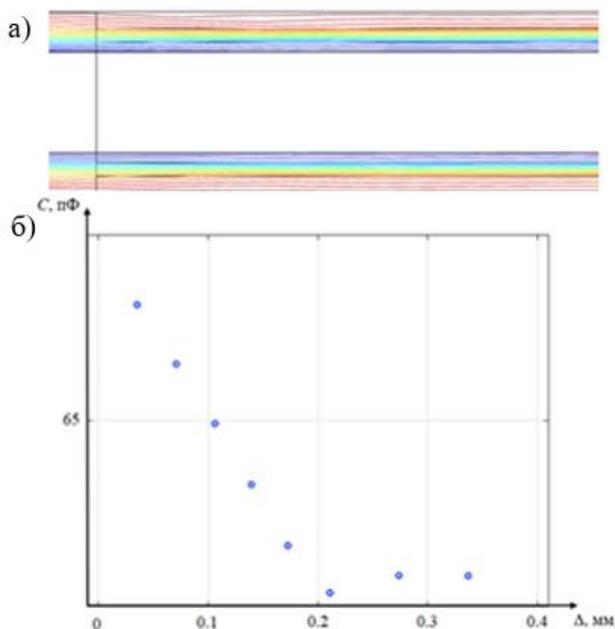


Рисунок 5 – а) Модель провода с картиной растекания полей, б) График зависимости электрической емкости от длины дефекта, построенный в Comsol

Литература. 1. Е.М. Фёдоров, А.Е. Гольдштейн, В.В. Редько Методы и приборы оптического контроля диаметра и овальности электрических кабелей в процессе их производства // ПОЛЗУНОВСКИЙ

ВЕСТНИК. - 2010. - №2. - С. 141-148. 2. А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля // ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК. - 2015. - №3. - С. 38-42. 3. Иоссель Ю.Я. Расчет электрической емкости. – Л.: Энергия, 1960. – 240 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 634028, Томск, пр-кт Ленина, д. 30, НИ ТПУ Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности, Холуева И.А., тел. +7 (950)400-35-70. E-mail: iah11@tpu.ru.*

УДК 004.42

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОШКОЛЫ

Ф.С. УЛЬЧЕНКО

В ежегодной годовой отчётности ГАИ прослеживается тенденция увеличения количества выданных водительских удостоверений [1]. Кроме того, за прошедший год увеличилось и число автошкол. Для получения водительского удостоверения требуется успешно сдать практический экзамен по вождению и теоретический на знание правил дорожного движения в форме компьютерного тестирования. Исходя из этого, обучение в автошколе можно разделить на две части соответственно: теоретическое и практическое. В обоих случаях подавляющее большинство автошкол применяет различные программные средства, позволяющие упростить и ускорить образовательный процесс.

Анализ предметной области показал, что готовые программные средства аналогичного назначения [2-4] не лишены недостатков, главными из которых являются недостаточный функционал, запутанный пользовательский интерфейс и плохая оптимизация. Поэтому было принято решение о разработке собственных программных средств, реализующих функционал для записи на занятия по вождению, изучения теории, тестирования полученных знаний и контроля за успеваемостью курсантов. Разрабатываемые программные средства должны быть лишены всех вышеописанных недостатков, присущих программным средствам аналогичного назначения.

В статье представлены результаты концептуального проектирования модели базы данных разрабатываемых программных средств.

Ниже приведено описание сущностей, выделенных при концептуальном проектировании.

1. Пользователь – сущность, содержащая данные учётных записей: логин и пароль для входа в систему; роль для предоставления определённого функционала; имя, фамилию и отчество (при наличии) для отображения внутри приложения.
2. Курсант, главной характеристикой которого является количество посещённых занятий.
3. Инструктор – за каждым инструктором закреплён автомобиль.
4. Запись на занятие – запись на занятие определённого курсанта.
5. Расписание – время и даты занятий у инструктора.
6. Вопрос – теоретической вопрос по правилам дорожного движения.
7. Билет – 20 теоретических вопросов.
8. Успеваемость по вопросам – решённые/нерешенные вопросы.
9. Успеваемость по билетам – решённые/нерешенные билеты.

Все сущности, описанные выше, легли в основу концептуальной модели базы данных [5], которая представляет из себя диаграмму «сущность-связь» (рис. 1).

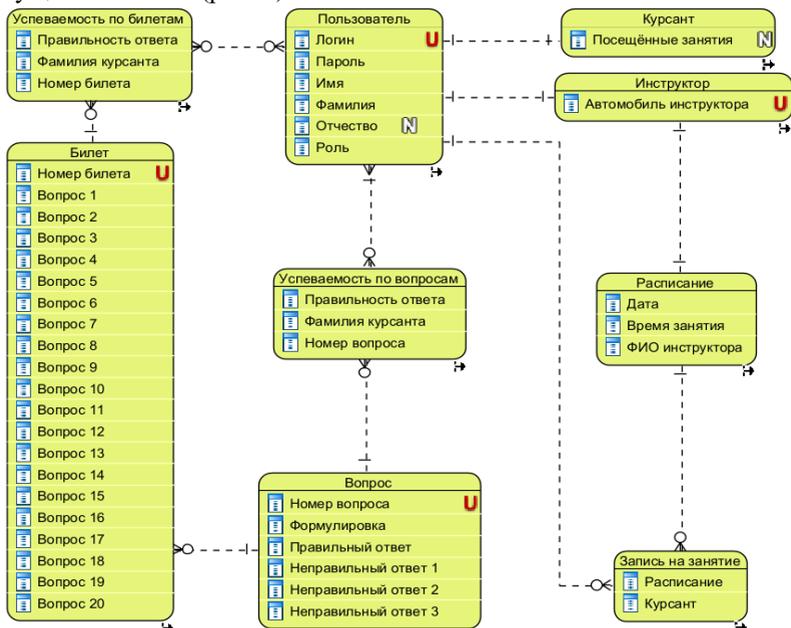


Рисунок 1 – Диаграмма «сущность-связь»

В ходе концептуального проектирования были формализованы главные требования, выдвигаемые к разрабатываемым программным

средствам. Основываясь на полученной концептуальной модели, были построены логическая и физическая модели, которые, в свою очередь, легли в основу разработки базы данных для программных средств поддержки процессов функционирования автошколы.

Литература. 1. Коммерсантъ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6533604> (дата обращения 09.11.2024). 2. Официальный сайт приложения «Автошкола Контроль» [Электронный ресурс]. URL: <https://dscontrol.ru/about/> (дата обращения 09.11.2024). 3. Официальный сайт приложения «Дром ПДД» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drom.ru/pdd/> (дата обращения 09.11.2024) 4. Официальный сайт приложения «Автошкола Реал» [Электронный ресурс]. URL: <https://real-avto.com> (дата обращения 09.11.2024). 5. Основы проектирования баз данных. // github [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/kolei/PIRIS/blob/master/articles/5_1_1_1_erd2.md (дата обращения 09.11.2024).

Реквизиты для справок: Россия, 442542, г. Кузнецк-12, ул. Свердловская 160, кв. 24, студенту, Ульченко Ф.С., тел. +7-(927)-369-84-82. E-mail: ulchenko.f@mail.ru

УДК 004.42:645.313

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАРНИЗОМ ДЛЯ РУЛОННЫХ ШТОР С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В. Ю. КОРЯГИН, А.Г. ЯКУНИН

С развитием современных технологий становится возможным автоматизировать множество процессов, что значительно упрощает повседневную жизнь человека. Использование штор и жалюзи не является исключением. Автоматизация процесса открытия и закрытия карниза обеспечивает удобство использования в помещениях с высокими потолками и большой площадью, повышает уровень безопасности и приватности, предотвращает загрязнение и деформацию ткани, является стильным решением в интерьере, облегчает контроль освещения и температуры для людей с ограниченными возможностями [1].

К сожалению, не каждый может позволить себе приобрести подобное устройство. На рынке представлено не так много фирм, которые разрабатывают автоматизированные карнизы. Основными недостатками существующих решений является цена, функциональные возможности в плане автоматизации, сложность самостоятельного монтажа и настройки устройства. Также большинство из них не имеют возмож-

Xtensa Lx6 [5]. Данный микроконтроллер имеет компактные размеры, встроенный Wi-Fi и Bluetooth, большое количество контактов, хорошую энергоэффективность и надежность. Приводит карниз в движение шаговый двигатель на 12 вольт Nema 17HS4401S, который обычно применяют в механических системах точного позиционирования. Для управления двигателем и подключения его к плате используется драйвер drv8825, который обеспечивает ему достаточную мощность и контролирует направление и скорость вращения.

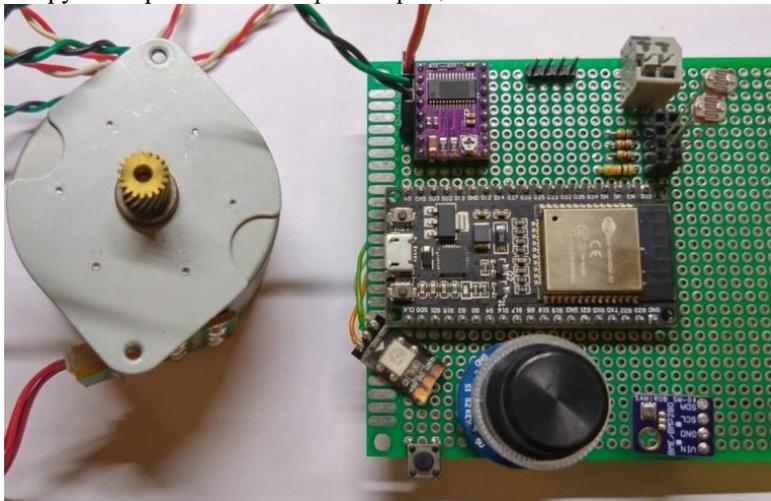


Рисунок 2 - Вид платы с подключенными датчиками и шаговым двигателем

Для автоматизации процесса открытия и закрытия электрокарниза используется датчик освещенности в виде LDR фоторезистора GL5528. Достоинства LDR–фоторезисторов в том, что они имеют хорошую чувствительность, быстро реагируют на изменения освещенности и имеют низкую стоимость. Также карниз имеет возможность контролировать температуру и влажность в помещении за счёт использования в нём датчика VME280. Благодаря ему, в зависимости от температуры, шторы могут закрываться летом для естественного охлаждения помещения или открываться зимой для его прогрева и экономии на отоплении. Подобного функционала в известных технических решениях обнаружить не удалось.

Для управления положением открытия и закрытия электрокарниза был выбран поворотный инкрементальный энкодер с кнопкой EC11. Он служит удобным органом управления для электронных устройств и

заменяет несколько кнопок или джойстик, обеспечивая быструю навигацию по пунктам меню или простое управление шаговым двигателем. По принципу работы он похож на потенциометр, но не имеет ограничений по углу поворота. Для переключения режимов работы, а также для перехода в режим калибровки используется тактовая кнопка. Для индикации режимов работы и направления движения двигателя использован адресный RGB светодиод WS2812b.

Для стабильной работы шагового двигателя был использован блок питания на 12В, имеющий достаточную мощность для обеспечения оптимальной скорости открытия и закрытия штор шаговым двигателем. Для питания микроконтроллера ESP32, которому требуется стабильное напряжение 3.3-5 В, был применен понижающий преобразователя XL4015 с 12 до 5 В, что позволило питать всю систему от одного блока питания, упростить схему подключения и снизить количество необходимых источников питания.

Программное обеспечение для разработанного модуля было написано на языке C++ в среде программирования Arduino IDE. Оно обеспечивает взаимодействие модуля со всеми компонентами устройства: получает данные с датчиков, обрабатывает их показания и принимает соответствующие решения для автоматического управления карнизом [6].

Разработанный прототип электрокарниза, имеет возможность автоматического и ручного дистанционного управления с помощью мобильного телефона и web-сервера и способен поддерживать благоприятный для жизни и работы микроклимат в помещении.

Литература. 1. Электрокарнизы. Преимущества и нюансы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.houzz.ru /statyi/zachem-vam-elektrokarnizy-dlya-shtor-stsetivw-vs~158042679> свободный. **2.** Умные шторы: разновидности и способы управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dom-i-remont.info/ posts/umnyj-dom/umnye-shtory-smyshlenoe-oborudovanie-dlya-maksimalnogo-komforta/#id5> свободный. **3.** Электрокарнизы Onviz [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://karniz-onviz.ru/ #!/tab/559497729> **4.** Электрокарнизы MZElectro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://MZElectro/карниз-электро.рф.> **5.** А.В. Белов. Создаем устройства на микроконтроллерах — СПб: Наука и техника, 2007 — 307 с. — ISBN 978-5-94387-364-3. **6.** В.А. Петин. Создание умного дома на базе Arduino, 2018 — 182 с. — ISBN 978-5-97060-620-9

Сведения об авторах: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: Якунин Алексей Григорьевич - , д.т.н., профессор, almpas@list.ru; Корягин Вячеслав Юрьевич – студент магистратуры 8ИВТ-41, korjaginsv22@mail.ru

Разработка блока управления электрокарнизом для рулонных штор с расширенными функциональными возможностями

УДК 004.934.2

ПРИМЕНЕНИЕ SIMD РАСШИРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AVX ИНСТРУКЦИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Е.И. РАХМАНОВ, А.Н. ТУШЕВ

Распознавание образов — это одна из ключевых задач в области компьютерного зрения и машинного обучения. Она находит применение в различных областях, таких как медицинская диагностика, автономные транспортные средства, системы безопасности и многие другие. Однако, с увеличением объема данных и сложности моделей, возникает необходимость в оптимизации вычислительных процессов. Одним из эффективных способов повышения производительности является использование SIMD (Single Instruction, Multiple Data) расширений, таких как AVX (Advanced Vector Extensions) [1].

Цель работы - оценка увеличения производительности от применения оптимизации кода с помощью инструкций AVX в задачах распознавания образов.

В задачах распознавания образов AVX может решать следующие задачи.

1. Ускорение операций с матрицами и векторами

В большинстве алгоритмов распознавания образов используются матричные операции, такие как свертка, умножение матриц и преобразование Фурье. Эти операции могут быть эффективно ускорены с помощью AVX инструкций. Например, при свертке изображения с фильтром, можно использовать векторные инструкции для одновременной обработки нескольких пикселей.

2. Параллельная обработка изображений

Современные подходы к распознаванию образов часто требуют обработки большого количества изображений, например, в задачах классификации или детекции объектов. Используя AVX, можно обрабатывать несколько изображений одновременно, что значительно сокращает время выполнения. Это особенно полезно в случаях, когда необходимо обрабатывать потоки видео в реальном времени.

3. Оптимизация нейронных сетей

Современные нейронные сети, особенно сверточные нейронные сети (CNN), требуют значительных вычислительных ресурсов. Использование AVX для ускорения операций в нейронных сетях, таких как свертка и активация, может значительно повысить скорость обучения. Например, можно реализовать операции свертки с использованием AVX, что позволит обрабатывать больше данных за меньшее время.

В данной работе рассматривается оптимизация обучения нейронных сетей, так как зачастую именно обучение занимает больше всего времени в задачах распознавания образов.

Для этого необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать библиотеку для векторного нахождения сигмоиды и ее производной
2. Оптимизировать код обучения нейронной сети с использованием AVX инструкций.
3. Произвести обучение оптимизированной и обычной нейросетей на одинаковых наборах данных и параметрах.
4. Сравнить скорость обучения этих нейросетей.

Была разработана библиотека для вычисления сигмоиды и ее производной. (рис.1). В ней было реализовано векторное вычисление экспоненты [2] как необходимый параметр при вычислениях.

```
public class Class
{
    private static readonly Vector256<float> One;
    private static Vector256<float> none;
    private static Vector256<float> result;
    private static Vector256<float> xx;
    private static Vector256<float> isNegative;
    private static Vector256<float> expPositiveX;
    private static int n;
    private static int technost = 30; //точность экспоненты 25 средняя обманная точность

    // Вычисление экспоненты для вектора с использованием полиномиального приближения
    public static Vector256<float> Exp(Vector256<float> x)
    {
        // Проверка на отрицательные значения
        isNegative = Avx.Compare(x, Vector256<float>.Zero, FloatComparisonMode.Ordered_LessThanNonSignaling);
        // Если x отрицательное, вычислим e^(-x)
        // Если n = 0, берем 1
        expPositiveX = Exponential(Avx.BlendVariable(x, Avx.Multiply(none, x), isNegative)); // функция для вычисления экспоненты
        // Если x отрицательное, берем обратное значение
        return Avx.BlendVariable(expPositiveX, Avx.Divide(One, expPositiveX), isNegative);
    }

    unsafe public static Vector256<float> Exponential(Vector256<float> x)
    {
        xx = x;
        result = One; // 1
        result = Avx.Add(result, xx); // x
        float value = 1.0f; // x
        n = 0;
        for (; n < technost; n++)
        {
            value = value / (2 + n); // 1/(2+n)
            xx = Avx.Multiply(xx, x);
            result = Avx.Add(result, Avx.Multiply(Avx.BroadcastScalarToVector256(value), xx)); // x^(2n)/(2n)!
        }
        return result;
    }

    unsafe static Class()
    {
        float value = 1.0f;
        One = Avx.BroadcastScalarToVector256(value);
        value = -1.0f;
        none = Avx.BroadcastScalarToVector256(value);
    }

    unsafe public static Vector256<float> Sigmoid(Vector256<float> x)
    {
        // Вычисляем 1.0f / (1.0f + exp(-x))
        return Avx.Divide(One, Avx.Add(One, Exp(Avx.Multiply(none, x))));
    }

    unsafe public static Vector256<float> Esigmoid(Vector256<float> x)
    {
        // Вычисляем xx(3.0f - x)
        xx = Avx.Subtract(One, x);
        return Avx.Multiply(x, xx);
    }
}
```

Рисунок 1 – Код алгоритма вычисления сигмоиды и ее производной.

Был оптимизирован код под векторные вычисления. Часть кода функции прямого хода можно увидеть на рис.2. Оставшаяся часть в скриншотах приведена не будет в связи с ее большими объёмами.

Применение SIMD расширения с использованием avx инструкций для увеличения скорости решения задач распознавания образов

Процесс тренировки нейросети на снимках лиц, предварительно обработанных фильтром Кирша [4] показан на рис.3. Число нейронов равнялось 80, количество эпох 50, шаг 0.1, максимальная ошибка 0.01. Процесс тренировки оптимизированной нейросети на образах лиц предварительно обработанных фильтром Кирша при числе нейронов 80, количестве эпох 50, шаге 0.1 и максимальной ошибке 0.01 показан на рис.4. Для проверки того, что оптимизированная нейронная сеть корректно обучается и ошибок в коде нет, было проведено тестирование на тестовой выборке (рис.5). Точность составила 55 %, что является неплохим результатом, учитывая, что нейросети ранее не предъявлялись эти изображения.

```

unsafe void Forward()
{
    n = 0;
    fixed (float* ptrTemp = Outputs[0], ptrTemp2 = Inputs[1])
    {
        for (; n < NumberNN[1] - vectorSize; n += vectorSize)
        {
            // Создаем вектор для хранения результатов
            //Inputs[1][n] = 0;
            // Сложение с использованием SIMD
            accVector = Vector256<float>.Zero;
            m = 0;

            for (; m < NumberNN[0]; m++)
            {
                fixed (float* ptrA = W[0][m], ptrB = &Inputs[0][m])
                {
                    v = Avx.LoadVector256(ptrA + n);
                    v2 = Avx.BroadcastScalarToVector256(ptrB);
                    v2 = Avx.Multiply(v, v2);
                    accVector = Avx.Add(accVector, v2);
                }
            }

            Avx.Store(ptrTemp2 + n, accVector);

            accVector = Class1.Sigmoid(accVector);
            Avx.Store(ptrTemp + n, accVector);
        }
    }

    for (; n < NumberNN[1]; n++)
    {
        Inputs[1][n] = 0;

        for (m = 0; m < NumberNN[0]; m++)
        {
            Inputs[1][n] += W[0][m][n] * Inputs[0][m];
        }
        // Входы промежуточного слоя - выходы промежуточного слоя
        Outputs[0][n] = Activate(Inputs[1][n]);
    }
}

```

Рисунок 2 – Часть оптимизированного кода в функции Forward [3]

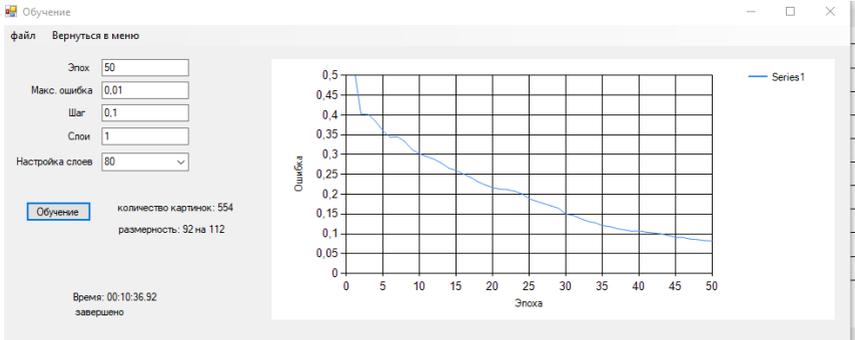


Рисунок 3 – Процесс тренировки нейронной сети на образах лиц предварительно обработанных фильтром Кирша

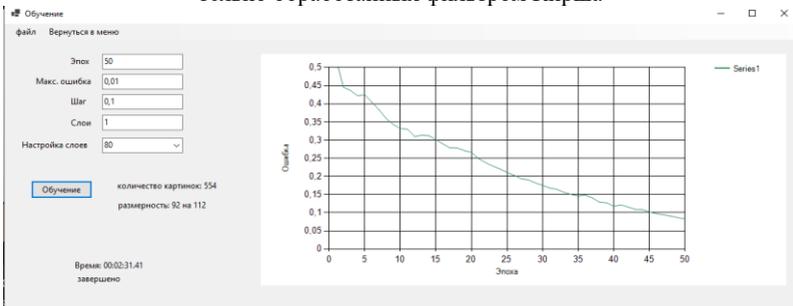


Рисунок 4 – Процесс тренировки оптимизированной нейронной сети на образах лиц предварительно обработанных фильтром Кирша

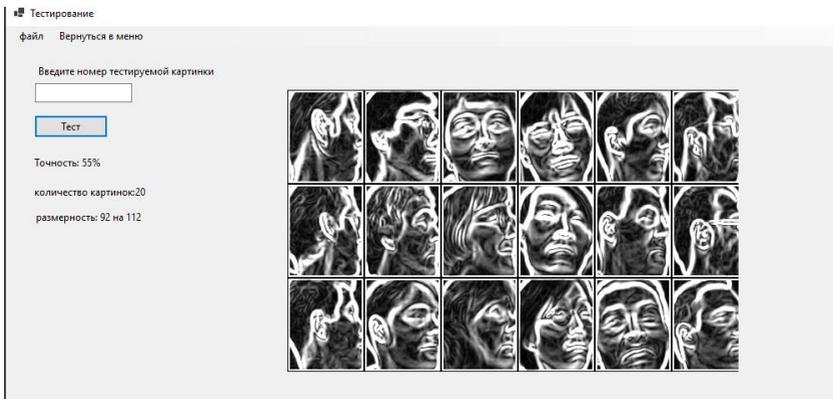


Рисунок 5 – Тестирование обученной оптимизированной нейросети на тестовой выборке предварительно обработанных фильтром Кирша

Применение SIMD расширения с использованием avx инструкций для увеличения скорости решения задач распознавания образов

Процесс тренировки нейросети на образах цифр показан на рис.6 (число нейронов 80, количество эпох 50, шаг 0.1, максимальная ошибка 0.01). Процесс тренировки оптимизированной нейросети на образах цифр показан на рис.7 (число нейронов 80, количество эпох 50, шаг 0.1, максимальная ошибка 0.01). Как видно из рис.8, обучение прошло корректно и в программе ошибок нет, поскольку точность составила 92%.

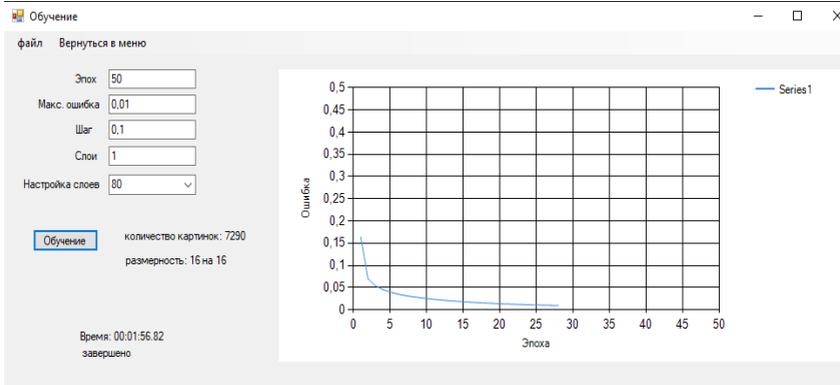


Рисунок 6 – Процесс тренировки нейронной сети на образах цифр

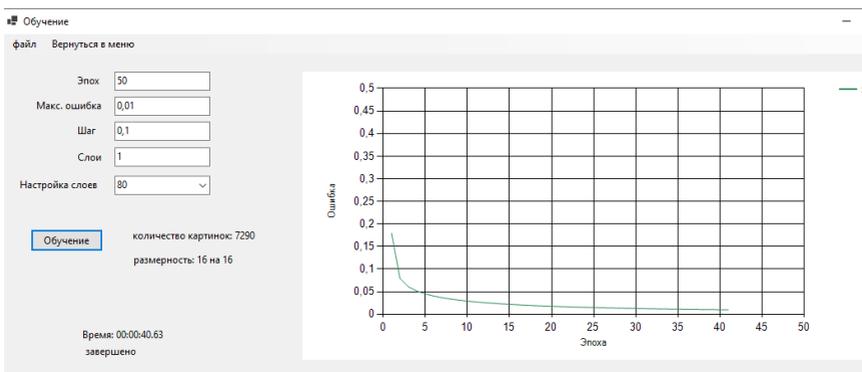


Рисунок 7 – Процесс тренировки оптимизированной нейронной сети на образах цифр

Полученные результаты говорят о том, что SIMD-расширение увеличивает скорость обучения нейронной сети от 2 до 4 раз. Отсюда следует, что применение SIMD-расширений, таких как AVX, представля-

ет собой мощный инструмент для увеличения скорости решения задач распознавания образов. Используя возможности параллельной обработки данных, можно значительно ускорить ключевые операции, такие как свертка и умножение матриц. Это позволяет создавать более эффективные и производительные алгоритмы, что особенно важно в условиях реального времени и больших объемов данных. Разработка и оптимизация программного обеспечения с использованием AVX инструкций открывает новые горизонты для исследований и практического применения в области распознавания образов.

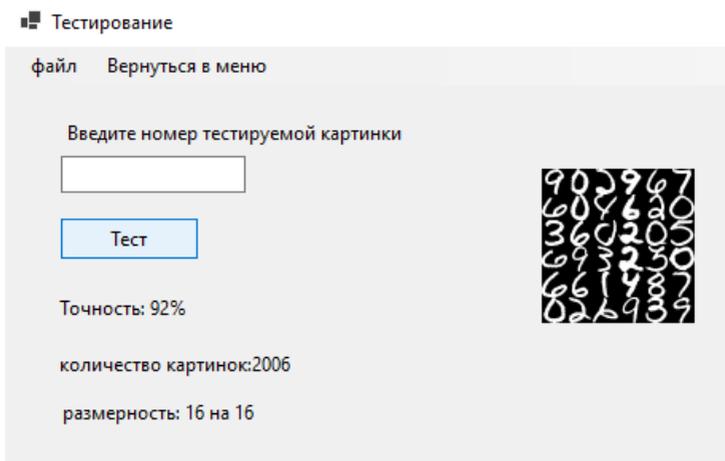


Рисунок 8 – Тестирование обученной оптимизированной нейросети на образах цифр

Литература. 1. Avx Класс (System.Runtime.Intrinsics.X86) | Microsoft Learn. [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dot-net/api/system.runtime.intrinsics.x86.avx?view=net-8.0> 2. Exponential Function Formula. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/exponential-function-formula/> 3. Backpropagation_метод. [Электронный ресурс]. – URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/obratnoe-rasprost-ranenie/> 4. Оператор Кирша. [Электронный ресурс]. – URL: https://alphapedia.ru/w/Kirsch_operator

Реквизиты для справок: Россия, Алтайский Край, Барнаул, Алтайский государственный технический университет, кафедра информатики, вычислительной техники и информационной безопасности, студент Рахманов Е.И. E-mail: 11114245455z@mail.ru

Применение SIMD расширения с использованием avx инструкций для увеличения скорости решения задач распознавания образов

РАЗДЕЛ 6. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.75

РАЗРАБОТКА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО АНОНИМНОГО МЕССЕНДЖЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА KADEMLIA

А.С. ШАПКИН, А.Н. ТУШЕВ

С ростом объема передаваемой информации и усилением угроз для конфиденциальности пользователей вопросы обеспечения безопасности и анонимности в сети становятся крайне актуальными. Традиционные мессенджеры на централизованных серверах подвержены высоким рискам утечек данных и вмешательству, что стимулирует разработку децентрализованных решений для передачи сообщений. Одним из них является мессенджер на базе сети Kademlia, который использует шифрование на уровне узлов и полностью децентрализованную маршрутизацию. Это позволяет исключить централизованные уязвимости и улучшить защиту данных, обеспечивая сохранность приватности.

Целью работы является разработка децентрализованного мессенджера с анонимной передачей сообщений, поддерживающего высокую степень приватности. Задача состоит в создании сетевой архитектуры, построенной на базе протокола Kademlia [1], с использованием защищенного взаимодействия между узлами, а также безопасного клиентского приложения, работающего на платформе Android. Особенности разработки являются использование распределённой хеш-таблицы (DHT) [2], поддержка CRDT-структур данных [3] для устойчивой репликации сессий [4] и применение Noise-протокола для шифрования трафика.

В основу маршрутизации в мессенджере положен протокол Kademlia, который является надёжной и проверенной системой для построения децентрализованных сетей. Каждый узел имеет уникальный идентификатор, сформированный на основе хеширования публичного ключа пользователя, что позволяет исключить привязку к личным данным и обеспечивает высокий уровень анонимности. Узлы сети поддерживают распределённую хеш-таблицу (DHT), организованную по принципу бинарного дерева, где каждый узел знает местоположение только ближайших к нему узлов по метрике XOR (рис. 1). Это позволяет минимизировать нагрузку на сеть, так как узел сохраняет

информацию лишь о выбранных соседях, сокращая издержки на хранение и передачу данных.

Каждый узел хранит таблицу маршрутизации, содержащую адреса узлов, находящихся на различных расстояниях по метрике XOR. В этом списке хранятся данные о ближайших соседях, что ускоряет поиск маршрутов и позволяет быстро передавать сообщения между пользователями. Такое построение сети позволяет эффективно добавлять новые узлы к существующей сети, поддерживая её масштабируемость и отказоустойчивость даже при частичном выходе узлов из строя.

Передача данных между узлами осуществляется с использованием защищённого Noise-протокола, который шифрует соединения и защищает данные от утечек. Для связи между узлами применяется gRPC. Интерфейс, реализованный в рамках этого протокола, поддерживает ряд ключевых функций, таких как запросы на поиск узлов, поиск данных на других узлах, а также репликацию данных на них. Это позволяет узлам легко обмениваться информацией и сохранять стабильность сети даже при частичной недоступности некоторых участников.

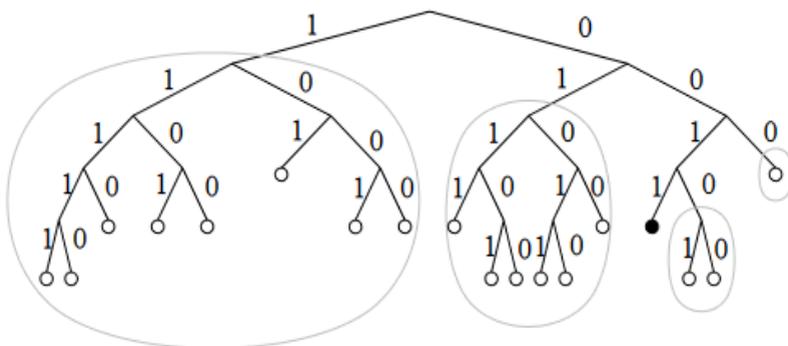


Рисунок 1 – Организация узлов kademlia по принципу бинарного дерева

Маршрутизация сообщений осуществляется через сессии, которые представляют собой структуру данных CRDT (Conflict-free Replicated Data Type), устойчивую к конфликтам и синхронизированную между узлами сети. CRDT-структура обеспечивает целостность данных и минимизирует вероятность потери сообщений в случае перебоев в сети. Каждая сессия, организованная узлами, реплицируется на нескольких участниках сети, что позволяет обеспечить отказоустойчивость и стабильность даже в условиях повышенной нагрузки на сеть.

Для хранения данных о сессиях и истории сообщений используется встроенная в каждый узел база данных. Это позволяет узлам сохранять

состояние сессий и восстанавливать их при перезапуске, что значительно улучшает надёжность сети (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема базы данных для сохранения состояния сессии на узле

Клиентское приложение мессенджера (рис. 3) разработано на базе Android и написано на языке Java. Приложение позволяет пользователям безопасно подключаться к узлам сети и отправлять сообщения без раскрытия своей личности или метаданных о содержании переписки. Оно взаимодействует с узлами Kademlia через REST API, где для выполнения каждого запроса реализована задача proof of work [5]. Сложность данной задачи варьируется в зависимости от требуемых ресурсов, снижая нагрузку на узлы и предотвращая атаки с избыточными запросами.

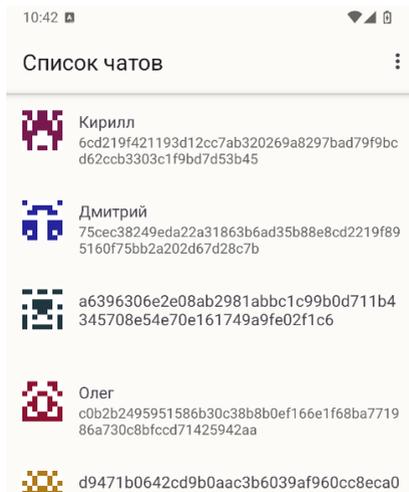


Рисунок 3 – Список чатов в клиентском приложении

Пользователи приложения идентифицируются по хешу публичного ключа, что не только обеспечивает анонимность, но и позволяет верифицировать подлинность данных пользователя. Также использование пары ключей пользователя, публичного и приватного, позволяет подтвердить оригинальность отправленных пользователем сообщений, за счет использования цифровых подписей. Каждый отправитель шифрует сообщение на своей стороне, а при передаче через узлы Kademlia исключается возможность доступа к содержимому сообщения и его метаданным. Для того чтобы пользователям было легче идентифицировать постоянные контакты, локально в приложении поддерживается создание псевдонимов.

Для хранения данных о сессиях и истории переписки, локально на устройстве пользователя, используется база данных litesql, что обеспечивает быстроту и надёжность локальных операций (рис. 4).

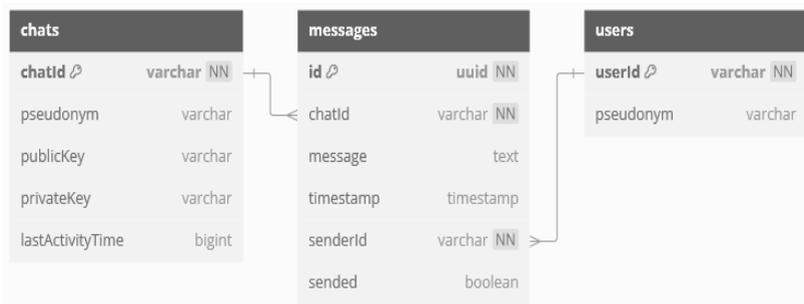


Рисунок 4 – Схема базы данных для хранения данных о сессиях на устройстве пользователя

В ходе тестирования системы проверялась корректность передачи данных, устойчивость к отказам узлов и производительность сети при различных условиях. Результаты показали, что использование Kademlia позволило достичь высокой скорости маршрутизации и стабильности при увеличении количества узлов, а применение CRDT-структур обеспечило надёжную синхронизацию данных сессий. Дополнительно, использование Noise-протокола продемонстрировало эффективность в защите данных от перехвата и утечек, что особенно важно для децентрализованных систем, работающих с конфиденциальной информацией.

В результате работы была разработана и протестирована архитектура децентрализованного анонимного мессенджера на базе Kademlia, обеспечивающего безопасность и конфиденциальность данных поль-

зователей. Применение распределённой хеш-таблицы и CRDT-структур данных позволило достигнуть высокой отказоустойчивости и производительности системы. Достигнутые результаты демонстрируют перспективы дальнейшего применения разработанной архитектуры для создания децентрализованных приложений, поддерживающих анонимность и защиту данных.

Литература. 1. Maumounkov P., Mazieres D. Kademlia: A Peer-to-Peer Information System Based on the XOR Metric // В кн.: Proceedings of the 1st International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS). Cambridge, MA, USA, 2002. С. 53–65. 2. Distributed Hash Tables with Kademlia [Электронный ресурс] // Stanford University. – URL: https://codethechange.stanford.edu/guides/guide_kademlia.html#distributed-hash-tables-with-kademlia (дата обращения: 30.10.2024). 3. Secure Replication for Client-centric Data Stores [Электронный ресурс] // DICG Workshop. – URL: https://dicg-workshop.github.io/papers/secure_crds.pdf (дата обращения: 1.11.2024). 4. Бондаренко Е., Вилсон Р. DHT-CHAT: A Distributed Hash Table-Based Peer-to-Peer Chat Application // CiteSeerX. – URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=411f87a84e882d4bddec479a5e7ecf015a1794ea> (дата обращения: 1.11.2024). 5. Quarks: A Secure and Decentralized Blockchain-Based Messaging Network [Электронный ресурс] // arXiv. – URL: <https://arxiv.org/abs/2308.04452> (дата обращения: 3.11.2024).

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, студенту гр. ИВТ-11, Шапкину А.С., тел +7-929-324-4604, e-mail: shapkin.alexandr.sergeevich@gmail.com*

УДК 004.056

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПО МЕТОДАМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Э.И. ХАЕРОВА, Б.И. ГАТАУЛЛИН

В последнее время цифровые компетенции приобрели большую ценность в образовательном процессе, причём для студентов, обучающихся не только в области информационных систем и технологий. Важным условием формирования цифровых компетенций у обучающихся является использование в образовательных целях информационных средств и технологий виртуальной реальности. Большую популярность приобретают цифровые двойники, виртуальные цифровые решения, которые основаны на технологиях дополненной и виртуаль-

ной реальности. Как правило, такие решения успешно используются в процессе обучения в качестве тренажёров-симуляторов, которые позволяют приобретать практические навыки без участия преподавателя или наставника. Актуальной является задача повышения уровня и качества информационных систем в образовательном процессе для приобретения навыков в части процессов «безопасного восстановления», «гарантированного удаления» и «шифрования данных» с использованием технологий виртуальной реальности.

В связи с выходом цифровизации образования на новый уровень, актуальным становится внедрение лабораторных практикумов на основе виртуальной реальности, которые будут играть решающую роль в сокращении разрывов между теорией и практикой и вносят огромный вклад в информационную систему ВУЗов.

На сегодняшний день существует множество программных и технических средств, используемых в информационных технологиях, но далеко не каждое учебное заведение может позволить себе закупку столь большого, что еще немаловажно, актуального, объема программного и технического обеспечения в целях обучения. Программные тренажеры предлагают большой выбор программ обучения за относительно небольшую плату.

Второй проблемой является невозможность постоянного редактирования учебных материалов для актуализации информации, методов и материалов, с которыми придётся столкнуться будущим выпускникам при решении реальных задач. Тренажёры подобного типа позволяют увидеть прямое взаимодействие с актуальными инструментами, для решения задач, с которыми предстоит столкнуться на работе.

Практическая подготовка обучающихся высших учебных заведений претерпела заметные изменения на фоне пандемии COVID-19 [1]. Но, тем не менее, хотя пандемия и способствовала развитию дистанционного и электронного образования, всё еще наблюдается недостаточная интеграция передовых информационных систем и технологий в сферу образования.

Целью работы является повышение качества цифровых и практических навыков студентов за счёт создания и внедрения в учебный процесс лабораторного практикума по защите информации на физических носителях с применением элементов виртуальной реальности.

Была разработана принципиальная блок-схема лабораторного комплекса (рис.1) для реализации тренажёра на основе виртуальной реальности.

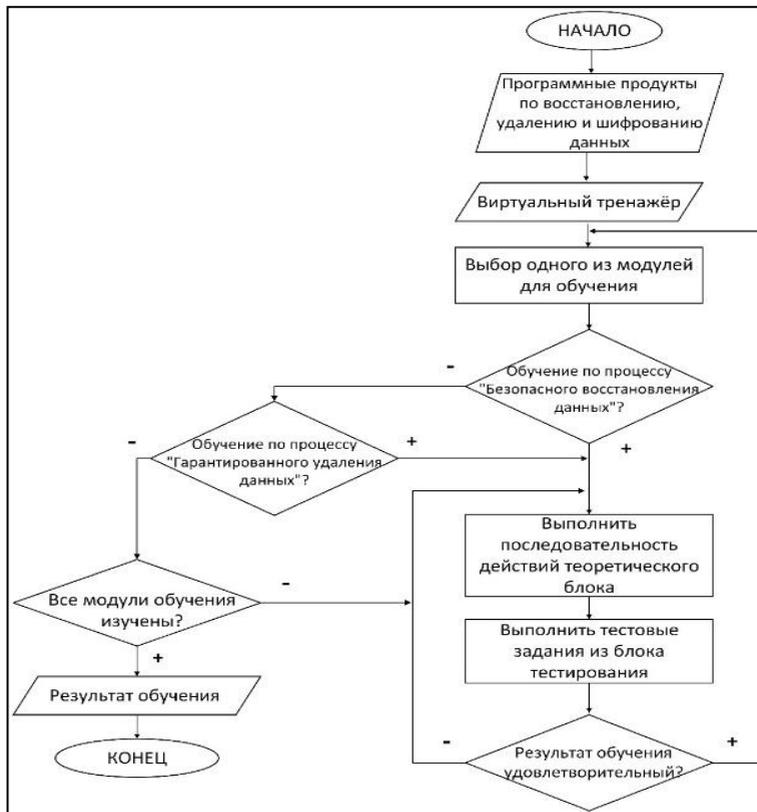


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема лабораторного комплекса:

Функциональные требования к программному обеспечению фокусируются на том, каким образом должна функционировать программа или какое поведение для данной программы приемлемо? В процессе разработки виртуального тренажера были определены следующие требования к его функциональности:

1. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность отображения набора видеoinструкций по пошаговой работе с программными продуктами по процессам «Безопасное восстановление данных», «Гарантированное удаление данных» и «Шифрование данных» при нажатии на соответствующие кнопки.

2. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность автоматически приостанавливать воспроизведение видеoinструкций и автоматически запускать её при нажатии на соответствующую кнопку.

3. Виртуальный тренажёр должен иметь функцию живой панели.
4. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность перемотки видеоинструкций на 10 секунд назад и вперёд.
5. Виртуальный тренажёр должен правильно и логично реализовывать движение цифрового инструктора (3D-модели) при запуске и остановке видеоинструкций.
6. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность отображения выбора тестового задания случайным образом.
7. Виртуальный тренажёр должен иметь функционал, который позволит пользователям получать дополнительную информацию об использовании данного программного продукта при нажатии на соответствующую кнопку. Эта функция особенно важна для новичков, которым требуется дополнительная поддержка в процессе обучения.
8. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность перемещения, навигации, управления персонализированными виртуальным пространством).
9. Виртуальный тренажёр должен предоставлять пользователям возможность запускать процедуру тестирования при нажатии на соответствующую кнопку.
10. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность просмотра теоретического блока – набора видеоинструкций на виртуальной доске.
11. Виртуальный тренажёр должен содержать вводный аудиоинструктаж.
12. Виртуальный тренажёр должен отображать тестовые задания и результаты тестирования на виртуальной доске.
13. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность переключения между тестовыми заданиями с помощью панели управления персонализированным процессом тестирования при нажатии на соответствующую кнопку.
14. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность выбора правильного варианта ответа на тестовые задания и автоматического сохранения этого выбора.
15. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность завершения процедуры тестирования при нажатии на соответствующую кнопку.
16. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность неограниченного количества попыток прохождения тестирования.
17. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность активации управления курсором мыши при нажатии на соответствующую кнопку.

18. Виртуальный тренажёр должен обладать интуитивно понятным интерфейсом.

Нефункциональные требования к программному продукту – это требования, ориентированные на его атрибуты и свойства а не на функциональные аспекты [2]. На этапе разработки виртуального тренажёра были установлены следующие нефункциональные требования:

1. Виртуальный тренажёр должен быть разработан под ОС Windows, Linux, Mac OS.

2. Виртуальный тренажёр должен функционировать под виртуальной машиной «VMware Workstation» и «Oracle VM VirtualBox» любых версий и запускаться под игровые ISO-образы (game OS).

3. Виртуальный тренажёр должен обеспечивать возможность запуска на физической машине без установки.

4. Виртуальный тренажёр должен поддерживаться персональными компьютерами с установленной операционной системой Windows 7 (SP1+), Windows 10 и Windows 11, только 64-разрядные версии, Ubuntu 20.04, Ubuntu 18.04 и CentOS 7, macOS 10.12+.

5. Виртуальный тренажёр должен быть разработан на языке программирования C#.

6. Виртуальный тренажёр должен быть разработан с использованием библиотек: «using UnityEngine.EventSystems», «using System.Collections», «using System.Collections.Generic», «using UnityEngine», «using UnityEngine.Video», «using UnityEngine.UI», «using System.Threading», «using System.Threading.Tasks».

Виртуальный тренажер может быть использован для обучения по направлению «Информационная безопасность», а также практикующих специалистов в области эксплуатации программных средств защиты информации. В дальнейшем планируется доработка тренажера по двум направлениям: в части разработки сценариев дополненной реальности, конвертации виртуального тренажёра в ядро AR платформа Unity и моделирования инцидентов информационной безопасности за счет расширения набора ситуаций, а также планируется использования таких устройств, как очки, шлемы виртуальной реальности [3]. Это исследование прокладывает путь для внедрения технологии кейс-метода в высшее техническое образование.

Работа выполнена при поддержке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Литература. 1. Хаерова Э.И., Гатауллин Б.И., Тумбинская М.В. Программный модуль для виртуального тренажёра по шифрованию

данных на физическом носителе. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024619421. **2.** Виды требований к программному продукту – Текст: электронный // Онлайн курсы профессиональной разработки ПО Webursitet: [сайт]. – URL: <https://www.webursitet.ru/article/vidy-trebovanii-k-programmnomu-produktu.html> (дата обращения: 05.04.2024). **3.** Хаерова Э.И., Гатауллин Б.И., Тумбинская М.В. Виртуальный программный комплекс по обработке конфиденциальной информации на физических носителях. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024612628.

Реквизиты для справок: *Россия, 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, Институт компьютерных технологий и защиты информации, студенты Хаерова Эндже Ильдаровна и Гатауллин Булат Ильнурович., тел. 8(939) 3405758. E-mail: engikhaer@gmail.com*

УДК 004.02

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШИФРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ В SQLite ПРИ ПОМОЩИ SQLCIPHER

К.С. БОРИСОВ, К.М. ГАЙДУКОВА

С ростом объема данных и увеличением числа киберугроз обеспечение их безопасности становится приоритетом. SQLite, являясь популярной системой управления базами данных (СУБД), часто используется в мобильных приложениях, веб-приложениях и встроенных системах. Однако в стандартной версии SQLite отсутствует встроенная поддержка шифрования, что делает данные уязвимыми. Для защиты информации в SQLite одним из самых эффективных методов является использование библиотеки SQLCipher — расширения, обеспечивающего шифрование всей базы данных.

SQLCipher — это решение с открытым исходным кодом, которое добавляет прозрачное шифрование на уровне базы данных. Оно основано на проверенных криптографических алгоритмах, таких как AES-256, и активно используется для обеспечения безопасности данных в SQLite. В данной статье рассматриваются основные аспекты SQLCipher, его архитектура, механизмы безопасности и преимущества по сравнению с другими методами шифрования баз данных.

Цель статьи — описать метод SQLCipher, его архитектурные особенности, механизмы безопасности и оценить роль в защите данных в SQLite.

История развития SQLCipher

SQLCipher был впервые представлен в 2009 году как библиотека для шифрования SQLite. Основной задачей разработки было создание простого, но надежного метода защиты данных в мобильных приложениях. Решение быстро стало популярным благодаря своей эффективности и интеграции с популярными платформами, такими как iOS и Android.

На протяжении своего существования SQLCipher продолжает обновляться, включая поддержку современных криптографических стандартов, улучшений производительности и совместимости.

Архитектура SQLCipher

SQLCipher интегрируется с SQLite и расширяет её возможности за счет следующих ключевых компонентов:

Уровень шифрования

Алгоритм AES-256: SQLCipher шифрует всю базу данных с использованием симметричного шифрования AES-256 в режиме CBC (Cipher Block Chaining), что обеспечивает надежную защиту данных.

Производная ключа (PBKDF2): SQLCipher использует алгоритм PBKDF2 (Password-Based Key Derivation Function) для генерации ключей на основе паролей пользователя. Это предотвращает атаки перебора.

Уровень работы с данными

SQLCipher шифрует данные на уровне блоков (страниц) базы данных. При записи данные шифруются, а при чтении — расшифровываются. Такой подход позволяет избежать значительных потерь производительности.

Интеграция с приложениями

SQLCipher предоставляет API, совместимый со стандартной SQLite, что позволяет легко адаптировать существующие приложения для работы с зашифрованной базой данных.

Механизмы безопасности

SQLCipher использует несколько механизмов для обеспечения безопасности:

- симметричное шифрование: Алгоритм AES-256 в режиме CBC защищает данные, предотвращая их несанкционированное использование;
- PBKDF2 с HMAC-SHA1: для повышения безопасности пароля SQLCipher применяет тысячи итераций алгоритма PBKDF2, что усложняет атаку перебора;
- случайная инициализация: каждый блок данных шифруется с использованием уникального случайного вектора инициализации (IV), что повышает криптостойкость;

- проверка целостности: SQLCipher добавляет механизмы хэширования для обнаружения подмены или повреждения данных.

Преимущества SQLCipher

Удобство интеграции

SQLCipher полностью совместим с API SQLite, что позволяет минимизировать изменения в приложениях.

Высокий уровень безопасности

Использование современных алгоритмов, таких как AES-256, делает SQLCipher устойчивым к большинству типов атак.

Производительность

SQLCipher оптимизирован для минимизации влияния шифрования на скорость операций с базой данных.

Кросс-платформенность

SQLCipher поддерживает Windows, macOS, Linux, iOS и Android, что делает его универсальным инструментом для приложений.

Тестирование производительности

SQLCipher демонстрирует достойную производительность при работе с зашифрованными базами данных:

- среднее время выполнения запросов увеличивается на 10–15% по сравнению с нешифрованными базами, что является приемлемым компромиссом для обеспечения безопасности;
- скорость записи данных составляет 75% от оригинальной SQLite, что позволяет работать с большими объемами информации.

Оценка безопасности: тестирование SQLCipher показало его устойчивость к следующим типам атак:

- перехват данных: Использование AES-256 предотвращает расшифровку данных без ключа.
- атаки грубой силы: Использование PBKDF2 делает перебор паролей крайне трудоемким.
- физический доступ к устройству: даже при копировании файла базы данных данные остаются недоступными без ключа.

Примеры использования - SQLCipher широко используется в приложениях, где безопасность данных является критически важной:

- мобильные приложения: финансовые приложения, такие как цифровые кошельки, используют SQLCipher для защиты транзакционных данных;
- корпоративные системы: SQLCipher применяется для шифрования баз данных, содержащих конфиденциальную информацию, такую как персональные данные сотрудников;
- медицинские приложения: SQLCipher помогает защищать базы данных с медицинскими записями, соответствуя требованиям HIPAA.

Заключение

SQLCipher представляет собой мощный инструмент для обеспечения безопасности данных в SQLite. Используя современные алгоритмы шифрования, он защищает базы данных от несанкционированного доступа, оставаясь простым в интеграции и использовании.

Применение SQLCipher позволяет разработчикам создавать приложения, которые обеспечивают конфиденциальность и целостность данных, что особенно важно в современных условиях киберугроз. SQLCipher продолжает оставаться одним из лучших решений для обеспечения безопасности в системах управления базами данных.

Литература: 1. Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (1978). A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems. Communications of the ACM, 21(2), 120–126. 2. Android Developers. (n.d.). Implementing SQLCipher in Android Applications. URL:<https://developer.android.com> 3. NIST. (2012). Recommendation for Key Derivation Using PBKDF2. Special Publication 800-132. 4. SQLite Documentation. (n.d.). The SQLite Encryption Extension (SEE). URL:<https://sqlite.org>

Реквизиты для справок: *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: Гайдукова Кристина Михайловна – старший преподаватель кафедры «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», kristya_22@mail.ru, Борисов Константин Сергеевич – студент ФИТ группы ИВТ-12, twixerkost@yandex.ru*

УДК 004.056

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА: ПРОФИЛАКТИКА СБОЕВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИКОЙ

А.С. АВETИСЯН

Одна из ключевых задач в области модернизации автоматизированных информационно-измерительных и управляющих систем состоит в повышении безопасности их функционирования. Данное исследование фокусируется на повышении безопасности информационного обмена и устранении уязвимостей в энергетических системах. Обсуждаются интеллектуальные методы обнаружения угроз для защиты управления энергопотреблением.

Основные научные подходы, такие как анализ, синтез и теория систем, способствовали созданию инновационных алгоритмов, использующих библиотеки для выявления уязвимостей и исправления программного кода. Важной функцией информационных систем энергетики является надежная обработка критически важных данных, с акцентом на выявление угроз в технологических каналах связи. Ненадежная защита может угрожать целостности, доступности и конфиденциальности данных, что, в свою очередь, увеличивает риск повышения нестабильности энергоснабжения. Примером инцидентов в области информационной безопасности энергосистем является инцидент в Венесуэле в 2018-2019 годах, когда кибератаки на энергетическую инфраструктуру привели к масштабным отключениям электроэнергии. В энергосистемах каждый пакет данных несёт критически важную информацию, и его целостность важна для безотказной работы энергосистемы. Ошибки могут вызвать сбои и перегрузки, поэтому необходимо индивидуальное управление данными, согласованное с технологическими и управленческими задачами, что необходимо для повышения эффективности работы энергетических объектов.

Энергетические компании сталкиваются с проблемами мониторинга и аналитики, обусловленные недостатками адаптивного параметрического анализа, который бы учитывал нелинейную и дискретную природу технологических потоков данных, особенно в условиях внешних информационных атак. Современные технологии анализа данных, основанные на жестких алгоритмах, затрудняют всестороннюю оценку эксплуатационных возможностей российской энергетической системы при наличии информационных угроз. Для решения этих проблем предлагается разработать инновационные алгоритмы управления энергетическим оборудованием с использованием соответствующих стандартных решений. Такие алгоритмы смогут выявлять и модифицировать программный код, а также оценивать уязвимости в системах управления информацией, что критически важно для стабильной работы энергосистемы. Новая технология будет интегрирована в автоматизированные системы управления, что обеспечит более высокую эффективность работы систем мониторинга и аналитики.

На рис. 1 представлены информационные потоки в энергетическом секторе России. Он позволяет увидеть, на каких элементах обмена данными и их обработки современные инновационные решения в области информационной безопасности могут повысить эффективность процессов обмена и обработки данными, повысить их надёжность и оптимизировать использование вычислительных ресурсов в энергетической отрасли.

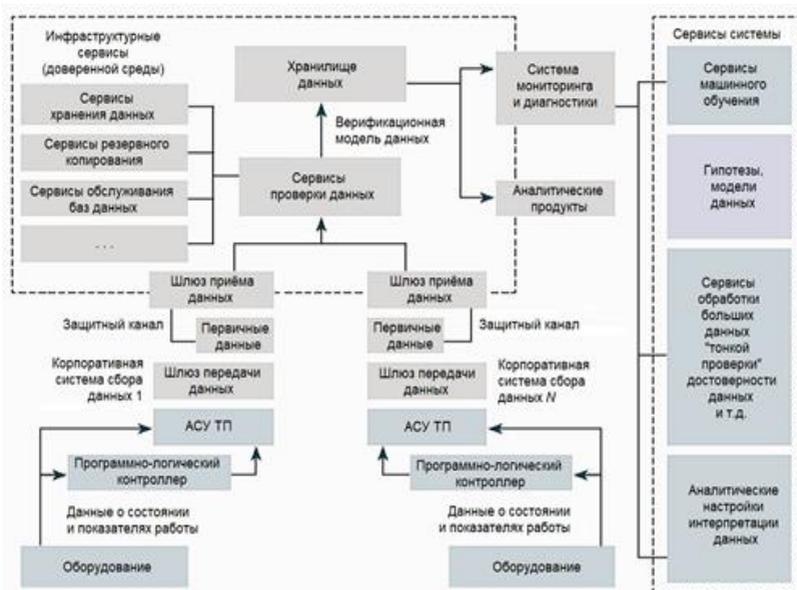


Рисунок 1 – Сетевые потоки: инновационные решения информационного обмена в энергетическом секторе России

Ограниченные категории доверия и сложные процессы проверки информации затрудняют взаимодействие внутри энергосистемы. Для устранения уязвимостей в распределенных системах цифрового управления, которые нередко не имеют надежной криптографической защиты, рекомендуется внедрить механизмы, которые будут обеспечивать соответствие входных данных заранее установленным стандартам. Такой подход обеспечит надежное управление энергетическими ресурсами в условиях информационных угроз и защитит конфиденциальные данные.

Несмотря на это, эффективная обработка критически важных данных, связанных с командами управления, остается сложной задачей. Для повышения надежности алгоритмов, направленных на защиту энергетического оборудования от известных атак, необходимо провести детальный анализ уязвимостей в системах управления информацией. Это позволит обеспечивать надежную защиту данных.

На рис. 2 представлен алгоритм, который используется для выявления уязвимостей в информационно-управляющих системах. Алгоритм состоит из следующих этапов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении безопасности и надежности системы.

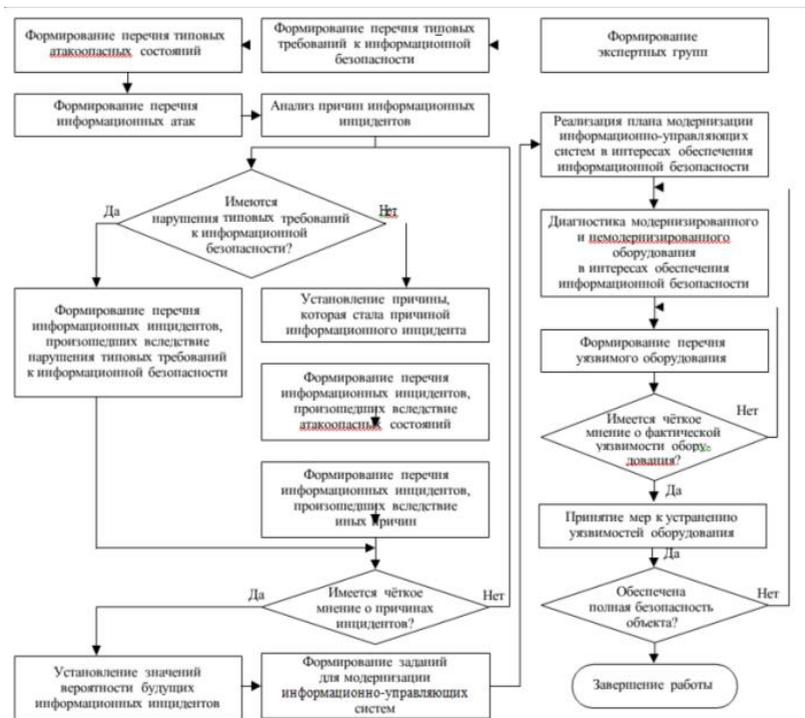


Рисунок 2 – Алгоритм выявления уязвимостей информационно-управляющих систем

1. Сбор информации: На первоначальном этапе производится сбор информации об объекте исследования. Он может включать как технические детали системы (аппаратное и программное обеспечение), так и организационные аспекты, такие как политика безопасности, процессы управления и т.д.

2. Анализ конфигурации системы для выявления потенциально слабых мест. Этот этап может включать проверку настроек программного обеспечения, прав доступа, а также соответствия стандартам безопасности.

3. Оценка уязвимостей. На этом этапе происходит оценка уже известных уязвимостей на основе собранной информации и анализа конфигурации. Используются базы данных уязвимостей, например, такие, как CVE (Common Vulnerabilities and Exposures).

4. Тестирование на проникновение. После оценки уязвимостей проводятся пентесты, которые помогают проверить, могут ли зло-

умышленники воспользоваться выявленными уязвимостями. Этот этап позволяет не только подтвердить наличие уязвимостей, но и оценить возможные последствия их эксплуатации.

5. Анализ результатов. В результате тестирования и анализа уязвимостей специалисты формируют отчеты, в которых описываются выявленные проблемы, их степень серьезности и потенциальные последствия для безопасности системы.

6. Рекомендации по устранению выявленных проблем. На последнем этапе предоставляются рекомендации по устранению выявленных уязвимостей, которые могут включать обновление программного обеспечения, изменение конфигурации, улучшение мер контроля доступа и т.д.

Данный алгоритм является важным инструментом для обеспечения кибербезопасности информационно-управляющих систем и позволяет своевременно выявлять и устранять уязвимости, минимизируя риски, связанные с потенциальными атаками и инцидентами.

Для повышения безопасности обмена информацией в автоматизированных системах управления в сфере энергетики можно также рекомендовать провести, в соответствии с [1-3], следующие мероприятия.

- Создать четкую методологию проектирования распределённой системы, ориентированной на безопасный электронный обмен данными в энергетическом секторе.
- Разработать комплексную стратегию сбора и агрегации информации с целью безопасного обмена данными между системами управления.
- Создать стандартизированные формы для объектов электроэнергетики, что поможет систематизировать данные об отклонениях от требований по защите информации с акцентом на ключевые критерии.
- Внедрить систему автоматического ввода и консолидации данных для мониторинга соблюдения требований информационной безопасности.
- Определить стратегию разработки подсистем, направленных на диагностику уязвимостей в управлении информацией.
- Сформировать исчерпывающий список критериев для мониторинга соблюдения требований информационной безопасности, включая допустимые диапазоны значений.
- Определить объекты и конкретные источники данных для непрерывного мониторинга соблюдения стандартов безопасности.
- Предложить методологии для определения приоритетов критериев оценки информационной безопасности на основе анализа технических рисков.

- Разработать структуру автоматизированной системы, осуществляющей постоянный мониторинг рисков информационной безопасности.
- Предложить внедрение в системы автоматизации оценку соответствия энергетического оборудования требованиям информационной безопасности. Для этого внедрить в текущие алгоритмы управления энергетическим оборудованием инновационные алгоритмы обеспечения информационной безопасности.
- Разработать стратегии по импортозамещению средств защиты информации и программного обеспечения для повышения надежности и безопасности работы систем энергоснабжения.
- Внедрить и стандартизировать системы контроля доступа к автоматизированным системам управления в энергосистемах на основе многофакторной аутентификации;
- Проводить регулярные, не реже одного раза в год, аудиты информационных систем. В рамках этих аудитов следует проверять эффективность существующих мер по защите информации и обновлять модели угроз и уязвимостей.
- Обновить и усовершенствовать программу обучения сотрудников, работающих с автоматизированными и информационными системами, по вопросам информационной безопасности.

Все предложенные меры в совокупности должны существенно повысить уровень защиты автоматизированных систем управления в энергетическом секторе, минимизировать риски и уязвимости, и обеспечить более безопасную обработку данных.

Литература. 1. Борлакова, М. А. Современные методы и средства защиты информации / М. А. Борлакова, М. Х. Болатов // Вестник Академии знаний. – 2023. – № 1(54). – С. 68-72. – EDN TROQAZ. **2.** Голубова, А. Г. Информационная безопасность и защита информации в современном обществе / А. Г. Голубова, В. Е. Шумилина // Наука и мир. – 2022. – № 2. – С. 6-10. – DOI 10.26526/2307-9401-2022-2-6-10. – EDN HIRTAG. **3.** Домбровская, Л. А. Организационные средства защиты информации как элемент общей системы защиты информации / Л. А. Домбровская // European Science. – 2016. – № 11(21). – С. 21-25.

Реквизиты для справок: Россия, 664523, Иркутск, ул. Лермонтова 83, Иркутский национальный исследовательский технический университет, магистрант кафедры электроснабжения и электротехники, Аветисян А.С., тел. +7(950)087-52-49. E-mail: avetisyan_geven@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

<u>РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ</u>	3
<i>Земская С.С., Адреева А.Ю.</i> Обучение с подкреплением – обзор современных подходов.....	3
<i>Тырышкин С.Ю.</i> Математическая модель генетического алгоритма применительно к квантовым вычислениям	7
<i>Лунькина А.В., Боков А.А.</i> Определение оптимального уровня автоматизации картонажного производства	14
<i>Качарский В.Д., Серов А.Н.</i> Коррекция АЧХ фильтра скользящего среднего фильтром Чебышева .	18
<u>РАЗДЕЛ 2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</u>	26
<i>Дробот П.Н.</i> Датчик магнитного поля с частотным выходом на основе осцилляторного RF-преобразователя	26
<i>Кичка А.С., Серов А.Н.</i> Применение низкочастотной фильтрации для повышения точности измерения частоты по переходам сигнала через нуль	29
<i>Веселов Г.М., Серов А.Н.</i> Применение линеаризации сигнала для повышения точности измерения его частоты методом по переходам через нуль.....	33
<i>Орлов А.С., Павлович А.В., Серов А.Н.</i> Исследование влияния параметров входных фильтров на погрешность измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения	38
<i>Умбетов С.В.</i> Исследование возможности использования алгоритмов цифрового зрения для фиксации корродированных участков	42
<i>Соболевская А.С., Подобуев С.А., Серов А.Н.</i> Оценка влияния инструментальных составляющих погрешности измерительного канала на погрешность измерения частоты для метода по переходам сигнала через нуль	45

Ахремчик О.Л., Кузнецов Н.В.

Система контроля влажности порошка микроводоросли 51

Павлович А.В., Евтехова Д.С., Серов А.Н.

Особенности применения метода наименьших квадратов для снижения погрешности измерения частоты в случае использования быстрых методов измерения..... 54

Дорошенко А.Д., Вавилова Г.В.

Моделирование электроемкостного преобразователя для контроля толщины резинового полотна 60

РАЗДЕЛ 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ, ЭКОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИИ 65

Евдулов О.В., Гамзалова И.Ю.

Результаты математического моделирования термоэлектрического устройства для локальной гипотермии коленного сустава с использованием современных пакетов прикладных программ..... 65

Ермаков А.В.

Приём-2024 в АлтГТУ: филиалы делают ставку и выигрывают 67

Морозов А.А., Соловьев Д.В.

Разработка VR-приложения для обучения сотрудников вагоноремонтного депо..... 71

Мишин В.В., Тушев А.Н.

Разработка экспертной системы для помощи в принятии решений по уголовным делам, поступающим в судебные коллегии 76

Параничев А.В., Ганов В.Н.

Анализ средств информационной поддержки студентов колледжа 84

Ватрушкина П.А., Чистова С.А., Вторушина А.Н.

Автоматизация контроля качества воздушной среды города 88

Параничев А.В., Федоров Я.С., Казбулатов Д.Д., Абдуллаев М.А.

Разработка программных модулей электронной образовательной системы Колледжа 93

Воробьев К.В., Гайдукова К.М.

Разработка и создание стендов для лаборатории сетей и систем передачи информации..... 95

РАЗДЕЛ 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В В ДРУГИХ СФЕРАХ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 99

Савельев М.Д., Дорошенко В.Д., Соловьев Д.В.
Разработка клиент-серверного приложения для обмена данными с техни-
ческим оборудованием MCVD..... 99

Воробьев К.В., Гайдукова К.М.
Разработка приложения для поиска единомышленников с использо-
ванием нейросетей..... 103

Воробьев К.В., Гайдукова К.М.
Особенности применения протокола MTPProto для разработки приложе-
ния поиска единомышленников с использованием нейросетей..... 108

Шорахматов Д.И., Гайдукова К.М.
Особенности применения протокола WebSocket для разработки прило-
жений электронной коммерции в реальном времени 113

РАЗДЕЛ 5. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВ- **ТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ 119**

Бессонов А.С., Бакин В.Л.
Выбор наилучшей модели экспериментальных данных на основе дис-
персионного анализа 119

Холуева И.А., Вавилова Г.В.
Моделирование дефектов изоляции провода 123

Ульченко Ф.С.
Проектирование базы данных для программных средств поддержки
процессов функционирования автошколы 127

Корягин В.Ю., Якунин А.Г.
Разработка блока управления электрокарнизом для рулонных штор:
решение проблемы доступности и использования в нестандартных по-
мещениях 129

Рахманов Е.И., Тушев А. Н.
Применение SIMD расширения с использованием AVX инструкций для
увеличения скорости решения задач распознавания образов..... 133

РАЗДЕЛ 6. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМАТИ- **ЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ 139**

Шапкин А.С., Тушев А.Н.
Разработка децентрализованного анонимного мессенджера с использо-
ванием протокола Kademlia 139

Хаерова Э.И., Гатауллин Б.И.
Лабораторный комплекс по методам защиты информации на основе
виртуальной реальности..... 143

Борисов К.С., Гайдукова К.М.

Особенности применения шифрования баз данных в SQLITE при помощи SQLCIPHER..... 148

Аветисян А.С.

Защита информационного пространства: профилактика сбоев в автоматизированных системах управления энергетикой 151