

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

УДК 378.14:004

А. Р. АЛХУТОВА

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Л. Н. Савчук, старший преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКЕ

Цифровизация образования в настоящее время способствует тому, что в образовательном процессе современной школы все более широкое применение находят средства информационно-коммуникационных технологий. Однако важно не только применять новые технологии, но и делать это с учетом потребностей и интересов учащихся, поэтому особую актуальность приобретает вопрос методики использования информационно-коммуникационных технологий, что позволит каждому педагогу решать образовательные задачи на качественно новом уровне.

Использование компьютера в учебном процессе, который является высокотехнологичным средством обучения, позволяет изменить методику обучения в новых условиях, когда учитель больше не единственный источник информации для учащихся. Специализированные мультимедийные средства, такие как мультиторды, позволяют взаимодействовать с учебным материалом с помощью сенсорного экрана, так как объединяют в себе функции проектора и электронной доски, что делает процесс обучения более интересным и эффективным. Использование мультиторда позволяет учителям привлекать внимание учащихся новой подачей различных видов информации и делать уроки более интересными и эффективными.

В отличие от интерактивной доски мультиторд, или интерактивная панель, представляет собой самостоятельное устройство. Это сенсорный экран определенных размеров, который работает на собственном программном обеспечении Android и Windows. Он не требует дополнительной установки проектора, подключения к компьютеру и реагирует на прикосновение пальцев. Специальные маркеры, стилусы ему не требуются [1].

Используя мультиторд, мы совмещаем традиционные методы работы с обычной доской с новыми интерактивными и мультимедийными возможностями, что делает изложение материала более понятным и наглядным для учеников, которые становятся более заинтересованными и мотивированными, быстрее усваивают материал, что повышает качество уроков информатики и экономит время, избавляя учителя от повторного объяснения материала.

Таким образом, основные преимущества использования мультиторда на уроках информатики следующие:

- интерактивность. Мультиторд позволяет организовать интерактивное взаимодействие, что делает процесс обучения более динамичным и увлекательным для учащихся;
- реализация нового уровня наглядности. С помощью мультиторда преподаватель может демонстрировать различные виды информации, динамику развития процесса, что помогает учащимся лучше воспринимать и понимать учебный материал;

– экономия времени. Мультиторд дает возможность быстрого создания документов сложной структуры, содержащих схемы, таблицы, диаграммы и т. п., ученики быстрее и лучше усваивают учебный материал;

– использование мультиторда расширяет познания учащихся о новых цифровых технологиях, что повышает их цифровую грамотность.

Однако наряду с преимуществами у данного девайса есть и недостатки, основные из которых следующие: покупка современного мультиторда требует значительных финансовых затрат и в дальнейшем регулярного технического обслуживания, а также необходимой подготовки преподавателя.

Использовать мультиторд можно на любом этапе урока информатики:

1. Организационный момент:

– для записи плана занятия и визуализации ключевых моментов.

2. Проверка домашнего задания:

– для сканирования и показа домашнего задания на доске, с возможностью добавления комментариев;

– для проверки задания двумя учениками с помощью функции «Мультиторд».

3. Объяснение нового материала:

– для показа нового материала на доске (например, с помощью ЭСО или учебной интерактивной презентации, моделирующей программы и т. п.);

– для демонстрации интернет-ресурсов, ЭСО и т. д.

4. Выполнение практических и самостоятельных работ:

– для демонстрации условий и критериев оценивания заданий;

– для демонстрации выполнения задания по шагам и последующего обсуждения результатов (например, составление алгоритма или программы).

5. Контроль усвоения пройденного материала:

– для демонстрации примеров интерактивных тестов;

– для выполнения заданий и создания опорных конспектов на доске.

6. Закрепление материала:

– для организации виртуальных лабораторных работ (например, при изучении основ web-конструирования);

– для организации совместной работы над документами и изображениями на доске.

7. Подведение итогов урока:

– для демонстрации лучших работ учащихся (например, при изучении графических редакторов);

– для демонстрации правильных вариантов программ учащихся (например, при изучении основ алгоритмизации и программирования);

– для организации рефлексии.

Таким образом, мультиторд оказывает значительную помощь в проведении различных этапов урока, делая обучение более интересным и эффективным за счет мультимедийных и интерактивных возможностей мультиторда. В условиях динамичного развития разнообразных цифровых технологий и роста требований к подготовке современного учащегося использование мультиторда открывает новые возможности как для учителей, так и для учеников в процессе обучения информатике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голиков, Е.И. Интерактивная доска или панель: в чем разница [Электронный ресурс] / Е. И. Голиков. – 2024. – Режим доступа: <https://tehnopanorama.ru/proektory/interaktivnaya-doska-ili-panel.html>. – Дата доступа: 14.03.2024.

УДК 654.034:347.751.94

О. В. БОЛТРУШКО

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – О. В. Белемук, старший преподаватель

СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОСТАВЩИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УСЛУГ ПРИ ОПЛАТЕ В ЕРИП

Представители микробизнеса и индивидуальные предприниматели, оказывающие услуги (бытовые, образовательные, косметологические и пр.) физическим лицам, при организации приема платежей от абонентов вправе выбрать оплату услуг как посредством наличных платежей, так и безналичным расчетом. Поскольку законодательство Республики Беларусь требует установки сертифицированных кассовых аппаратов, подключенных к системам контроля налоговых органов (СКНО), передающих информацию о платежах в Министерство по налогам и сборам для исключения неучтенной выручки или предоставления покупателю поддельного чека, то финансовая нагрузка при осуществлении наличного расчета на представителей малого и среднего бизнеса возрастает. Таким образом, более выгодным вариантом является одна из форм безналичной оплаты – перевод на расчетный счет, либо эквайринг.

Перевод на расчетный счет осуществляется через интернет-банкинг или мобильный банкинг в разделе «Перевод по реквизитам», но такие платежи требуют от клиентов ввода большого количества данных, а также списания дополнительных средств за работу банка (комиссии).

Эквайринг – технология безналичного приема платежей с использованием банковских карт и систем бесконтактной оплаты. Одной из форм эквайринга и самой удобной системой безналичных платежей с точки зрения безопасности и прозрачности платежей в нашей стране является автоматизированная информационная система (АИС) «Расчет» – информационная система единого расчетно-информационного пространства (ЕРИП).

Для большинства микропредприятий наиболее выгодной формой взаимодействия с платежными системами является самостоятельное подключение в режиме обмена электронными сообщениями (офлайн). В этом случае предпринимателю не нужно постоянно поддерживать интернет-соединение, а подключение к АИС «Расчет» осуществляется по требованию (время от времени). В настоящее время услуги по подключению и взаимодействию системы ЕРИП предоставляют такие компании, как ЗАО «Банковско-финансовая телесеть», УП «А1», СООО «Мобильные ТелеСистемы» и ООО «Деловая сеть» [1]. Например, услуга ЗАО «Банковско-финансовая телесеть» включает в себя единовременную плату в размере 11,75 BYN с НДС за подключение к системе «Расчет» и ежемесячную плату в размере 12,50 BYN с НДС за доступ к FTP-серверу ЕРИП [2].

На основе «Протокола обмена данными между производителем услуг и АИС “Расчет” в режиме off-line» [3] построим схему взаимодействия производителя услуг (ИП или микроорганизации), банка и пользователя системы ЕРИП.

На рисунке можно увидеть, что для взаимодействия предпринимателя и получателя услуг достаточно всего трех основных форматов сообщений от АИС «Расчет»: 202, 206 и 210.

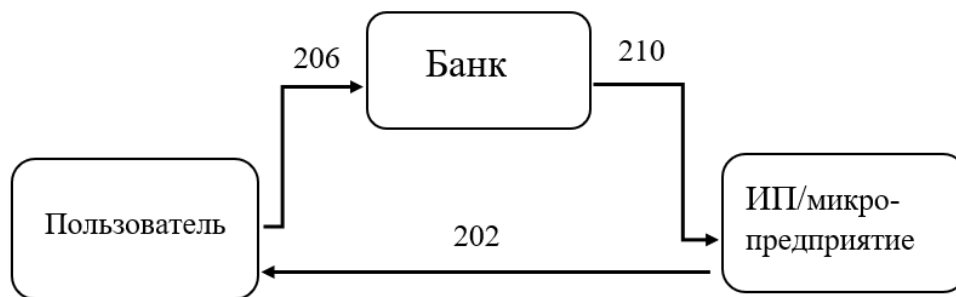


Рисунок – Use-Case-диаграмма взаимодействия в ЕРИП

Сообщение 202 – это список требований к оплате, который содержит данные о задолженности потребителя услуг и данные для расчета суммы платежа. При выставлении счета индивидуальный предприниматель отправляет этот запрос в АИС «Расчет», в результате чего у пользователя отображается задолженность при оплате услуг в ЕРИП через интернет-банк или мобильный банкинг. Здесь же отправляется сообщение 204, которое содержит информацию о результате обработки сообщения 202. При совершении платежа со стороны абонента (получателя услуг), т. е. погашении задолженности, от системы АИС «Расчет» отправляется сообщение 206 юридическому лицу, оказавшему услугу. Сообщение 206 содержит данные оплаты услуг, совершенных потребителем в пользу производителя услуг, но по которым средства на расчетные счета производителя еще не перечислены. После этого банк перечисляет средства на счет предпринимателя, по результату этой операции из АИС «Расчет» отправляется сообщение 210. Данный запрос содержит информацию об оплате услуг, по которым средства на расчетные счета производителя перечислены.

Описанная схема взаимодействия показывает, что система ЕРИП упрощает работу всех трех сторон оплаты услуг, так как с ее помощью довольно просто отследить движение денежных средств и построить собственную абонентскую систему для контроля платежей за оказанные услуги, предоставляя информацию потребителям услуг через личный кабинет пользователя. Данная схема взаимодействия используется для создания эмулятора взаимодействия с системой ЕРИП при написании программ для управления деятельностью микроорганизаций, предоставляющих услуги физическим лицам.

Для выставления платежного требования потребителю услуги через систему ЕРИП необходимо сформировать текстовый документ (сообщение 202) и отправить на сервер АИС «Расчет». У всех сообщений от АИС «Расчет» есть определенная структура, состоящая из заголовка и записей. На заголовок отведена первая строка сообщения. Каждая строка файла заканчивается символом перевода строки. В свою очередь, основные две части файла состоят из полей, которые содержат значения конкретных реквизитов. Они имеют переменную длину, в описании указывается максимальная длина соответствующего поля. Отделяет их друг от друга символ «^». Поля также могут содержать подполя, которые разделяются символом с кодом 0x7E. Для описания определенных полей или подполей используются различные сокращения:

- М – обязательное значение;
- О – необязательное значение;
- Sn – символьный тип данных;
- Nn – целочисленный тип данных;

- D, формат – тип данных дата и время;
- Fn, m – вещественный тип данных.

В этих сокращениях n обозначает максимальное количество символов, m – максимальное количество цифр дробной части.

На примере сообщения 202 рассмотрим структуру заголовка. Он содержит общие для всего сообщения данные и итоговые данные. Всего в заголовке 11 полей, которые рассмотрим в таблице.

Таблица – Структура заголовка сообщения

Номер поля	Версия протокола	Наименование	Обязательность, тип данных, формат
1	1–4	Версия сообщения	M, N1
2	1–4	Код отправителя сообщения (код абонента производителя услуг)	M, N8
3	1–4	Номер сообщения	M, N8
4	1–4	Дата формирования сообщения	M, D, YYYYMMDDhhmmss
5	1–4	Количество записей в сообщении (количество строк в файле без учета заголовка)	M, N6
6	1–4	Учетный номер плательщика производителя услуг	M, N9
7	1–4	Условный номер участника расчетов для банка производителя услуг (код банка, в котором открыт расчетный счет производителя услуг)	M, N3
8	1–4	Расчетный счет производителя услуг	M, S28
9	1–4	Номер услуги у производителя услуг (не передается, если у производителя лишь одна услуга)	O, N8
10	1–4	Код валюты требований к оплате	M, N3
11	1	Итоговая сумма требований к оплате	M, F12,2

При заключении договора об оказании услуг потребителю присваивается номер плательщика ЕРИП. Номер обеспечивает хранение информации о блоке периодически оплачиваемых платежей, в том числе их реквизиты, необходимые для оплаты, которые указываются в том числе в чеке об оплате.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подключение off-line [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://raschet.by/biznesu/ais-raschet/podklyuchenie-off-line/>. – Дата доступа: 24.03.2024.
2. Подключение к АИС «Расчет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bfn.by/podklyuchenie-k-ais-raschet/>. – Дата доступа: 24.03.2024.
3. Протокол обмена данными между производителем услуг и АИС «Расчет» в режиме off-line [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://raschet.by/docs/offline/protokol-obmena-dannymi-mezhdu-proizvoditelem-uslug-i-ps-erip-v-rezhime-off-line>. – Дата доступа: 24.03.2024.

УДК 004.042

В. В. БОРТНОВСКАЯ

Гомель, ГГТУ имени П. О. Сухого

Научный руководитель – И. Л. Стефановский, старший преподаватель

ОМНИКАНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБЩЕНИЯ БИЗНЕСА С КЛИЕНТАМИ

Концепция омниканальности в сфере общения бизнеса с клиентами представляет собой подход, который объединяет различные каналы коммуникации в единую платформу. В современном мире, где клиенты ожидают быстрого и удобного общения с компаниями, омниканальность становится все более значимой. Она позволяет бизнесу предоставлять клиентам свободу выбора предпочтительного канала общения, будь то телефон, электронная почта, чат, социальные сети или мобильные приложения.

Традиционные подходы к коммуникации, основанные на отдельных и изолированных каналах, могут создавать неудобства для клиентов и снижать эффективность работы бизнеса. Например, клиент, начав общение по телефону, может позже захотеть продолжить его через чат или электронную почту. Омниканальная платформа позволяет клиентам без проблем перемещаться между различными каналами, сохраняя непрерывность и последовательность общения.

Одним из главных преимуществ омниканальности для бизнеса является повышение удовлетворенности клиентов. Они получают возможность взаимодействовать с компанией в соответствии со своими предпочтениями, что создает более положительный опыт обслуживания. Кроме того, омниканальная платформа улучшает эффективность работы бизнеса, позволяя сотрудникам легко отслеживать и управлять всеми коммуникационными каналами с помощью единого интерфейса. Разнообразие каналов коммуникации включает в себя различные способы общения между бизнесом и клиентами.

В целом омниканальная платформа представляет собой инновационный подход к общению бизнеса с клиентами, который повышает удовлетворенность клиентов, улучшает эффективность работы и способствует лучшему пониманию потребностей клиентов. В данной работе мы рассмотрим преимущества омниканальности и технологии, которые позволяют реализовать этот подход в практике бизнеса.

Сегодня существует множество каналов, которые клиенты могут использовать для связи с компаниями, и каждый из них имеет свои особенности и преимущества. Некоторые из наиболее распространенных каналов коммуникации включают:

– телефон. Телефония является одним из наиболее традиционных и широко используемых каналов коммуникации. Клиенты могут звонить в контактные центры или прямо в отделы продаж или поддержки по телефону, чтобы задать вопросы, получить информацию или решить проблемы. Телефон обеспечивает прямое и голосовое взаимодействие между клиентом и представителем компании;

– электронная почта. Электронная почта является популярным каналом коммуникации, который позволяет клиентам отправлять письма или запросы на определенный адрес электронной почты компании. Это удобный способ для клиентов обменяться информацией, задать вопросы или получить консультацию. Коммуникация по электронной почте обычно позволяет сохранять записи и обеспечивает возможность более подробного и продуманного общения;

– социальные сети. Социальные сети стали популярными каналами коммуникации между бизнесом и клиентами. Компании используют социальные сети для публикации новостей, акций, ответов на вопросы клиентов и общения с ними через комментарии, личные сообщения или публичные обсуждения. Социальные сети предоставляют возможность быстрого и широкого распространения информации, а также взаимодействия с клиентами в реальном времени;

– чаты. Чаты, как часть веб-сайта или мобильного приложения, позволяют клиентам общаться с представителями компании в режиме реального времени. Чаты обеспечивают быструю и удобную коммуникацию, позволяя клиентам задавать вопросы, получать помощь и решать проблемы непосредственно через текстовые сообщения. Чаты также могут использоваться для автоматизированных чат-ботов, которые могут предоставлять быстрые ответы на типичные вопросы клиентов.

Это лишь несколько примеров разнообразия каналов коммуникации, доступных для бизнеса и клиентов. Каждый из этих каналов имеет свои особенности и преимущества, и омниканальная платформа позволяет объединить их в единую систему, обеспечивая клиентам свободу выбора и бизнесу более эффективное управление общением с клиентами.

Возможность клиентам свободно перемещаться между различными каналами, сохраняя непрерывность и последовательность общения, представляет собой важную функциональность, которая обеспечивает удобство и гибкость взаимодействия между клиентами и организацией.

Когда клиентам предоставляется возможность перемещаться между различными каналами коммуникации, такими как телефонные звонки, электронная почта, чаты в реальном времени, социальные сети и др., они могут выбирать наиболее удобный и предпочтительный способ связи в каждый конкретный момент времени.

Преимущества такой возможности включают:

– гибкость. Клиенты могут выбирать наиболее удобный канал коммуникации в зависимости от своих предпочтений, уровня срочности вопроса или доступности средств связи. Например, они могут начать общение через чат, а затем перейти на телефонный звонок, сохраняя непрерывность и последовательность диалога;

– персонализация. Каждый клиент имеет свои предпочтения в отношении способа общения. Позволяя им свободно перемещаться между каналами, организация демонстрирует готовность прислушиваться к индивидуальным потребностям клиента и предоставлять персонализированный опыт обслуживания;

– удобство. Клиенты могут выбрать канал, наиболее соответствующий текущей ситуации и окружению. Например, если они находятся в общественном месте, им может быть удобнее использовать текстовое сообщение, чтобы избежать неудобств и сохранить приватность.

В целом возможность клиентов свободно перемещаться между различными каналами, сохраняя непрерывность и последовательность общения, способствует удобству, гибкости и персонализации коммуникации. Это важный аспект, который помогает организациям создавать более удовлетворительный и эффективный опыт обслуживания своих клиентов.

Омниканальная платформа коммуникации предоставляет бизнесу ряд преимуществ. Она позволяет улучшить клиентское обслуживание, обеспечить большую доступность, повысить эффективность работы, получить лучшее понимание клиентов и увеличить их лояльность.

УДК 537.9

И. Ю. ВАЙТЕХОВИЧ, Е. А. ЛЕВЧУК
Минск, БГУ

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ДВУХЭЛЕКТРОННОЙ ВСТРОЕННОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКИ

Массивы квантовых точек (далее – КТ) могут использоваться в самых разных устройствах наноэлектроники, таких как квантовый компьютер, лазеры и др. [1]. Использование квантовых точек требует понимания их электронной структуры. Ограничивающий потенциал КТ может быть создан как неоднородностью полупроводникового материала, так и электрическим полем наноразмерного затвора. В данной работе мы изучаем первый вид двухэлектронной КТ и влияние геометрических параметров точек на их энергии.

Рассмотрим полупроводниковую структуру, состоящую из двух областей S_1 и S_2 из различных материалов. В качестве S_1 рассматривалась сфероидальная область:

$$S_1: \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} < 1.$$

В рамках приближения эффективной массы энергию и волновые функции электронов в такой КТ можно рассчитать из задачи для стационарного уравнения Шрёдингера [2]. Такая двухэлектронная задача примет вид:

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m_i^*} \Delta_1 - \frac{\hbar^2}{2m_j^*} \Delta_2 + V(\vec{r}_1) + V(\vec{r}_2) + \frac{e}{4\pi\epsilon\epsilon_0|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} \right) \Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = E\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2); \quad (1)$$

$$\vec{r}_1 \in S_i, \vec{r}_2 \in S_j; i, j = 1, 2,$$

$$\lim_{|\vec{r}_k| \rightarrow \infty} \Psi = 0, k = 1, 2, \quad (2)$$

$$\Psi|_{\Gamma_k^+} = \Psi|_{\Gamma_k^-}, \frac{1}{m_1^*} \frac{\partial \Psi}{\partial n_k} \Big|_{\Gamma_k^+} = \frac{1}{m_2^*} \frac{\partial \Psi}{\partial n_k} \Big|_{\Gamma_k^-}, k = 1, 2, \quad (3)$$

где $m_i^* (i = 1, 2)$ – эффективная масса электрона в области полупроводника S_i , в общем случае зависящая от энергии E , \vec{r}_k – координаты, соответствующие k -му электрону ($k = 1, 2$), Γ_k – граница раздела областей S_1 и S_2 по k -й координате, $V(\vec{r})$ – потенциал локализации КТ:

$$V(\vec{r}) = \begin{cases} -V_0, \vec{r} \in S_1 \\ 0, \vec{r} \in S_2 \end{cases}$$

Для уменьшения размерности многоэлектронной задачи использовался метод Хартри – Фока [2]. Для его использования представим волновую функцию Ψ следующим образом:

$$\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\varphi_1(\vec{r}_1)\varphi_2(\vec{r}_2) \pm \varphi_1(\vec{r}_2)\varphi_2(\vec{r}_1)).$$

Соответствующие уравнения Хартри – Фока в безразмерной форме примут вид:

$$(\hat{h}_1 + J_2)\varphi_1 - K_2\varphi_2 = \varepsilon_1\varphi_1 \quad (4)$$

$$(\hat{h}_2 + J_1)\varphi_2 - K_1\varphi_1 = \varepsilon_2\varphi_2 \quad (5)$$

где

$$J_p = \int \varphi_p(\vec{r}_p) \frac{1}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} \varphi_p(\vec{r}_p) d\vec{r}_p, p = 1, 2,$$

$$K_p = \int \varphi_p(\vec{r}_p) \frac{1}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} \varphi_{p\pm 1}(\vec{r}_{p\pm 1}) d\vec{r}_p, p = 1, 2,$$

$$\hat{h}_i = -\alpha\Delta_i + V(\vec{r}_i), i = 1, 2,$$

$$\alpha = \begin{cases} \frac{m_2^*}{m_1^*}, \vec{r}_i \in S_1. \\ 1, \vec{r}_i \in S_2 \end{cases}$$

Интегрирование в операторах ведется по всему пространству.

Уравнения (4)–(5) решались с помощью метода конечных разностей [3]. Для сферически симметричной КТ использовалась сетка

$$\omega_h = \{r_j = j \cdot h, h = \frac{L}{N}, j = \overline{0, N}\}, \varphi_i^j = \varphi_i(r_j), V_i = V(r_i),$$

где $r \in [0, L]$ – область задания уравнения Шрёдингера в сферических координатах. Тогда операторы в уравнениях (4)–(5) будут аппроксимироваться выражениями:

$$J_1^i * \varphi_2^i \approx \sum_{j=1}^N h \varphi_1^j \varphi_1^j \frac{r_i r_j}{|r_j + r_i| - |r_j - r_i|} 4\pi r_j^2 * \varphi_2^i,$$

$$J_2^i * \varphi_1^i \approx \sum_{j=1}^N h \varphi_2^j \varphi_2^j \frac{r_i r_j}{|r_j + r_i| - |r_j - r_i|} 4\pi r_j^2 * \varphi_1^i,$$

$$K_1^i * \varphi_1^i \approx \sum_{j=1}^N h \varphi_1^j \varphi_2^j \frac{r_i r_j}{|r_j + r_i| - |r_j - r_i|} 4\pi r_j^2 * \varphi_1^i,$$

$$K_2^i * \varphi_2^i \approx \sum_{j=1}^N h \varphi_2^j \varphi_1^j \frac{r_i r_j}{|r_j + r_i| - |r_j - r_i|} 4\pi r_j^2 * \varphi_2^i,$$

$$\hat{h}_i \approx -\alpha \left(\frac{\varphi_i^{j+1} - 2\varphi_i^j + \varphi_i^{j-1}}{h^2} + \frac{2}{ih} \frac{\varphi_i^{j+1} - \varphi_i^{j-1}}{2h} \right) + V_i \varphi_i^j, i = 1, 2; j = \overline{1, N-1}.$$

Аналогичные выражения были получены и для цилиндрически симметричной (сфероидальной) КТ.

Уравнения (4)–(5) решались с помощью итерационного процесса с нулевым начальным приближением. При этом, чтобы на каждой итерации получить задачу на собственные значения, в выражении $K_2\varphi_2$ в качестве φ_2 использовалось значение на предыдущей итерации, а неизвестным являлось φ_1 , входящее в интеграл. Аналогично и для $K_1\varphi_1$.

Полученные значения энергии двухэлектронной квантовой точки сравнивались с соответствующими значениями для одноэлектронной КТ, также рассчитанными

с помощью метода конечных разностей. Было показано, что диапазон размеров КТ, значительно влияющих на энергии, для двухэлектронной системы больший, чем для одноэлектронной. Так, для $V_0 = 1$ с увеличением радиуса R одноэлектронной КТ с 6 до 10 энергия изменяется в пределах 10 % и асимптотически стремится к значению $-V_0$. Для двухэлектронной системы, как видно из рисунка, при тех же значениях R абсолютное значение энергии увеличивается в 2 раза. Это объяснимо большей областью локализации волновой функции в двухэлектронной системе.

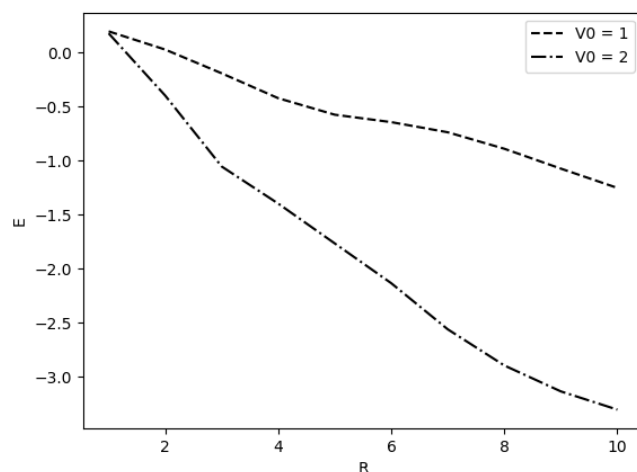


Рисунок – Зависимость энергии основного триплетного состояния от радиуса КТ (R) при разных глубинах ямы (V_0)

Таким образом, в данной работе был построен и реализован метод Хартри – Фока на основе метода конечных разностей для расчета двухэлектронных состояний сферической КТ. Были получены зависимости энергии квантовой точки от параметров КТ: размеров, глубины потенциальной ямы, соотношения эффективных масс. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании электронных приборов на основе КТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Wu, J. Quantum dot optoelectronic devices: lasers, photodetectors and solar cells / J. Wu [et al.] // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2015. – Vol. 48. – P. 363001.
2. Fujito, M. Many-electron ground states in anisotropic parabolic quantum dots / M. Fujito, A. Natori, H. Yasunaga // Physical Review B. – 1996. – Vol. 53, № 15. – P. 9952–9958.
3. Самарский, А. А. Введение в теорию разностных схем / А. А. Самарский. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1971. – 533 с.

УДК 004.93'12

А. С. ЖИТКО

Гомель, ГГТУ имени П. О. Сухого

Научный руководитель – К. С. Курочка, канд. техн. наук, доцент

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР YOLOV8 В КОНТЕКСТЕ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КЛАССА CHLORELLA НА БИОИЗОБРАЖЕНИЯХ

Машинное обучение является ключевой технологией в области искусственного интеллекта. С распространением технологий машинного обучения в определенных областях выросла потребность в автоматизации специализированных задач, которые обычно требуют участия человека. В последние годы подобные технологии стали широко использоваться в биологии и медицине для анализа и обработки данных микроскопических изображений.

Анализ данных является одной из главных проблем при оценке изображений отдельных клеток. Обычно для этого требуется участие человека, что ограничивает как точность, так и скорость анализа. Задача идентификации клеток требует постоянного внимания высококвалифицированных сотрудников, что, бесспорно, дает наиболее точные результаты, но является неэффективным и трудоемким решением, которое существенно замедляет ход исследований, особенно если речь идет о работе с большим объемом данных.

Применение методов машинного обучения для обработки данных микроскопических изображений значительно снижает время, необходимое для анализа, демонстрируя при этом высокую точность результатов. Автоматизация анализа биоизображений предоставляет медикам и биологам более эффективные средства, которые могут быть использованы для диагностики заболеваний, мониторинга изменений в тканях и органах, изучения механизмов действия лекарственных препаратов, а также изучения структуры и функционирования биологических систем в целом.

YOLO (You Only Look Once) – один из самых популярных алгоритмов машинного обучения для определения объектов на изображениях. Он основан на сверточной нейронной сети, которая выполняет классификацию и локализацию объектов за один проход. Основная идея YOLO заключается в том, чтобы разбить изображение на сетку ячеек и каждой ячейке назначить ответственность за детекцию объектов, находящихся внутри этой ячейки [1]. Каждая ячейка отвечает за предсказание нескольких рамок, которые содержат объекты, а также за вероятность наличия объекта внутри этих рамок. Таким образом, для каждого объекта получается несколько предсказаний, и выбирается та рамка, которая имеет наибольшую вероятность. Алгоритм YOLO использует многоканальную карту признаков для локализации объекта.

В отличие от других алгоритмов YOLO работает с изображениями в режиме реального времени и может обрабатывать до 60 кадров в секунду. Кроме того, он может работать с изображениями разных размеров и форматов, что делает его универсальным инструментом для сегментации изображений.

В рамках исследования было собрано и размечено 400 изображений, содержащих в совокупности более 10 тыс. объектов класса Chlorella. Для формирования обучающего, тестового и валидационного наборов изображений был применен метод случайного разделения. Таким образом, были сформированы обучающие, тестовые и валидационные

наборы, каждый из которых содержал как изображения, так и соответствующие им разметки объектов класса *Chlorella*.

Для выполнения сравнительного анализа архитектур YOLOv8 в контексте задачи обнаружения объектов класса *Chlorella* на биоизображениях был выбран фреймворк Ultralytics [2]. Этот выбор обусловлен его широкой популярностью и поддержкой современных архитектур нейронных сетей.

Для проведения тестирования были выбраны две архитектуры: YOLOv8s и YOLOv8x. Основные различия между моделями YOLOv8s и YOLOv8x связаны с количеством параметров и размером модели. YOLOv8x имеет более высокую точность и большее количество параметров, что позволяет ей более точно обнаруживать объекты. YOLOv8s является более легкой моделью с более быстрым временем обработки изображений.

Обе модели обучались на одних и тех же данных, используя одинаковые процедуры предварительной обработки и аугментации данных. Обучение проводилось на одной и той же аппаратной конфигурации. Это обеспечило объективное сравнение между ними и позволило выявить их особенности и преимущества в контексте задачи обнаружения объектов класса *Chlorella* на биоизображениях.

Результат работы одной из разработанных моделей представлен на рисунке 1. На нем отображается результат отрисовки границ найденных объектов, количество объектов класса, найденных на изображении, и скорость обработки изображения.

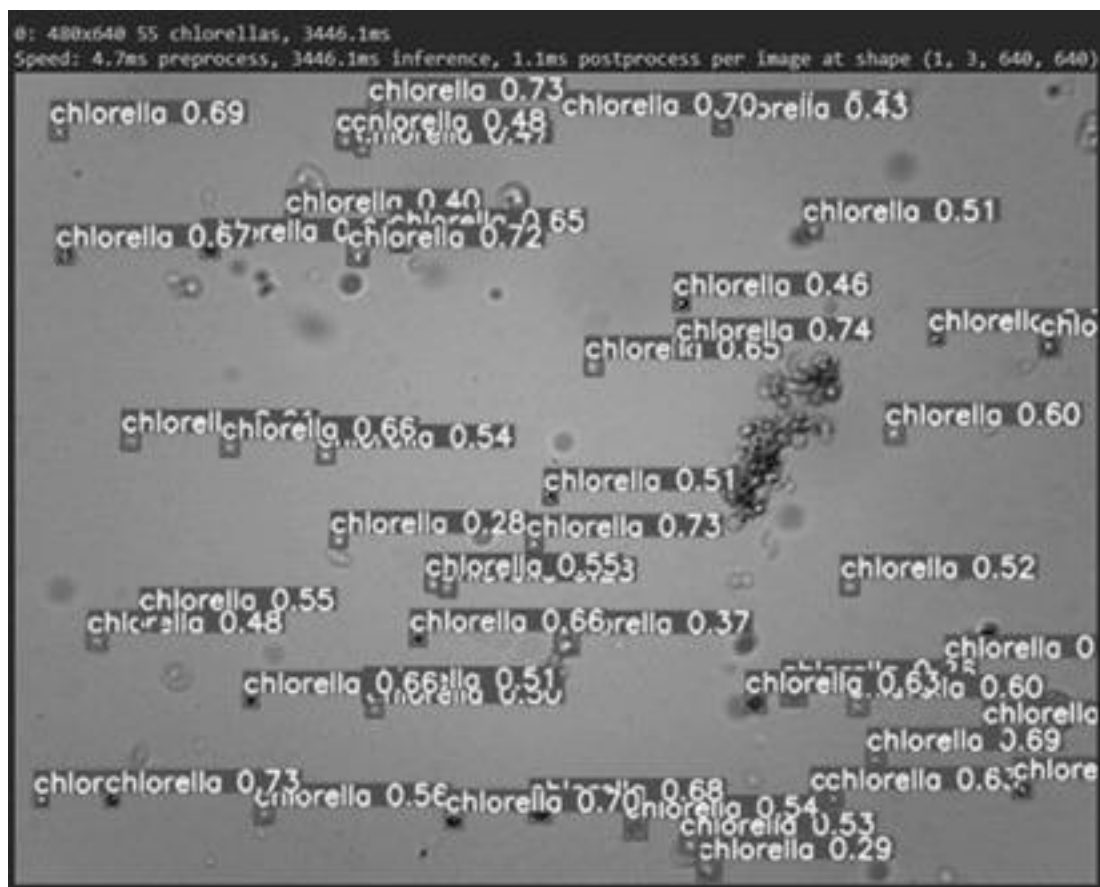


Рисунок 1 – Результат работы модели YOLOv8x

Для качественного сравнения моделей YOLOv8s и YOLOv8x проводится анализ метрик на одних и тех же тестовых данных (рисунки 2, 3). Для проведения анализа качества моделей YOLOv8s и YOLOv8x используются метрики, которые позволяют оценить точность и полноту моделей.

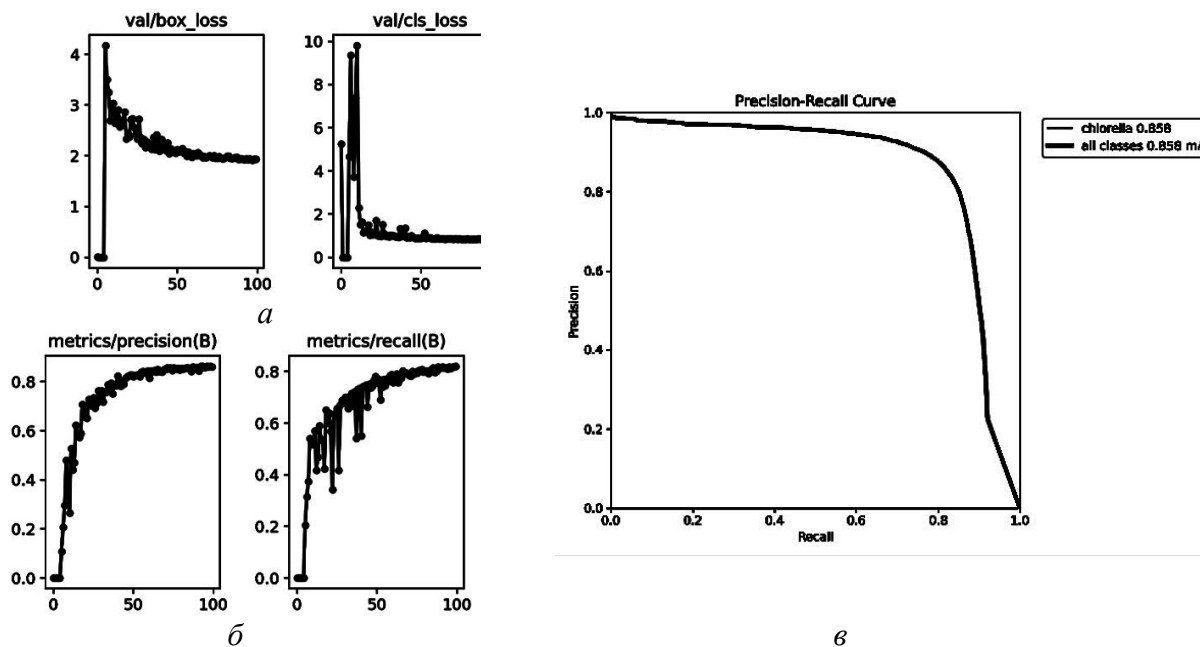


Рисунок 2 – Метрики модели YOLOv8s: *a* – значения функций потерь; *б* – значения метрик precision и recall; *в* – кривая Precision-Recall

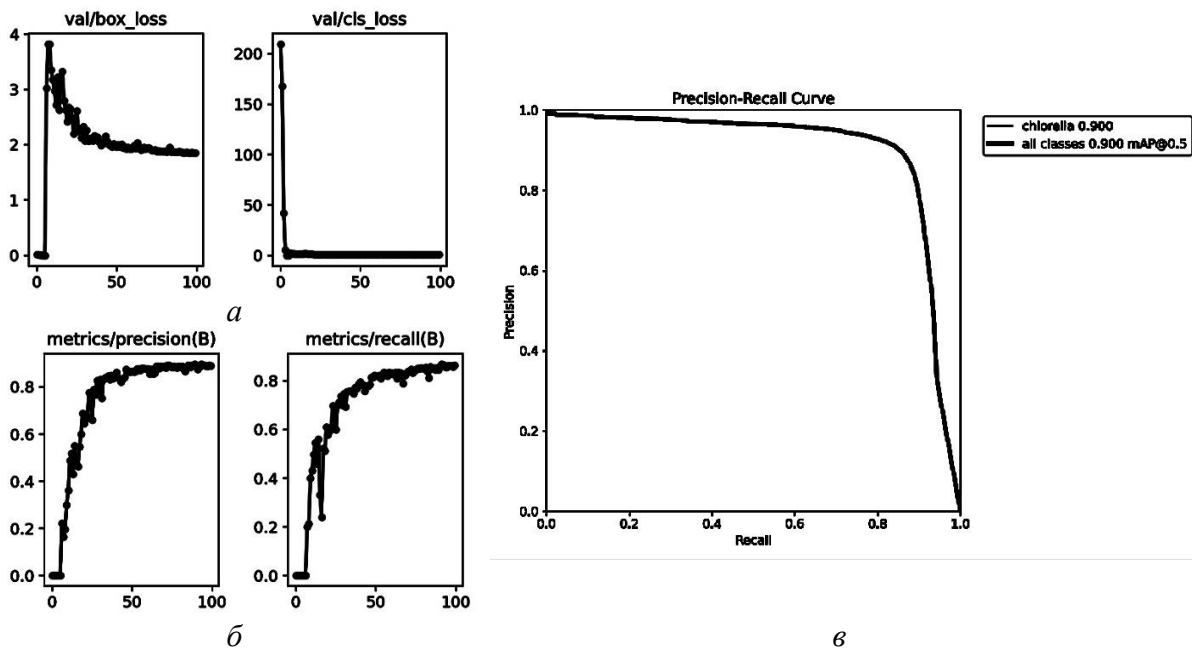


Рисунок 3 – Метрики модели YOLOv8x: *a* – значения функций потерь; *б* – значения метрик precision и recall; *в* – кривая Precision-Recall

По всем перечисленным метрикам модель YOLOv8x стабильно демонстрирует более высокие значения по сравнению с моделью YOLOv8s. Разница между значениями метрик двух моделей не является очень большой, однако она может быть значима для конкретной задачи и требований к качеству.

Еще одной важной метрикой, которая может быть интересна при выборе модели для решения конкретной задачи, является время обработки изображений. Для модели YOLOv8s время обработки изображения на GPU составляет около 120 миллисекунд (рисунок 4), для модели YOLOv8x то же изображение обрабатывается около 3319 миллисекунд (рисунок 5).

```
0: 480x640 44 chlorellas, 122.7ms
Speed: 9.8ms preprocess, 122.7ms inference, 1.2ms postprocess per image at shape (1, 3, 640, 640)
```

Рисунок 4 – Время обработки изображения моделью YOLOv8s

```
0: 480x640 47 chlorellas, 3319.1ms
Speed: 4.6ms preprocess, 3319.1ms inference, 1.1ms postprocess per image at shape (1, 3, 640, 640)
```

Рисунок 5 – Время обработки изображения моделью YOLOv8x

Важно отметить, что время обработки изображений зависит от конкретной системы и используемого оборудования, поэтому необходимо учитывать этот фактор при выборе модели для конкретной задачи. Однако в целом можно сделать вывод, что модель YOLOv8s обладает более быстрой скоростью обработки изображений по сравнению с моделью YOLOv8x. Этот фактор может оказаться критически важным при работе с большими объемами данных.

Из результатов анализа качества моделей YOLOv8s и YOLOv8x можно сделать вывод, что обе модели имеют хорошее качество определения объектов класса *Chlorella* на изображениях. Выбор конкретной модели зависит от требований к скорости обработки изображений и качества определения объектов. Если скорость обработки является важным фактором, то лучше выбрать модель YOLOv8s, которая обрабатывает изображения в разы быстрее, чем модель YOLOv8x. Если же качество определения объектов имеет большее значение, то лучше выбрать модель YOLOv8x, которая имеет более высокие показатели метрик, но при этом обрабатывает изображения медленнее.

Таким образом, использование фреймворка Ultralytics и архитектур YOLOv8 позволило создать хорошо работающие модели для определения объектов класса *Chlorella* на микроскопических изображениях. Эти модели обеспечивают высокую точность и быструю обработку изображений, что делает их эффективным инструментом для научных исследований в области биологии и экологии. Их применение может значительно упростить процесс анализа биоизображений и способствовать выявлению и изучению объектов класса *Chlorella* в различных средах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1506.02640v5.pdf>. – Date of access: 02.05.2023.
2. Ultralytics [Electronic resource]. – Mode of access: <https://github.com/ultralytics>. – Date of access: 02.05.2023.

УДК 621.372.512

В. О. ИСАЕВ, М. А. ЯНЦЕВИЧ

Минск, ВАРБ

ПОРЯДОК ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ СИНТЕЗА СОГЛАСУЮЩИХ ЦЕПЕЙ «ПРОМЕТЕЙ»

Общие сведения. Программа «Прометей» предназначена для синтеза реактивных четырехполюсников, обеспечивающих требуемый уровень коэффициента передачи мощности (далее – КПМ) в рабочем диапазоне частот, согласующих произвольные иммитансы источника сигнала и нагрузки в сосредоточенном элементном базисе, при этом синтезированные элементы широкополосного согласующего устройства (далее – ШСУ) приводятся под ряд номиналов E24, E48, E96.

«Прометей» представляет собой отдельный программный продукт, разработанный в среде быстрой разработки приложений «*Embarcadero RAD Studio*» на языке C++.

В данной программе пользователь имеет возможность:

- наблюдать за характеристикой комплексного сопротивления нагрузки как по входу, так и по выходу, при этом контролируя уровень КПМ и фазочастотную характеристику (далее – ФЧХ) в рабочем диапазоне частот;
- изменять вид функции вещественной составляющей функции сопротивления за счет внедрения заданного количества нулей передачи в нуле, в бесконечности и на фиксированных частотах, тем самым изменять структуру ШСУ;
- изменять требуемый КПМ, реализуемый ШСУ;
- синтезировать ШСУ по различным критериям синтеза (уровень КПМ, линейность ФЧХ, а также обеспечение минимальной чувствительности согласующей цепи (далее – СЦ));
- решать задачу синтеза как в одном диапазоне частот, так и в нескольких диапазонах;
- наблюдать за поведением синтезированной функции сопротивления ШСУ на комплексной плоскости;
- наблюдать и контролировать влияние отклонения номиналов элементов синтезированной ШСУ на уровень КПМ;
- наблюдать, кроме уровня КПМ, ФЧХ, уровень коэффициента стоячей волны (далее – КСВ) в рабочем диапазоне частот.

Результаты синтеза ШСУ представляются в виде рисунка синтезированной схемы и рассчитанных значений элементов схемы, а также реализуемой этой схемой характеристики передачи мощности. Также имеется возможность осуществлять просмотр уровня КПМ с синтезированным ШСУ и без него.

Описание и порядок пользования. Программа «Прометей» может запускаться путем двойного нажатия на соответствующем имени файла Prometei.exe. На рисунке 1, а показано главное окно программы, где указано расположение задаваемых параметров для синтеза ШСУ, отображаемые характеристики и контекстное меню, в котором указываются дополнительные установки и дополнительно отображаемая информация.

Перед началом работы с программой необходимо загрузить значения импеданса источника сигнала и комплексной нагрузки на дискретном ряде частот, представленные в виде таблицы (рисунок 1, б).

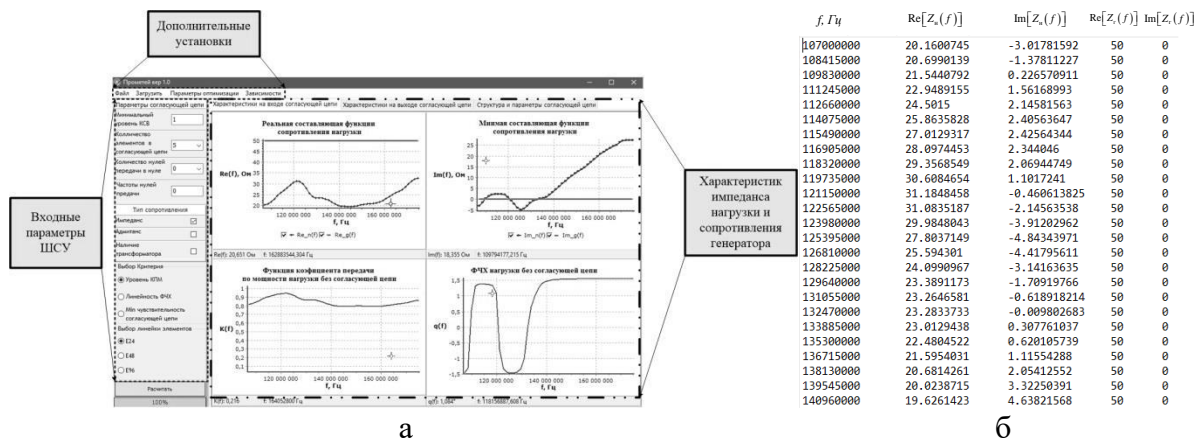


Рисунок 1 – Внешний вид программы «Прометей» (а) и формат текстового файла исходных данных (б)

После загрузки данных в главном окне программы необходимо задать:

- параметры ШСУ (количество элементов, уровень КПМ и вид вещественной части функции сопротивления СЦ);
- тип сопротивления ШСУ (импеданс, адмитанс), а также наличие трансформатора в ШСУ или его отсутствие;
- критерий синтеза и к какому ряду номиналов будут приводиться синтезируемые элементы ШСУ.

После этого необходимо нажать на кнопку «Рассчитать». Если пользователя интересует не весь диапазон частот, загруженный из таблицы, то, перейдя во вкладку «Параметры оптимизации», он может выставить интересующий его диапазон (рисунок 2, а) или ряд диапазонов (рисунок 2, б).

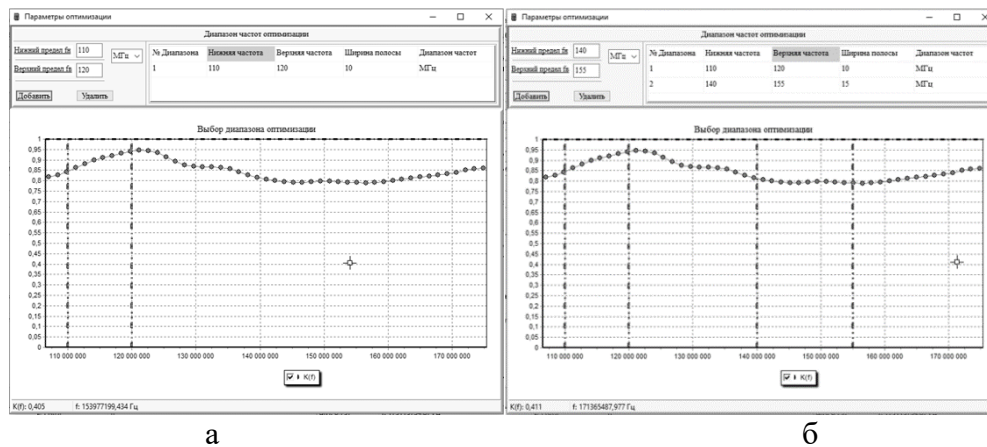


Рисунок 2 – Выбор диапазона частот: а) один диапазон; б) два диапазона

По нажатии кнопки «Рассчитать» выполняется расчет значения параметров ШСУ, при которых обеспечивается выполнение заданного критерия синтеза. По окончании расчетов в программном продукте отображаются итоговые значения реальной и мнимой составляющей импеданса нагрузки, а также функция КПМ и ФЧХ в заданном диапазоне частот (рисунок 3, а).

Полученные значения элементов сопоставляются с рядом номиналов, выбранных пользователем, и отображаются в виде структуры ШСУ со значениями элементов СЦ (рисунок 3, б). Дополнительно отображается зависимость функции КПМ ШСУ до этапа синтеза элементов ШСУ и после, для оценки расхождения полученных результатов.

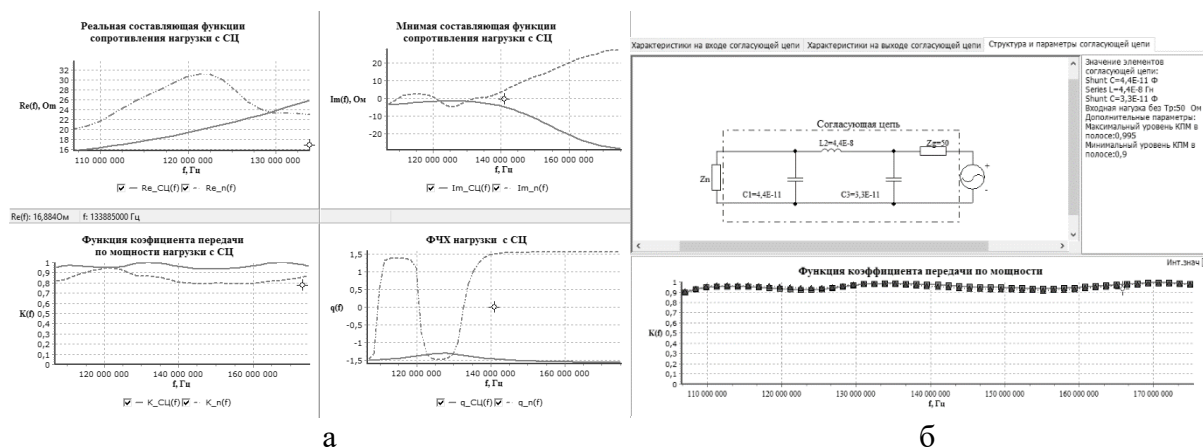


Рисунок 3 – Результаты математического моделирования (а) и синтеза ШСУ с элементами СЦ, приведенные под ряд номиналов (б)

Для понимания физических процессов при синтезе ШСУ в программе предусмотрены дополнительные возможности:

- отображение синтезированной функции ШСУ на комплексной плоскости (рисунок 4, а);
- отображение нулей и полюсов функции сопротивления ШСУ на комплексной плоскости (рисунок 4, а);
- отображение значения КСВ без синтезированного ШСУ и с ним (рисунок 4, б).

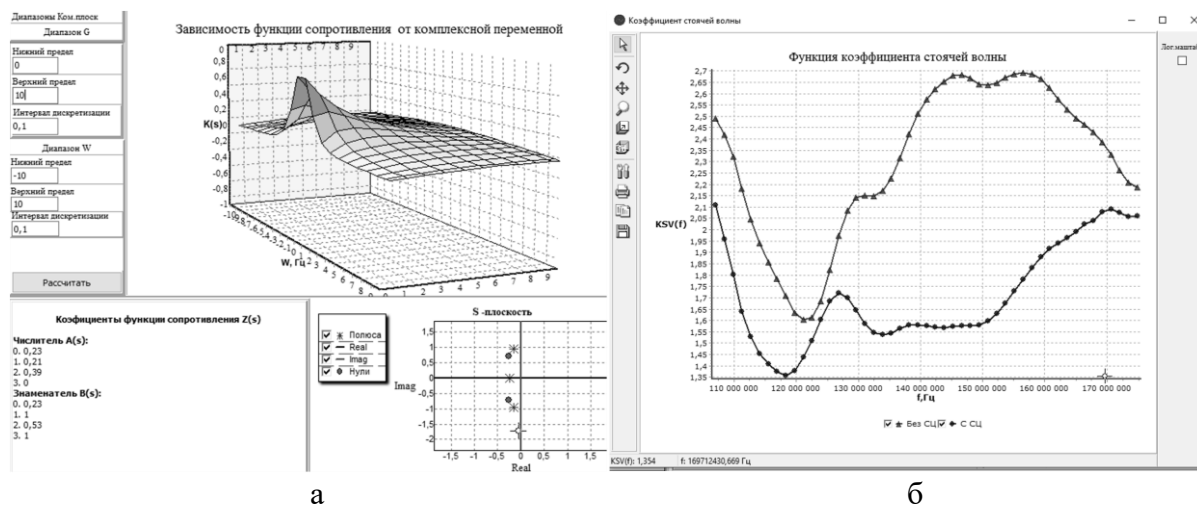


Рисунок 4 – Подпрограмма отображения функции сопротивления ШСУ на комплексной плоскости (а) и зависимость КСВ от частоты с синтезированным ШСУ и без его (б)

При этом пользователь может задавать дискретизацию и диапазон отображения функции сопротивления ШСУ на комплексной плоскости.

В целях учета влияния отклонения элементов ШСУ на уровень КПМ и ФЧХ в программе предусмотрена возможность оценки влияния как одного, так и группы элементов ШСУ в диапазоне отклонения $\pm 2-10\%$ от номинального значения (рисунок 5).

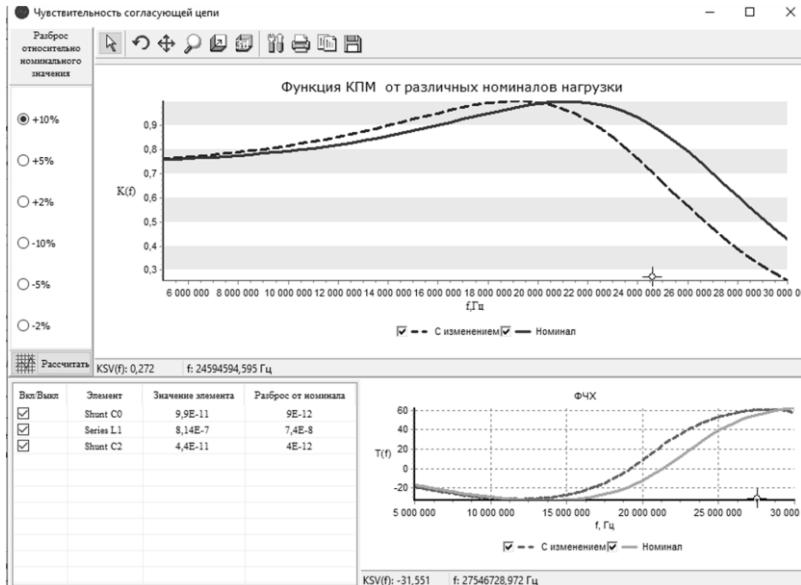


Рисунок 5 – Окно подпрограммы для оценки влияния отклонения элементов ШСУ от номинального значения на уровень КПМ и ФЧХ

Дополнительно для оценки влияния отклонения предусмотрена функция, отображающая зависимость функции КПМ в коридоре возможных значений, границы которого определяются влиянием элементов ШСУ. Для активации данной функции необходимо нажать на галочку «Инт.знач» (рисунок 6).



Рисунок 6 – Окно подпрограммы для анализа алгоритмов распознавания

Необходимо отметить, что в тех случаях, когда невозможно получить желаемый результат, пользователю необходимо изменить входные параметры для достижения оптимального результата.

Таким образом, в работе представлен порядок использования разработанной программы автоматизированного синтеза СЦ, позволяющей синтезировать широкополосные СЦ, обеспечивающие требуемый уровень передачи при допустимых отклонениях импеданса нагрузки на основе метода вещественных частот.

УДК 378.147

М. А. КОРНИЛЮК

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Д. А. Петрукович, канд. пед. наук, доцент

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ЦИФРОВИЗАЦИИ

Под информационным обществом понимается общество, в котором большинство рабочих занято в сфере информационных и коммуникационных технологий, а информация и знания становятся основными ресурсами [1]. Информатизация и цифровизация играют ключевую роль в современном обществе, оказывая значительное влияние на различные сферы жизни. Эти процессы имеют свои преимущества и недостатки, которые стоит рассмотреть более детально. Важно анализировать как позитивные, так и негативные стороны информатизации и цифровизации, чтобы находить баланс между использованием современных технологий и защитой личных данных и безопасности. Преимущества информатизации и цифровизации:

1. Повышение эффективности и производительности. Использование цифровых технологий может упростить выполнение задач, ускорить процессы и повысить общую эффективность работы. Например, использование автоматизированных систем или искусственного интеллекта может заменить ручной труд, увеличивая производительность и сокращая время на выполнение задач.

2. Улучшение доступа к информации. Информационные технологии упрощают и ускоряют доступ к информации. С помощью интернета и цифровых устройств люди могут получить доступ к огромным объемам данных и знаний в любой точке мира. Это улучшает качество обучения, принятия решений и способствует инновациям.

3. Снижение затрат. Цифровые технологии позволяют сократить расходы на производство, хранение и распространение информации. Например, электронные документы и электронные платежи снижают затраты на печать, почтовые услуги и обработку платежей.

4. Улучшение качества образования. Цифровые технологии позволяют создавать интерактивные образовательные материалы, улучшая процесс обучения и делая его более доступным.

В период цифровизации улучшение качества образования становится особенно важным. Рассмотрим несколько способов, как цифровые технологии могут помочь улучшить образование:

– Интерактивные образовательные материалы. Цифровые технологии позволяют создавать интерактивные образовательные материалы, которые делают учебный процесс более увлекательным и доступным для учащихся всех уровней.

– Дистанционное обучение. Цифровизация позволяет проводить обучение онлайн, что значительно расширяет доступ к образованию для людей, находящихся в отдаленных районах или имеющих ограниченные возможности посещения учебных заведений.

– Персонализированное обучение. С использованием цифровых технологий можно создавать индивидуальные образовательные планы для каждого ученика, учитывая его потребности, способности и темп обучения.

– Онлайн-ресурсы и платформы. Существует множество онлайн-ресурсов и платформ, предоставляющих образовательные материалы, курсы и учебные задания, что помогает учащимся дополнительно изучать материалы и развиваться.

– Оценка и обратная связь. Цифровые технологии позволяют автоматизировать процесс оценки работы учеников и предоставления обратной связи, что помогает учителям и учащимся лучше оценивать прогресс и достигать поставленных целей.

– Развитие навыков будущего. Цифровизация помогает учащимся развивать навыки работы с технологиями, информационной грамотности и критического мышления, что важно для успешной адаптации к быстро меняющемуся миру.

5. Увеличение уровня безопасности. Цифровые системы могут обеспечить более надежную защиту данных, а также помочь в предотвращении киберугроз.

6. Создание новых возможностей для бизнеса. Информатизация помогает современным компаниям улучшать свои процессы, расширять аудиторию и совершенствовать обслуживание клиентов.

Наряду с множеством преимуществ информатизация и цифровизация сопряжены и с некоторыми недостатками:

1. Кибербезопасность. Обеспечение цифровой безопасности и предотвращение возможных угроз является актуальной задачей для глобального информационного общества [2, с. 10]. Повышенные угрозы кибербезопасности, такие как хакерские атаки, вирусы и кибершпионаж, могут привести к утечке конфиденциальных данных и нарушению частной жизни.

2. Неравенство доступа. Стоимость компьютеров, интернет-соединения и программного обеспечения может быть непосильной для семей с низким уровнем дохода, что ограничивает доступ к образовательным возможностям, основанным на цифровых технологиях.

3. Зависимость от технологий. Чрезмерная зависимость от технологий может привести к утрате навыков общения лицом к лицу, а также снизить продуктивность из-за постоянного отвлечения.

4. Угроза потери рабочих мест. Для смягчения угрозы потери рабочих мест в период цифровизации важно проводить обучение и переподготовку работников, разрабатывать стратегии по сохранению рабочих мест и созданию новых возможностей трудоустройства в цифровой экономике. Также важно обеспечить социальную поддержку для работников, столкнувшихся с потерей рабочих мест из-за цифровизации.

Рассмотрим подробнее несколько аспектов, которые могут привести к потере рабочих мест в результате цифровизации:

– Автоматизация. Внедрение цифровых технологий, таких как искусственный интеллект, робототехника и автоматизация процессов, может привести к замене человеческого труда на машины и программы. Это может привести к потере рабочих мест в отраслях, где работа выполняется рутинно и повторяющиеся задачи могут быть легко автоматизированы.

– Изменение требований к навыкам. Цифровизация требует новых навыков и знаний, что может оставить без работы тех, у кого нет возможности обучиться этим навыкам или переквалифицироваться. Работники, чьи профессии становятся устаревшими из-за цифровизации, могут столкнуться с проблемой поиска нового места работы.

– Уменьшение спроса на определенные профессии: Некоторые профессии могут перестать быть востребованными из-за изменений в бизнес-моделях, технологических инноваций или изменения потребностей рынка. Это может привести к сокращению рабочих мест в определенных отраслях.

– Глобализация: Цифровизация может также способствовать глобализации экономики, что может привести к перемещению рабочих мест в страны с более низкими затратами на рабочую силу или более развитой цифровой инфраструктурой.

5. Проблемы конфиденциальности. Сбор и хранение больших объемов данных могут вызвать опасения в отношении конфиденциальности и использования личной информации без согласия.

6. Технологическая безграмотность. Появление и развитие информационных технологий является основным фактором формирования информационного общества [1]. Некоторые люди могут испытывать трудности при использовании новых технологий из-за недостаточной подготовки или возрастных ограничений. Для преодоления технологической безграмотности важно проводить обучение и повышение осведомленности среди населения, особенно среди более уязвимых групп. Государственные и частные организации могут предоставлять программы обучения по основам работы с цифровыми технологиями, чтобы помочь людям адаптироваться к цифровой экономике и снизить риск технологической безграмотности.

7. Затраты. Затраты в период цифровизации могут быть значительными и включать в себя несколько аспектов:

– Обучение персонала. Важным аспектом цифровизации является обучение сотрудников новым цифровым навыкам и технологиям. Это может потребовать дополнительных затрат на обучающие программы, тренинги и консультации специалистов.

– Замена устаревших систем. Цифровизация может потребовать замены устаревших систем и обновления оборудования для обеспечения совместимости с новыми технологиями.

– Кибербезопасность. С увеличением цифровизации возрастает риск кибератак и утечек данных. Поэтому компании должны инвестировать в кибербезопасность, что также является дополнительными затратами.

– Изменение бизнес-моделей. Цифровизация может потребовать изменения бизнес-моделей компаний, что также может потребовать дополнительных затрат на анализ, планирование и внедрение новых стратегий.

Таким образом, несмотря на недостатки, цифровизация и информатизация играют важную роль в современном мире, улучшая жизнь людей, оптимизируя бизнес-процессы и способствуя инновациям. Однако для максимального использования преимуществ цифровых технологий необходимо активно решать возникающие проблемы и предотвращать потенциальные негативные последствия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вершинская, О. Н. Существующие модели построения информационного общества / О. Н. Вершинская // Информ. о-во. – 1999. – Вып. 3. – С. 53–58.

2. Чернов, А. А. Становление глобального информационного общества: проблемы и перспективы / А. А. Чернов. – М. : Дашков и К, 2003. – 232 с.

УДК 620.17:669.76

О. А. КОТОВИЧ

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – А. В. Демидчик, канд. физ.-мат. наук, доцент

**ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ СЕРОЙ
НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНУЮ ТЕРМОЭДС**

Исследование электрических свойств сплавов висмут-сурьма является актуальным ввиду их применения в электронике [1; 2]. Целью данного исследования является изучение влияния легирования третьим компонентом на дифференциальную термоЭДС фольг из сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$. Основой состава был выбран $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, фольги были получены методом сверхбыстрого охлаждения из расплава (скорость застывания жидкой фазы составляет около 10^6 К/с). Висмут, сурьма являются элементами V группы. Третьим компонентом была выбрана сера – химический элемент VI группы.

Температурная зависимость дифференциальной термоЭДС (обозначение α) с различной концентрацией серы представлена на рисунке 1. Как видно из данного рисунка, с ростом температуры величина дифференциальной термоЭДС уменьшается.

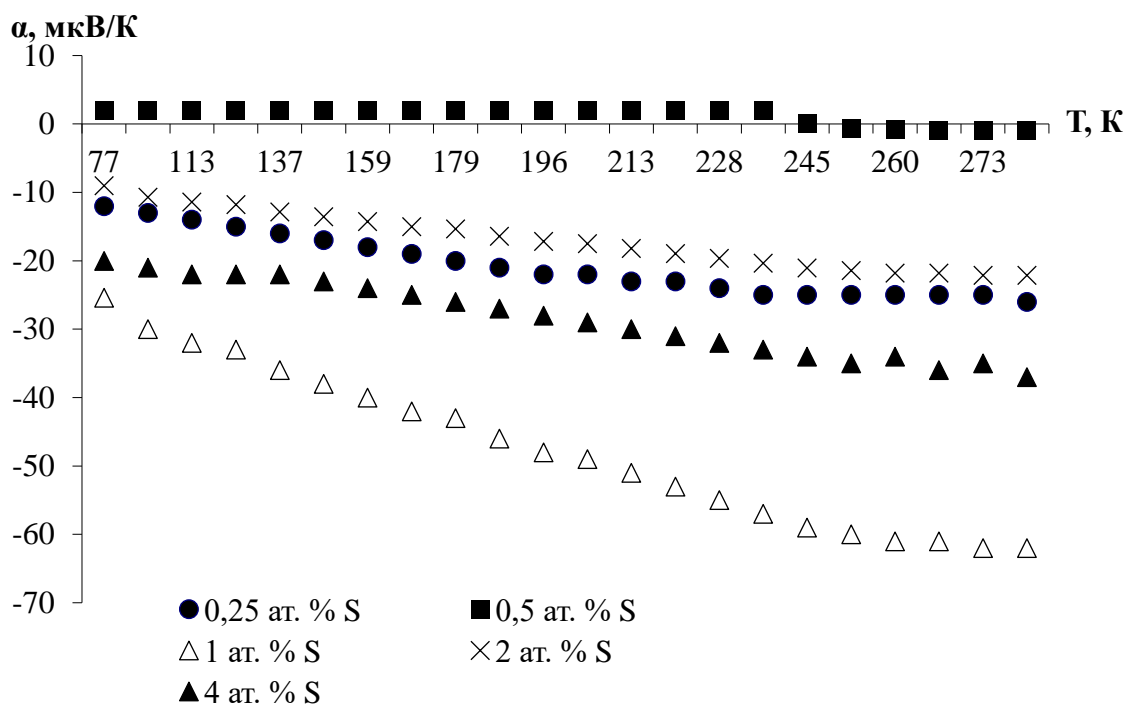


Рисунок 1 – Температурная зависимость дифференциальной термоЭДС сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ с различной концентрацией серы

Зависимость дифференциальной термоЭДС (обозначение α) от концентрации серы при температуре жидкого азота представлена на рисунке 2. Как видно из данного рисунка, при температуре жидкого азота величина дифференциальной термоЭДС в зависимости от концентрации серы может принимать значения как меньше нуля, так и больше нуля при концентрации серы от 0,25 ат. % до 4 ат. %.

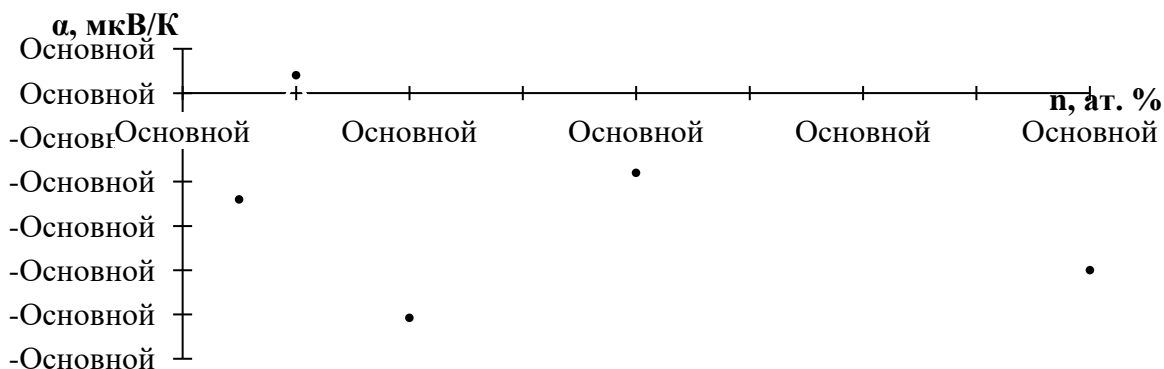


Рисунок 2 – Зависимость дифференциальной термоЭДС сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ от концентрации серы при 77 К

На рисунке 3 представлена зависимость дифференциальной термоЭДС (обозначение α) от концентрации серы при комнатной температуре. Как видно из данного рисунка, при комнатной температуре дифференциальная термоЭДС в зависимости от концентрации серы принимает только отрицательные значения при концентрации серы от 0,25 ат. % до 4 ат. %.

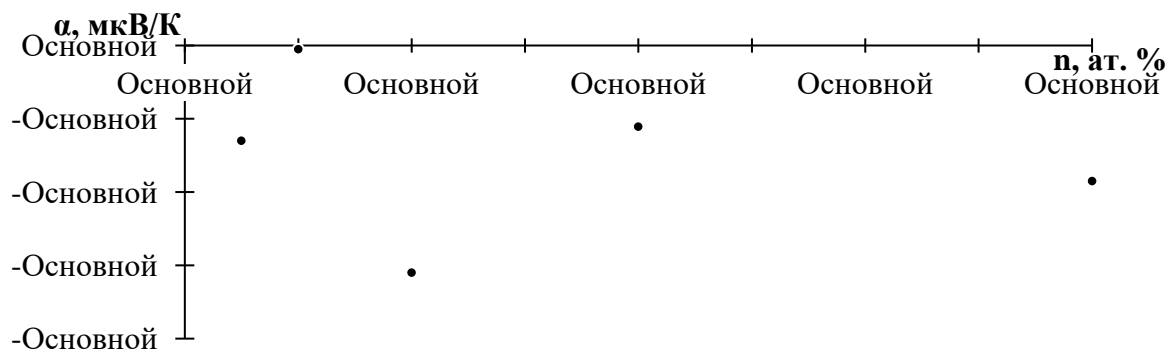


Рисунок 3 – Зависимость дифференциальной термоЭДС сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ от концентрации серы при 280 К

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демидчик, А. В. Влияние легирования сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ элементами III и IV группы периодической системы на удельное сопротивление / А. В. Демидчик // Менделеевские чтения – 2022 : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 25 февр. 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Э. А. Тур, Е. Г. Артемук (отв. ред.), Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 30–32.

2. Демидчик, А. В. Температурная зависимость удельного сопротивления фольг сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного Ge и Sn / А. В. Демидчик // Актуальные вопросы общей и теоретической физики, физики конденсированных сред и астрофизики : сб. материалов регион. науч.-практ. семинара, посвящ. 70-летию со дня рождения А. Ф. Ревинского, Брест, 12–13 апр. 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. В. Демидчика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 26–27.

УДК 517.968

И. О. МИЩУК

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Ю. М. Вувуникян, д-р физ.-мат. наук, профессор

**МЕТОД БЕРНУЛЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Для моделирования и описания процессов в различных областях науки и техники используются интегро-дифференциальные уравнения. Первые задачи, в которых появляются интегро-дифференциальные уравнения, возникают еще в XVIII–XIX вв. Яркие примеры – задача Проктора о равновесии упругой балки, задача Вольтера о крутильных колебаниях, задача Прандтля о расчете крыла самолета. Стремительное развитие технологий и науки повышает актуальность и расширяет области применения интегро-дифференциальных уравнений. Интегро-дифференциальные уравнения наиболее востребованы в таких сферах науки, как ядерная энергетика и физика, биология, экономика, химия, а также медицина. Применяются эти уравнения для построения моделей и описания процессов моделирования. С развитием компьютерных технологий и скачком технологического развития появилось такое направление, как разработка нейросетей, в результате чего интегро-дифференциальные уравнения начали использоваться и в программировании нейронов нейросети.

Уравнение, заключающее в себе неизвестную функцию не только под знаком интеграла, а также и под знаком дифференциала или производной, получило название интегро-дифференциального уравнения. Простейшим примером интегро-дифференциального уравнения является:

$$y'(x) = \int_0^1 y(x) dx + y(x). \quad (1)$$

Для решения многих дифференциальных уравнений используется хорошо известный метод Бернулли. Но с помощью данного метода можно решить не только дифференциальное уравнение, но и интегро-дифференциальное уравнение. Решим интегро-дифференциальное уравнение (1) методом Бернулли.

Приведем (1) к виду неоднородного дифференциального уравнения относительно $y(x)$ путем замены интегральной части значением λ [1, с. 180].

$$\lambda = \int_0^1 y(x) dx. \quad (2)$$

В результате замены (2) в (1) получаем неоднородное дифференциальное уравнение относительно $y(x)$:

$$y' = \lambda + y. \quad (3)$$

Для решения дифференциального уравнения методом Бернулли [2, с. 29] предположим, что

$$y = uv;$$

$$y' = u'v + uv',$$

Тогда (3) примет вид

$$u'v + uv' = \lambda + uv. \quad (4)$$

Предположим, что $uv' = uv$. Разделим обе части уравнения на u и проинтегрируем обе части, получим равенство $\int \frac{dv}{v} = \int dx$.

Поскольку это простейшие табличные логарифмы, то в результате интегрирования получим $\ln(v) = x$, откуда $v = e^x$. Подставим получившийся результат в (4): $\frac{du}{dx} e^x = \lambda$.

Преобразуем данное равенство следующим образом и проинтегрируем обе части: $\int du = \int \lambda e^{-x} dx$. В результате получим $u = -\lambda e^{-x} + C$. Зная значения u и v , нетрудно вычислить значение y :

$$y = ce^x - \lambda, \quad (5)$$

что является общим решением (3). В свою очередь, нас интересует решение интегро-дифференциального уравнения, т. е. решения (1), поэтому вернемся к (2). Применяя (5) к (2), получим: $\lambda = \int_0^1 (ce^x - \lambda) dx$.

В результате интегрирования получим следующее: $\lambda = \frac{c(e-1)}{2}$.

При знании значения λ (5) примет вид

$$y(x) = c\left(e^x - \frac{e}{2} + \frac{1}{2}\right). \quad (6)$$

Найденное (6) является общим решением интегро-дифференциального уравнения (1).

Для подтверждения истинности вычисленного решения проведем проверку, подставив (6) в (1):

$$ce^x = c\left(e^x - \frac{e}{2} + \frac{1}{2}\right) + \int_0^1 c\left(e^x - \frac{e}{2} + \frac{1}{2}\right) dx. \quad (7)$$

Проинтегрируем интегральное слагаемое $c\left(e^x - \frac{e}{2} + \frac{1}{2}\right)\Big|_0^1 = c\left(\frac{e}{2} - \frac{1}{2}\right)$.

Полученный результат учтем в (7): $ce^x = c\left(e^x - \frac{e}{2} + \frac{1}{2}\right) + c\left(\frac{e}{2} - \frac{1}{2}\right)$.

Несложно заметить, что после упрощения и левая и правая части примут нулевые значения, что, в свою очередь, доказывает истинность (6).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольтерра, В. Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений : пер. с англ. / В. Вольтерра ; под ред. П. И. Кузнецова. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. – 304 с.

2. Гунько, В.Д. Дифференциальные уравнения. Примеры и типовые задания : учеб. пособие / В. Д. Гунько, Л. Ю. Суховеева, В. М. Смоленцев. – Краснодар : КубГАУ, 2005. – 105 с.

УДК 004.42

В. А. МОТОЛЬКО

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина.

Научный руководитель – Е. В. Зубей, канд. физ.-мат. наук, доцент

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РУЧНОГО СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ НА ФАКУЛЬТЕТЕ

В современном мире информационных технологий эффективное управление учебным процессом становится проще благодаря специализированным приложениям. Одной из ключевых задач администрации факультета является составление расписания занятий, которое должно быть не только грамотно структурировано, но и учитывать множество факторов, таких как доступность преподавателей, аудиторий и потребности студентов. В данной статье мы рассмотрим концепцию универсального приложения для составления расписания занятий.

Расписание составляется на пяти- или шестидневную учебную неделю с разным количеством занятий в день. Например, для школ это от 4 до 6–7 уроков, а в университете, как правило, 4 пары. Универсальное приложение должно дать пользователю возможность самому установить количество дней и занятий в неделю.

Любое расписание состоит из двух основных вещей – времени занятий и ячеек, в которых хранятся название дисциплины, имя преподавателя и номер кабинета, в котором проводится занятие. Поэтому необходимо реализовать возможность создания шаблонов этих вещей.

В разных учреждениях образования могут быть разными время занятий и их продолжительность. Также в учреждении образования может быть несколько учебных смен, например первая и вторая. В связи с этим шаблон времени занятий может включать в себя время начала каждого занятия, а также его продолжительность.

Шаблон аудиторий должен включать в себя только номера аудиторий. Однако, если дать возможность создавать группы аудиторий, например потоковых, компьютерных, с проектором или без, это облегчит создание шаблона дисциплины.

Шаблон дисциплины имеет более сложную структуру. Так, он должен включать название дисциплины и ее аббревиатуру, одна из которых будет отображаться в самом расписании. Также шаблон должен содержать номера аудиторий, в которых может преподаваться дисциплина. Помимо этого, разумно будет добавить возможность задавать номера курсов/классов, где она преподается. В дальнейшем это позволит отображать только нужные дисциплины при составлении расписания.

И последний шаблон – это шаблон преподавателя. Он должен включать в себя Ф. И. О. преподавателя, его ученую степень, если речь идет о преподавателе университета; предельную недельную нагрузку в часах, благодаря которой удастся избежать перегрузки преподавателя; список дисциплин преподавателя. Вместе с тем часто необходимо учитывать пожелания преподавателя по графику работы, поэтому разумно добавить и эту информацию в шаблон.

Важно помнить, что учебный план – это не статический набор дисциплин, а динамический, который меняется с течением времени. Так, в университете этот набор меняется каждый семестр, поэтому разумно реализовать набор шаблонов, который пользователь сможет легко заменять при необходимости.

При этом часто учебный план ведут в формате `xlsx`, а потому полезной может оказаться функция импорта дисциплин из внешнего файла.

Основной функцией приложения является помощь в составлении расписания, однако для того, чтобы готовое расписание увидели конечные потребители, его необходимо экспортировать в один из наиболее популярных форматов, например `xlsx`. Так как приложение универсальное, необходимо дать возможность настройки этого экспорта.

Настройка экспорта может включать следующие пункты: изменение ширины и высоты ячейки расписания, изменение акцентных цветов, изменение шрифта и его размера, а также места, куда будет экспортироваться расписание, изменение заголовка – название учреждения образования, указание факультета расписания, должность и Ф. И. О. человека, утверждающего расписание; изменение подвала – должность и Ф. И. О. составителя расписания.

Все вышеуказанное позволит создать универсальное приложение для составления расписания занятий, которое может быть легко настроено на конкретное учреждение образования.

Как было сказано ранее, основной функцией приложения является помощь в составлении расписания, поэтому именно приложение должно взять на себя все обязательства по учету доступности аудиторий и преподавателей, проверки пожеланий преподавателей. Для этого в приложении должен быть реализован механизм предотвращения конфликтов.

Суть механизма предотвращения конфликтов в том, что при попытке поставить занятие в ячейку расписания будет проверяться следующая информация: не превышает ли текущая нагрузка предельную нагрузку преподавателя, не противоречит ли время пожеланиям преподавателя, не занят ли преподаватель или аудитория в это время. Если хоть одно из этих условий не выполняется, механизм не даст поставить занятие в эту ячейку и укажет причину этого. Для большей эффективности данный алгоритм должен иметь визуальную составляющую, заключающуюся в подсветке мест, куда занятие можно поставить и куда ставить занятие нельзя.

Помимо помощи в составлении расписания, полезной может оказаться помощь в контроле выполнения учебного плана. В приложении можно реализовать возможность вывода расписания отдельного преподавателя на текущую неделю, после чего распечатать его и раздать всем преподавателям. Это позволит преподавателю легко ориентироваться в своем расписании. Также можно реализовать возможность создания отчета, содержащего прогресс выполнения учебного плана в течение семестра. Он будет включать количество проведенных занятий и необходимое их количество, а также дни, когда было проведено занятие. Примером другого отчета может служить отчет, содержащий всю информацию о прогрессе выполнения учебного плана отдельной группой.

В заключение отметим, что использование специализированных приложений для составления расписания занятий администрацией может значительно упростить и оптимизировать этот процесс. Такие инструменты позволяют эффективно управлять ресурсами, учитывать все необходимые параметры, автоматизировать определенные шаги, минимизировать вероятность ошибок и ускорить процесс составления расписания. Это помогает администраторам сэкономить время и усилия, сделать процесс более прозрачным, а также повысить качество и точность окончательного расписания занятий на факультете. Таким образом, внедрение подобных приложений может стать важным шагом в совершенствовании управления учебным процессом и повышении эффективности работы администрации.

УДК 004.048

А. А. МУХА

Гомель, ГГТУ имени П. О. Сухого

Научный руководитель – К. С. Курочка, канд. техн. наук, доцент

СИСТЕМА СЕГМЕНТАЦИИ СНИМКОВ КТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Сегментация снимков компьютерной томографии (далее – КТ) является важным этапом в анализе и интерпретации данных по нескольким причинам.

Во-первых, снимки КТ представляют собой трехмерные изображения, содержащие информацию о внутренних структурах органов и тканей пациента. Во-вторых, сегментация снимков КТ является важным этапом для дальнейшего анализа и извлечения количественных характеристик.

Наконец, автоматическая сегментация снимков КТ может значительно сократить время и трудозатраты, связанные с ручной сегментацией, которая требует экспертных навыков и многочасового анализа. Благодаря автоматической сегментации, можно достичь повышенной скорости и точности выделения интересующих областей. Таким образом, сегментация снимков КТ является важным этапом в анализе и интерпретации данных, позволяющим автоматически выделить интересующие области.

Распределенная архитектура (рисунок) предполагает использование нескольких вычислительных узлов, таких как компьютеры или серверы, работающих параллельно и совместно для выполнения вычислений. Это позволяет распределить нагрузку и ускорить время обработки данных [1, с. 35].

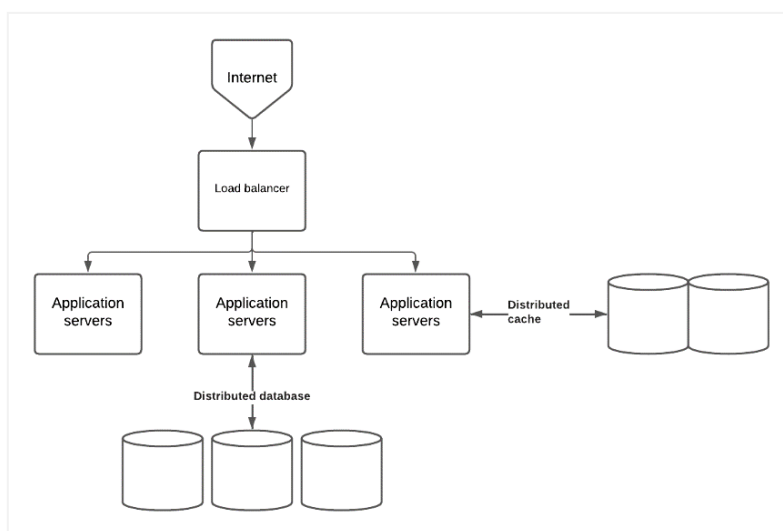


Рисунок – Распределенная архитектура

В случае системы сегментации снимков КТ распределенная архитектура может быть организована следующим образом:

– разделение задачи. Входной набор снимков КТ разбивается на подзадачи, которые могут быть обработаны параллельно. Например, каждый вычислительный узел может быть ответственным за сегментацию отдельного снимка;

– коммуникация и синхронизация. Вычислительные узлы обмениваются информацией и результатами обработки для достижения согласованности и точности сегментации [2, с. 177]. Это может быть реализовано с помощью сетевого взаимодействия и протоколов коммуникации;

– параллельные вычисления. Каждый вычислительный узел работает над своей подзадачей независимо и параллельно. Это позволяет распараллелить вычисления, сократить время обработки и повысить производительность системы;

– сбор и объединение результатов. После завершения параллельных вычислений результаты сегментации снимков КТ собираются и объединяются для получения окончательного результата. Это может включать агрегацию и совмещение сегментированных областей из разных узлов.

Разработка распределенной архитектуры позволяет эффективно использовать ресурсы вычислительной инфраструктуры, ускорить время обработки данных и обеспечить масштабируемость системы для обработки большого объема снимков КТ. Параллельные вычисления и синхронизация между узлами позволяют достичь высокой производительности и точности сегментации, что является важным для успешного применения системы в медицинской практике [3, с. 104].

Преимущества предлагаемой системы сегментации снимков КТ включают:

– увеличение скорости обработки. Распределенная архитектура позволяет использовать несколько вычислительных узлов, работающих параллельно;

– распараллеливание вычислений. Принципы параллельных вычислений позволяют эффективно распределить вычислительную нагрузку между несколькими узлами;

– масштабируемость. Распределенная архитектура позволяет легко масштабировать систему сегментации снимков КТ;

– повышение точности сегментации. Благодаря распределенной архитектуре и параллельным вычислениям, система может обрабатывать более сложные алгоритмы сегментации, что может привести к повышению точности результатов [4, с. 172];

– экономия времени и ресурсов. Использование распределенной архитектуры позволяет оптимально использовать доступные вычислительные ресурсы и сократить время, затрачиваемое на обработку снимков КТ.

В заключение отметим, что система сегментации снимков КТ, разработанная на основе распределенной архитектуры и принципов параллельных вычислений, представляет собой эффективное решение для обработки с высокой скоростью и точностью больших объемов данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Таненбаум, Э. С. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. С. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб. : Питер, 2003. – 876 с.

2. Курочка, К. С. Локализация позвонков на КТ-изображениях в условиях ограниченности вычислительных ресурсов / К. С. Курочка, К. А. Панарин // Новые горизонты – 2021 : сб. материалов VIII Белорус.-Китайск. молодеж. инновац. форума, 11–12 нояб. 2021 г. : в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск : БНТУ, 2021. – Т. 1. – С. 177–179.

3. Бёрнс, Б. Распределенные системы. Паттерны проектирования / Б. Бёрнс. – СПб. : Питер, 2019. – 224 с.

4. Малов, Д. Н. Глубокое обучение и анализ данных : практ. рук. / Д. Н. Малов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2023. – 272 с.

УДК 519.237.8

А. К. ПРОНСКАЯ

Гродно, ГрГУ имени Янки Купалы

Научный руководитель – Т. В. Русилко, канд. физ.-мат. наук, доцент

ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО УРОВНЯ РАЗВИТИЯ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

В современном мире аграрный сектор играет важную роль в экономике каждой страны, и Беларусь не является исключением. Сельскохозяйственное производство в Беларуси характеризуется разнообразием продукции, включая зерно, корма, скот и птицу, а также молоко. Однако производственные показатели могут значительно варьироваться в разных районах страны.

В этом контексте кластерный анализ данных может быть полезным инструментом для изучения сельскохозяйственного производства в Беларуси. Применим методы кластерного анализа к реальным данным о сельскохозяйственном производстве в различных районах Беларуси. Это позволит выявить уникальные паттерны и тренды, которые могут помочь в оптимизации сельскохозяйственной политики и стратегий развития.

Кластерный анализ районов Беларуси будем проводить по следующим сельскохозяйственным показателям: производство продукции сельского хозяйства в процентах к соответствующему периоду предыдущего года, количество намолоченного зерна, заготовка кормов из трав, производство (выращивание) скота и птицы, производство молока. Результаты этого исследования могут помочь в понимании текущего состояния сельскохозяйственного производства в Беларуси и выявлении возможных направлений его оптимизации.

Рассмотрим пример кластеризации методом k -средних. Метод k -средних – это популярный алгоритм кластеризации в области машинного обучения и статистики, который группирует объекты на основе признаков в k кластеров. Этот алгоритм работает итерационно, перемещая центроиды (центры кластеров) и перераспределяя объекты до тех пор, пока не будет достигнута стабилизация кластеров. Цель метода состоит в минимизации суммы квадратов расстояний между объектами и их ближайшими центроидами, что приводит к компактным кластерам [1; 2].

Зададим число кластеров, равное трем. Для начального определения центров кластеров выберем метод сортировки расстояний и выбора наблюдений на постоянных интервалах.

Согласно результатам кластерного анализа первый кластер включает в себя 45 районов, второй – 15 районов и третий – 58 районов. В итоге получаем кластеры, представленные в таблице.

Таблица – Результат кластеризации методом k -средних

Кластер	Районы
Кластер 1	Берестовицкий, Оршанский, Волковыский, Поставский, Вороновский, Буда-Кошелевский, Дятловский, Гомельский, Зельвенский, Добрушский, Кореличский, Речицкий, Лидский, Рогачевский, Мостовский, Горецкий, Новогрудский, Кировский, Островецкий, Мстиславский, Свислочский, Шкловский, Слонимский, Борисовский, Сморгонский, Воложинский, Березовский, Клецкий, Дрогичинский, Логойский, Жабинковский, Любанский, Ивановский, Минский, Ивацевичский, Молодечненский,

Продолжение таблицы

	Лунинецкий, Пуховичский, Ляховичский, Солигорский, Малоритский, Стародорожский, Верхнедвинский, Столбцовский, Витебский
Кластер 2	Гродненский, Столинский, Щучинский, Могилевский, Барановичский, Дзержинский, Брестский, Копыльский, Каменецкий, Несвижский, Кобринский, Слуцкий, Пинский, Смолевичский, Пружанский
Кластер 3	Ивьевский, Мозырский, Ошмянский, Наровлянский, Ганцевичский, Октябрьский, Бешенковичский, Петриковский, Браславский, Светлогорский, Глубокский, Хойникский, Городокский, Чечерский, Докшицкий, Бельничский, Дубровенский, Бобруйский, Лепельский, Быховский, Лиозненский, Глусский, Миорский, Дрибинский, Полоцкий, Климовичский, Россонский, Кличевский, Сенненский, Костюковичский, Толочинский, Краснопольский, Ушачский, Кричевский, Чашникский, Круглянский, Шарковщинский, Осиповичский, Шумилинский, Славгородский, Брагинский, Хотимский, Ветковский, Чаусский, Ельский, Чериковский, Житковичский, Березинский, Жлобинский, Вилейский, Калинковичский, Крупский, Кормянский, Мядельский, Лельчицкий, Узденский, Лоевский, Червенский

Первый кластер – среднепроизводительные районы (45 районов). Этот кластер включает районы со средними показателями по всем четырем категориям. Это может быть связано с различными факторами, такими как ограниченный доступ к ресурсам или технологиям, недостаток квалифицированных специалистов или неблагоприятные климатические условия. Возможно, эти районы сталкиваются с проблемами, связанными с управлением ресурсами, или имеют ограниченные возможности для расширения производства. Рекомендация для этих районов – провести дополнительный анализ с целью выявления конкретных проблем и разработки стратегий их решения. Это может включать улучшение инфраструктуры, обучение персонала или внедрение новых технологий.

Второй кластер – высокопроизводительные районы (15 районов). Этот кластер включает районы с самыми высокими показателями по всем четырем категориям. Это может быть связано с наличием более развитой инфраструктуры, доступа к инновационным технологиям и высококвалифицированного персонала. Возможно, эти районы располагают большим количеством земельных ресурсов или более благоприятными условиями для сельского хозяйства. Рекомендация для этих районов – продолжать инвестиции в технологии и обучение персонала, чтобы поддерживать высокий уровень производства. Также стоит обратить внимание на устойчивость производства и экологическую безопасность, чтобы обеспечить долгосрочное развитие.

Третий кластер – низкопроизводительные районы (58 районов). Этот кластер включает районы с самыми низкими показателями по всем четырем категориям. Это может быть связано с серьезными проблемами, такими как отсутствие доступа к необходимым ресурсам, недостаток инфраструктуры или неблагоприятные условия для сельского хозяйства. Возможно, эти районы сталкиваются с проблемами, связанными с управлением ресурсами, или имеют ограниченные возможности для расширения производства. Рекомендация для этих районов – активно искать возможности для улучшения, включая привлечение инвестиций, развитие инфраструктуры и обучение персонала.

На основании рисунка оценим распределение кластеров на карте Республики Беларусь. Нижеследующие выводы сделаны на основе анализа географического положения районов.

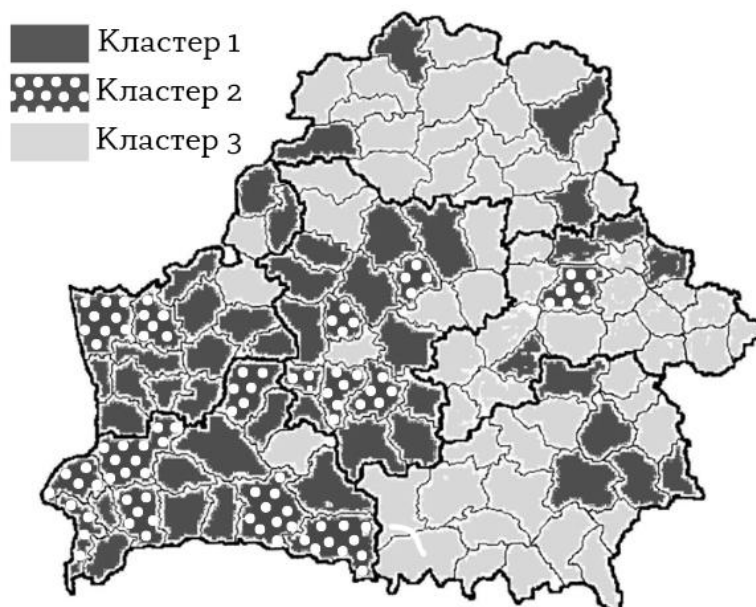


Рисунок – Распределение кластеров на карте Республики Беларусь

Второй кластер. Этот кластер включает в себя самые развитые районы по сельскохозяйственным показателям, и находятся эти районы в основном на юго-западе Беларуси в Гродненской, Брестской и Минской областях. Это может быть связано с благоприятными климатическими условиями, плодородными почвами и доступностью водных ресурсов, которые способствуют высокому уровню производства сельскохозяйственной продукции.

Первый кластер. Этот кластер также расположен на юго-западе Беларуси и включает районы со средними сельскохозяйственными показателями. Это может быть связано с различиями в использовании земли, доступности технологий и инфраструктуры.

Третий кластер. Районы, включенные в этот кластер, находятся в основном на северо-востоке Беларуси в Витебской, Могилевской и Гомельской областях. Эти районы характеризуются низким уровнем сельскохозяйственного развития. Это может быть связано с менее благоприятными климатическими условиями, бедными почвами или ограниченным доступом к ресурсам.

Полученные результаты классификации могут быть полезны в различных областях и контекстах. Понимание производительности различных районов республики может помочь властям и организациям в планировании и развитии инфраструктуры.

Также результаты кластерного анализа могут служить основой для дальнейших научных исследований в области сельского хозяйства и регионального развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хацкевич, Г. А. Эконометрика : учебник / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. – Минск : РИВШ, 2021. – 452 с.
2. Тюрин, Ю. Н. Анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров. – М. : ИНФРА-М, 2002. – 528 с.

УДК 004.42

С. В. САВОНЮК

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Д. В. Грицук, канд. физ.-мат. наук, доцент

**МОБИЛЬНОЕ IOS-ПРИЛОЖЕНИЕ GUIDE TO BELARUS
ДЛЯ САМОДЕЯТЕЛЬНЫХ ТУРИСТОВ**

Современный туризм не возможен без достоверной информации и различных средств коммуникации. Ни одно путешествие не обойдется без справочных материалов, роль которых особо велика для неорганизованных групп, т. е. для самодеятельных туристов.

Самодеятельный туризм, или «свободный туризм», подразумевает поездки с частичным или полным отказом от услуг туристических фирм. Путешественник самостоятельно выбирает свой маршрут, заботится о приобретении билетов, о бронировании гостиниц, а также об организации питания и экскурсий. Такой вид туризма является чрезвычайно широким понятием, поскольку может предполагать как динамичное следование к цели путешествия, так и статичное пребывание, например, на курорте.

Самодеятельный туризм может быть классифицирован по различным критериям: по формам проведения, по видам и сложности маршрутов, по целям, по способам организации, а также по числу участников и возрастному составу туристской группы.

В зависимости от числа участников различают индивидуальный и групповой самодеятельный туризм.

По способам организации выделяют следующие виды самодеятельного туризма [1].

Бекпекинг – путешествия, предусматривающие минимальные траты денежных средств на передвижения и проживание в местах пребывания.

Автостоп – перемещения по выбранному маршруту посредством попутного транспорта.

Букинг – путешествия, самостоятельно организованные туристами, которые не предполагают помощи туроператоров. В этом случае турист самостоятельно бронирует гостиницы, покупает билеты, оформляет визу.

Автотуризм – разновидность путешествий, в которых основным средством передвижения туриста является персональный автомобиль.

Путешествие через гостевые сети – вид самодеятельного туризма, предусматривающий обмен услугами по проживанию и размещению между туристами (группами туристов, семьями и т. д.).

В последние годы этот вариант организации и осуществления путешествий, т. е. самодеятельный туризм, становится все более популярным и превращается в заметное социально-экономическое явление [2]. В связи с этим актуальным является вопрос о качественном и своевременном информационно-технологическом обеспечении данной категории туристов.

Для решения данного вопроса было разработано IOS-приложение Guide to Belarus (рисунок 1), предоставляющее пользователю информацию о достопримечательностях, отелях, местах отдыха, ресторанах и других объектах на территории Беларуси. Разработка приложения выполнялась средствами языка программирования Swift в среде разработки Xcode, были задействованы библиотеки GoogleMaps и UIKit.

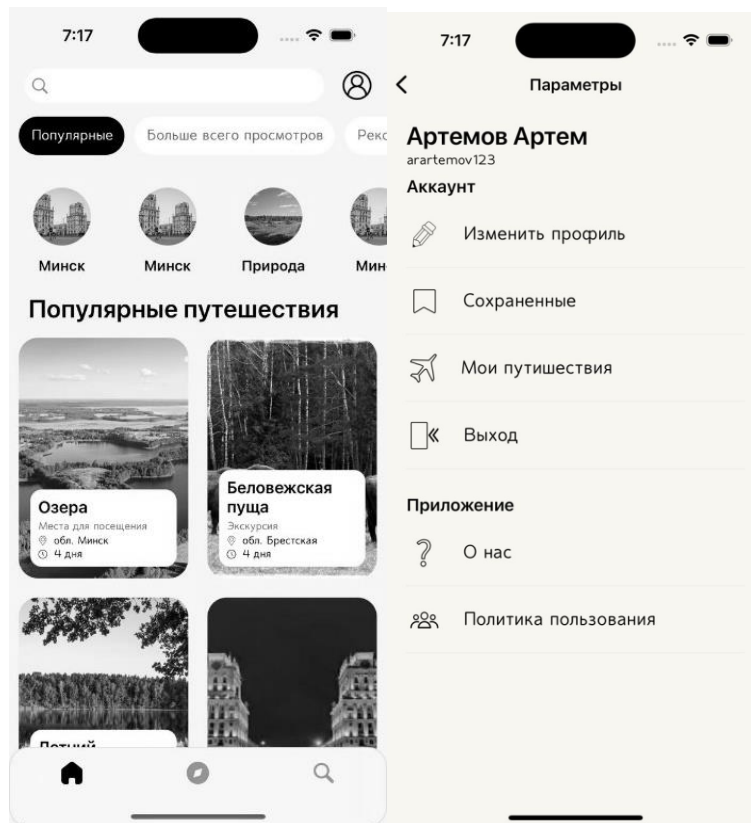


Рисунок 1 – IOS-приложение для самостоятельных туристов Guide to Belarus

Преимущества нашего приложения:

- позволяет пользователю самостоятельно планировать свою экскурсию, выбирать направление маршрута, а также время посещения достопримечательностей;
- в отличие от бумажных путеводителей наше приложение компактно и имеет больше функциональных возможностей;
- в отличие от традиционных аудиогидов приложение позволяет адаптировать аудиосопровождение под свои цели;
- в отличие от сетевых ресурсов наше приложение не нуждается в постоянном доступе к интернету;
- в приложении реализована система рангов и оценок, что позволяет заинтересовать пользователей в создании собственных маршрутов и экскурсий.

Благодаря гибкой архитектуре и активной обратной связи с пользователями, приложение Guide to Belarus готово к дальнейшему улучшению и развитию. Его функциональность может быть расширена в соответствии с потребностями и пожеланиями пользователей, что позволит приложению оставаться актуальным и востребованным на рынке.

Важной особенностью приложения Guide to Belarus является то, что пользователь может получать уведомление о ближайших достопримечательностях в соответствии с заданными настройками, а также пользоваться функциями Google Maps (рисунок 2).

Успешное внедрение и продвижение данного приложения может способствовать увеличению числа туристов, посещающих Беларусь, и, как следствие, росту туристической индустрии и экономическому развитию страны.

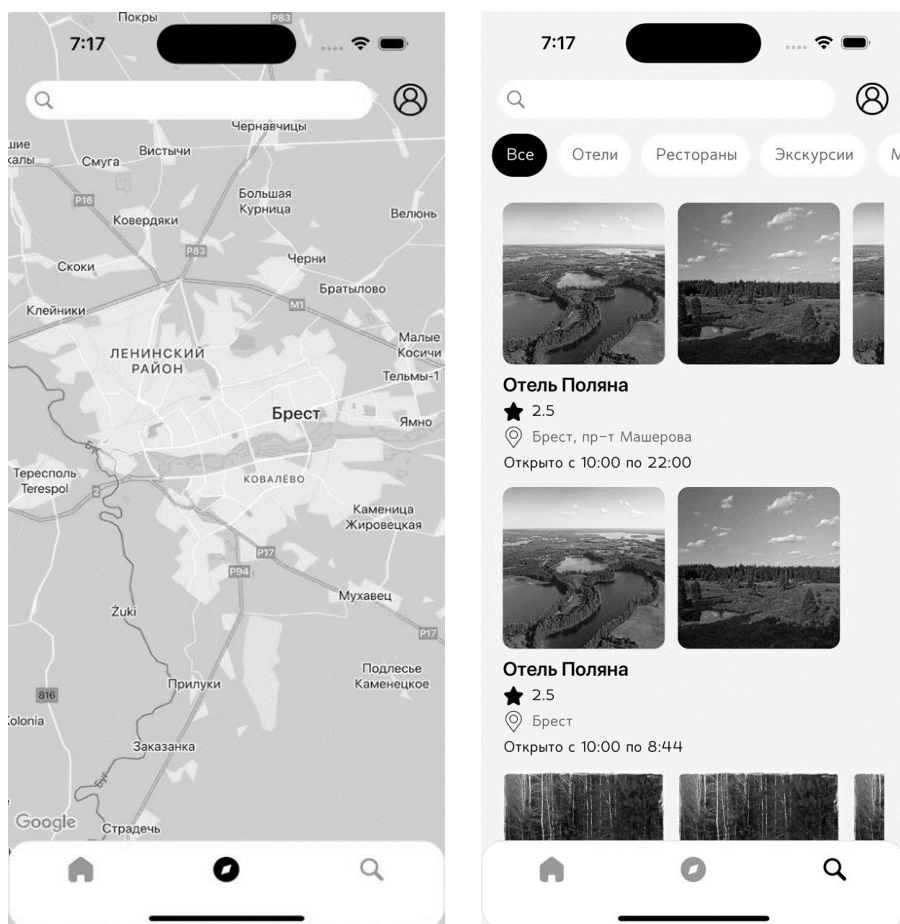


Рисунок 2 – Функции Google Maps в IOS-приложении Guide to Belarus

Проект Guide to Belarus не только предоставляет средство удобного и интересного исследования Беларуси, но и может иметь положительное влияние на туризм и общественно-экономическое развитие региона.

Таким образом, современные информационные технологии во многом облегчают осуществление самостоятельных путешествий, главное – иметь вдохновение и идею, а приложение Guide to Belarus поможет воплотить ее в жизнь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Туристские услуги в области самодеятельного туризма. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200157120/titles/7DA0K6>. – Дата доступа: 13.04.2024.

2. Старкова, И. И. Самодеятельный туризм: современное состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] / И. И. Старкова, М. В. Тапхаров, Е. В. Кондрашова. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/samodeyatelnuy-turizm-sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya>. – Дата доступа: 13.04.2024.

УДК 512.624, 519.682

С. С. ТКАЧ

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – А. А. Трофимук, д-р физ.-мат. наук, доцент

ПРИЛОЖЕНИЕ «ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ НАД КОНЕЧНЫМ ПОЛЕМ»

Напомним, что эллиптической кривой [1] E над полем F_p называется алгебраическая кривая, которая задается уравнением Вейерштрасса:

$$y^2 + a_1xy + a_3y = x^3 + a_2x^2 + a_4x + a_6, a_1, a_2, a_3, a_4 \in F_p. \quad (1)$$

С помощью замены переменных уравнение (1) в поле F_p характеристики p , отличной от 2 и 3, можно привести к виду:

$$y^2 = x^3 + ax + b, a, b \in F_p. \quad (2)$$

В настоящей работе для сопровождения учебно-методического процесса дисциплины «Алгебраические методы в защите информации», читаемой для студентов специальности 1-02 05 01 «Математика и информатика» учреждения образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», разработано приложение «Эллиптические кривые над конечным полем». Конфигурация приложения и пример расположения точек эллиптической кривой для $a = 1, b = 1, p = 23$ представлены на рисунке 1.

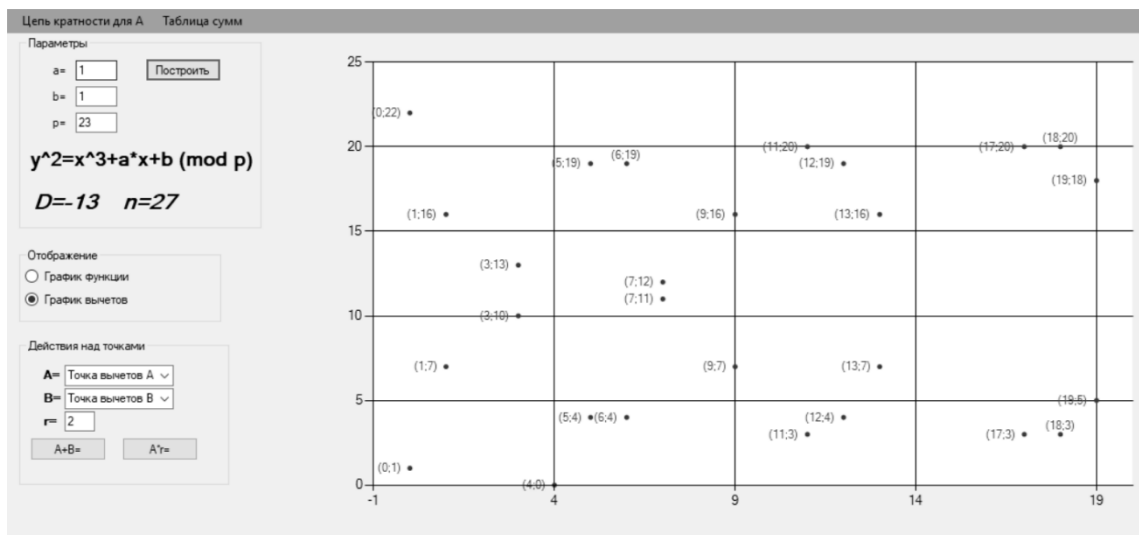


Рисунок 1 – Конфигурация приложения «Эллиптические кривые над заданным полем»

Изучении темы «Математические основы работы на эллиптических кривых» подразумевает выполнение вычислений на конкретной эллиптической кривой: нахождение всех точек эллиптической кривой над конечным полем и ее дискриминанта, сложение

точек кривой, нахождение кратных и порядка каждой точки. Зачастую при больших значениях простого числа p объем вычислений возрастает. Приложение позволяет проводить проверку указанных выше базовых действий на эллиптической кривой (рисунок 2).

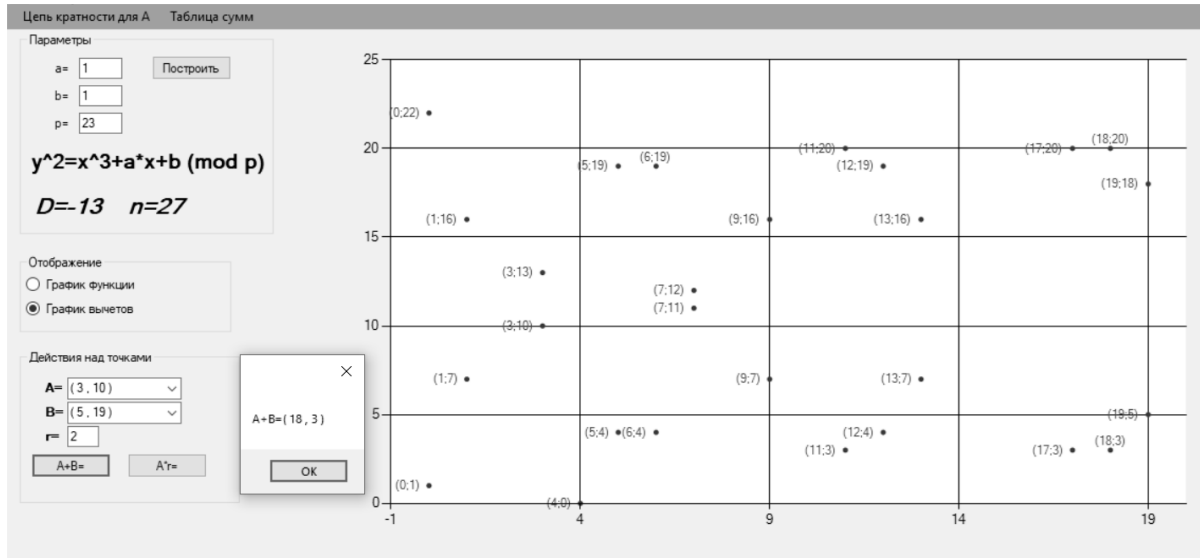


Рисунок 2 – Сложение точек эллиптической кривой

Разработанное приложение также позволяет визуализировать некоторые аспекты работы с множеством точек кривой: построение таблицы сложения точек, нахождение цепочки кратных для произвольной точки кривой (рисунок 3).

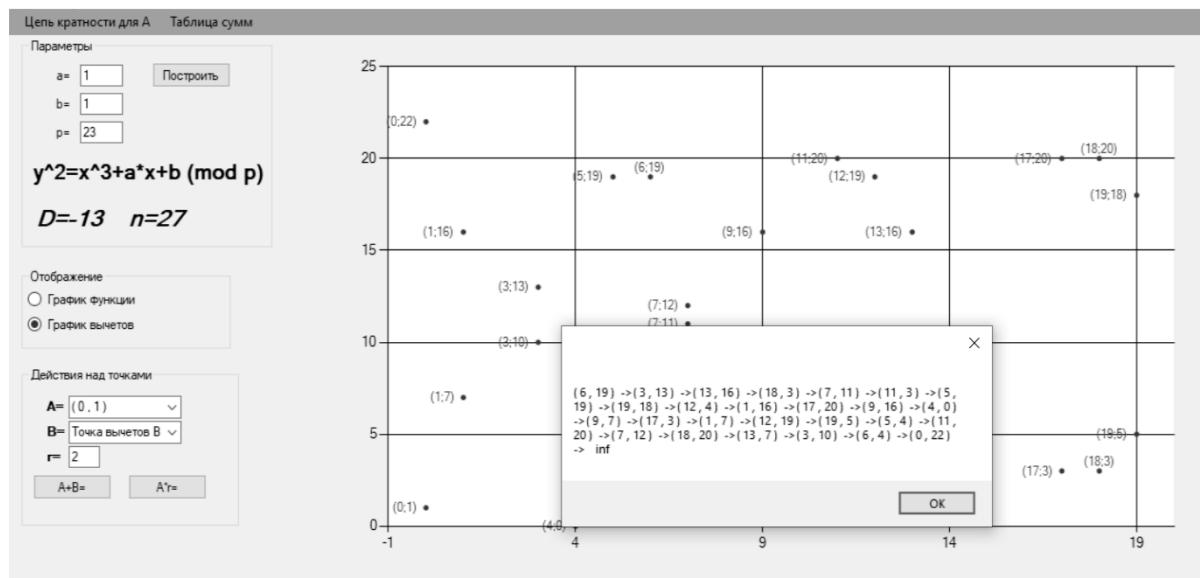


Рисунок 3 – Нахождение цепочки кратных для произвольной точки кривой

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Математические и компьютерные основы криптологии / Ю. С. Харин [и др.]. – Минск : Новое знание, 2003. – 382 с.

УДК 620.17:669.76

Д. В. ЧЕСТНЫЙ

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – А. В. Демидчик, канд. физ.-мат. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ ТЕЛЛУРОМ НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНУЮ ТЕРМОЭДС, МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ЖИДКОГО АЗОТА

Сплавы висмута и сурьмы, образующие непрерывный ряд твердых растворов, являются значимыми материалами в области термоэлектрических материалов, в полупроводниковом состоянии являются наиболее эффективными низкотемпературными термоэлектрическими материалами [1; 2].

Целью данной работы является изучение влияния легирования третьим компонентом фольг из сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ на дифференциальную термоЭДС и магнетосопротивление. Висмут и сурьма являются элементами V группы, в качестве третьего компонента был выбран теллур – химический элемент VI группы. Основой состава был выбран $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, фольги были получены методом сверхбыстрой закалки из расплава.

На рисунке 1 представлена зависимость дифференциальной термоЭДС (обозначение α) от температуры с различной концентрацией теллура. Из указанного рисунка следует, что с увеличением температуры величина дифференциальной термоЭДС сплавов незначительно уменьшается при концентрации теллура 0,5 ат. % и 1 ат. %, а при концентрации теллура 0,25 ат. %, 2 ат. %, 4 ат. % незначительно увеличивается по абсолютной величине.

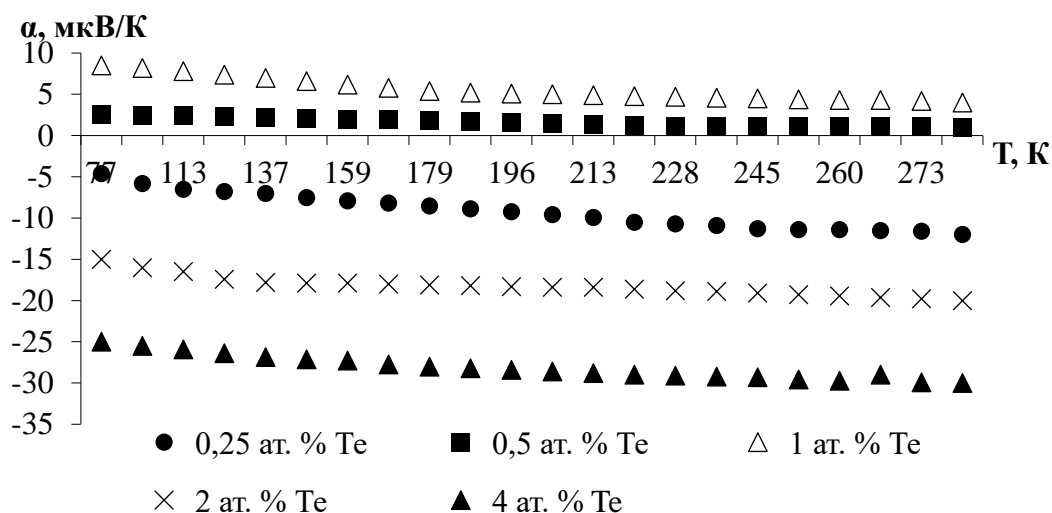


Рисунок 1 – Температурная зависимость дифференциальной термоЭДС сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ с различной концентрацией теллура

На рисунке 2 представлена зависимость дифференциальной термоЭДС (обозначение α) от концентрации теллура. Из указанного рисунка следует, что при температуре жидкого азота величина дифференциальной термоЭДС в зависимости от концентрации теллура может принимать как положительные, так и отрицательные значения.

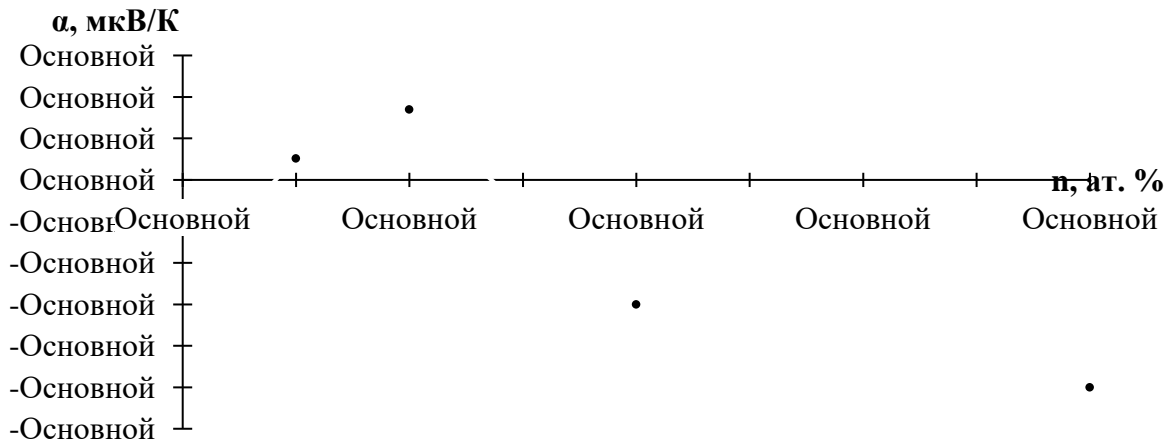


Рисунок 2 – Зависимость дифференциальной термоЭДС сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ от концентрации теллура при 77 К

На рисунке 3 представлена зависимость при температуре жидкого азота магнетосопротивления (обозначение β) от концентрации теллура. Из рисунка 3 видно: при температуре жидкого азота магнетосопротивление в зависимости от концентрации теллура принимает только положительные значения, причем с увеличением концентрации теллура в промежутке от 0,25 ат. % до 4 ат. % магнетосопротивление увеличивается незначительно.

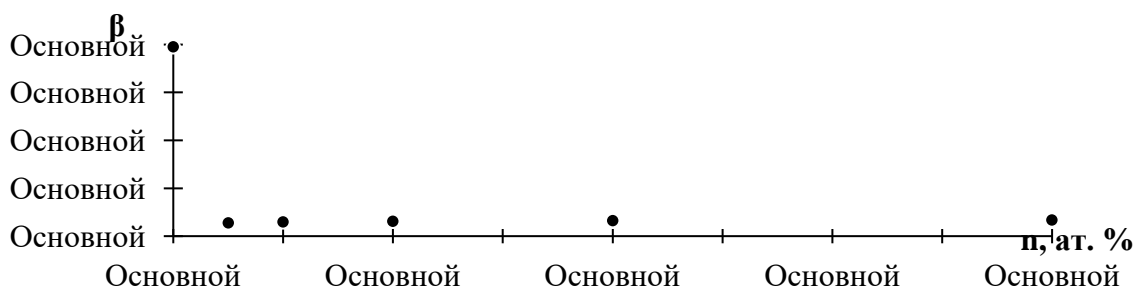


Рисунок 3 – Зависимость магнетосопротивления сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ от концентрации теллура при 77 К

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демидчик, А. В. Влияние легирования сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ оловом и галлием на магнетосопротивление и дифференциальную термоЭДС / А. В. Демидчик // Математические и физические методы исследований: научный и методический аспекты : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф., Брест, 27–28 апр. 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Н. Н. Сендера. – Брест : БрГУ, 2023. – С. 36–37.

2. Демидчик, А. В. Электрические свойства фольг сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, полученных спиннингованием / А. В. Демидчик // Математическое моделирование и новые образовательные технологии в математике : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф., Брест, 22–23 апр. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. И. Басика. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 26–27.

УДК 378.14:004

В. С. ШАЛИК

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Л. Н. Савчук, старший преподаватель

СОСТАВЛЕНИЕ СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Формирование функциональной грамотности учащихся – одна из ключевых задач образовательного процесса, который ориентирован на развитие каждого учащегося и подготовку его к реальной жизни, к осознанным действиям в нестандартных ситуациях в соответствии с общепринятыми нравственными ценностями и нормами.

Формирование функциональной грамотности – это сложный и длительный процесс, который осуществляется на протяжении всего обучения в школе средствами различных предметов. На уроках информатики для развития функциональной грамотности можно использовать ситуационные задачи, имеющие практико-ориентированный характер и связанные с конкретной содержательной линией, изучаемой в данный момент. Однако самым продуктивным вариантом использования ситуационных задач является не только решение предложенных задач, но и составление самими учащимися таких задач.

Также можно предложить составлять или решать подобные задачи в парах, что будет способствовать развитию коммуникативных умений учащихся, так как в процессе работы над задачей развиваются умения выслушивать чужую точку зрения и понимать своего партнера, а затем согласованно выполнять совместную деятельность, распределяя роли и ответственность за выполняемую работу, контролируя действия друг друга в доброжелательной манере.

Приведем примеры разработанных ситуационных задач для применения на уроках информатики при изучении содержательной линии «Коммуникационные технологии».

Сомнительный подарок. В один прекрасный день Петя сидел дома, не зная, чем заняться. Он решил поиграть в игру на телефоне, и, когда игра запустилась, ему пришло сообщение: «Поздравляем! Вы выиграли беспроводные наушники. Для получения приза Вам необходимо заполнить анкету по ссылке и перевести на данный счет 20 рублей. Через 5 дней Вы получите приз».

Петя очень хотел беспроводные наушники, поэтому сразу же сделал все, что говорилось в сообщении. Прошло время, и наступил долгожданный день, однако Петя не получил никакого сообщения и новых наушников.

Как вы думаете, что Петя сделал не так?

Как надо было поступить в данной ситуации?

Неприятное уведомление. Однажды Маша сидела дома, занимаясь своими делами. Вдруг у нее завибрировал телефон, и Маша, включив его, увидела новое уведомление. Ей стало интересно, что же там пришло. В сообщении говорилось: «Уважаемый клиент. Ваша карта заблокирована. Для разблокировки отправьте СМС с кодом Вашей карты на короткий номер».

Маша испугалась, ведь на карте были деньги, которые ей подарили на День рождения, и она хотела купить себе за них подарок. Испуганная Маша сделала все, что ей сказали в сообщении. В итоге у Маши списали все деньги с карты.

Правильно ли Маша поступила, отправив СМС со своими данными на незнакомый номер? Как нужно было поступить в данной ситуации?

Заразительный сайт. Как-то раз мальчик по имени Миша был у своего друга Максима в гостях. Они разговаривали, пили чай, а затем Максим предложил поиграть в одну очень интересную игру на компьютере. Миша и Максим очень долго играли и не заметили, как пролетело время. Мише пора было возвращаться домой.

На следующий день Миша решил скачать такую же игру себе на компьютер. Он сел за компьютер, включил его, написал название игры в поисковике и зашел на первый же предложенный сайт, скачал оттуда игру и был очень рад, что у него есть такая же интересная игра, как у друга.

Наконец игра была установлена, и мальчик начал играть. Вдруг случилось страшное: компьютер Миши завис. Миша его выключил, думая, что после этого компьютер будет работать по-прежнему. Да, компьютер заработал, но экран стал синего цвета, с большим количеством непонятного текста. Миша очень испугался и не понимал, что же ему делать.

Что Миша сделал не так? Почему экран стал синего цвета?

Что нужно делать в данной ситуации?

Магазин-обманщик. Однажды Алиса решила купить себе новый телефон, на который она очень долго копила деньги. Но несмотря на то, что у нее было достаточно денег, чтобы купить телефон в проверенном магазине, она захотела сэкономить, поэтому начала искать интернет-магазины, где такой же телефон, который она так хотела, стоит дешевле.

И вот ей повезло, в Instagram она нашла магазин с дешевой техникой, в котором был тот самый телефон, который она хотела. Алиса написала сообщение в директ по поводу покупки данного телефона:

А: – Здравствуйте, я хочу купить данный телефон. Есть ли он в наличии? Какая его стоимость?

Через какое-то время ей ответили:

П: – Здравствуйте. Данная модель телефона есть в наличии. Цена – 1200 руб. Вам необходимо заполнить заявку и оплатить покупку сразу, после чего мы отправим Вам посылку на почту.

А: – Когда ожидать посылку?

П: – В течение 7 дней.

Алиса согласилась и отправила деньги на счет, который указал продавец, в надежде, что совсем скоро у нее будет новый телефон.

Прошла неделя, Алиса не получила никакого извещения с почты, поэтому решила написать продавцу. Она зашла в переписку с продавцом, у которого покупала телефон, но отправить сообщение с вопросом, почему ее телефон не пришел, она не смогла, потому что была заблокирована. Алиса очень расстроилась, ведь в итоге у нее не было ни телефона, который она так хотела, ни денег, чтобы купить новый телефон.

Что Алиса сделала не так? Как нужно поступить в данной ситуации?

Приведенные задачи привлекают учащихся не только необычным названием и «жизненным» содержанием, но и проблемной ситуацией, которую учащийся захочет разрешить, что будет способствовать повышению уровня функциональной грамотности учащихся, так как формирует у них умения ориентироваться и принимать правильные решения в нестандартных ситуациях в современном цифровом мире.

УДК 517.9

Т. А. ЯЦУК

Брэст, БрДУ імя А. С. Пушкіна

Навуковы кіраўнік – А. І. Басік, канд. фіз.-мат. навук, дацэнт

**ЗВЯДЗЕННЕ ДА ЗАДАЧЫ АБ УЛАСНЫХ ВАГАННЯХ
НАГРУЖАНАЙ СТРУНЫ**

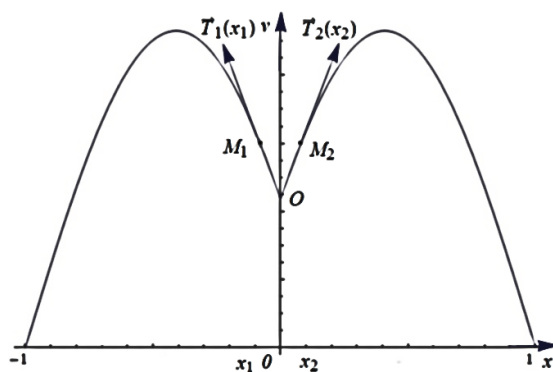
Няхай у вертыкальнай плоскасці Oxv размешчана струна, што ў становішчы раўнавагі займае месца адрэзка $[-1;1]$ восі Ox . Канцы замацаваны. Вядома [1], што ўраўненне малых папярэчных ваганняў такой струны мае выгляд

$$v_{tt} = T_0/\rho \cdot v_{xx} + p(x;t)/\rho, \quad (t > 0, x \in (-1;1)), \quad (1)$$

$$v|_{x=-1} = 0, \quad v|_{x=1} = 0, \quad (2)$$

дзе $v = v(t;x)$ – адхіленне пункта x струны ад палажэння раўнавагі ў момант часу t , T_0 – нацягненне струны, $\rho(x) = \rho$ – лінейная шчыльнасць, $p(t;x)$ – непарыўная лінейная шчыльнасць вонкавых сіл.

Няхай у пункце $x = 0$ на струну дзейнічае сіла такая, што пункт струны $O(0, v(0))$ мае супраціў, прапарцыйны адхіленню і скіраваны ў супрацьлеглы напрамак. Абзначым праз k адпаведны каэфіцыент пругкасці.



Малюнак – Да выніку ўмовы спалучэння (3)

Разгледзім малы ўчастак струны M_1M_2 (малюнак), што змяшчае пункт $O(0, v(0))$. Спраектуем на вось Ov сілы, што дзейнічаюць на ўчастак M_1M_2 у момант часу t . Нацягненне струны ў пункце M_1 роўнае $-T_0v_x(x_1;t)$, а ў пункце M_2 роўнае $T_0v_x(x_2;t)$. Праекцыя вонкавай сілы роўная $p(0;t)(x_2 - x_1)$, а праекцыя сілы інерцыі роўная $-\rho v_{tt}(0;t)(x_2 - x_1)$. Дзеянне пругкіх сіл замацавання ў пункце $x = 0$ задаецца выразам $-kv(0;t)$. Параўнаем з нулём суму праекцый на вось Ov усіх сіл, што ўплываюць на ўчастак M_1M_2 :

$$T_0v_x(x_2;t) - T_0v_x(x_1;t) + p(0;t)(x_2 - x_1) - \rho v_{tt}(0;t)(x_2 - x_1) - kv(0;t) = 0.$$

У апошняй роўнасці прыйдзем да ліміту пры $x_2 \rightarrow +0$ і $x_1 \rightarrow -0$. Тады

$$v_x(+0;t) - v_x(-0;t) = av(0;t) \quad (a = k/T_0). \quad (3)$$

Для рашэння такой задачы выкарыстоўваецца метада Фур'е. Нетрывіяльнае рашэнне аднароднага ўраўнення (1) шукаем у выглядзе $v(t;x) = T(t)u(x)$. Падставіўшы $v(t;x)$ у формулу (1), атрымаем $\frac{\rho T''}{T(t)T_0} = \frac{u''(x)}{u(x)}$.

Апошняя роўнасць можа выконвацца тоесна тады і толькі тады, калі існуе такая лічба λ , што пры ўсіх $t > 0$ $T'' - \lambda T_0/\rho \cdot T(t) = 0$ і на кожным з інтэрвалаў $(-1;0)$ і $(0;1)$ выконваецца

$$u''(x) - \lambda u(x) = 0. \quad (4)$$

Умова замацавання струны на канцах прымае выгляд

$$u(-1) = 0, \quad u(1) = 0, \quad (5)$$

а ўмова (3)

$$u'(+0) - u'(-0) = au(0). \quad (6)$$

Такім чынам, задача аб адшуканні ўласных ваганняў струны з замацаванымі канцамі, на ўнутраны пункт якой дзейнічае пругкая сіла, з'ялася да задачы адшукання ўласных значэнняў і ўласных функцый выразу $Hu(x) = u''(x) - a\delta(x)u(x)$ ($x \in [-1;1]$).

Наогул кажучы, выраз H не вызначаны, бо калі u – гладкая функцыя і $u(0) \neq 0$, то $Hu(x) = u''(x) - au(0)\delta(x) \notin L_2[-1;1]$.

Калі ж у вытворнай непарыўнай функцыі ў пункце $x=0$ будзе скачок, то абагульненая другая вытворная ад такой функцыі змяшчае δ -функцыю ў якасці складніка.

Асноўная ідэя надання сэнсу выразу (1) заключаецца ў тым, каб разглядаць такія функцыі u , для якіх δ -складнікі ў выразе (1) знішчаюцца. Тады абсяг вызначэння H складаецца з неперапынных функцый $u \in H^2[-1;0] \oplus H^2[0;1]$, у якіх першая вытворная ў пункце $x=0$ мае скачок, роўны $u'(+0) - u'(-0) = au(0)$.

Пры гэтым аператар H дзейнічае па формуле $Hu(x) = u''(x)$ на кожную з кампанент u . Тут $H^2(\Omega)$ – прастора С. Л. Собалева, якая складаецца з такіх непарыўных функцый $u \in L_2(\Omega)$, у якіх усе абагульненыя вытворныя першага і другога парадкаў таксама належаць $L_2(\Omega)$; \oplus – прамая сума прастор.

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Владимиров, В. С. Уравнения математической физики / В. С. Владимиров. – М. : Наука, 1981. – 512 с.