



eISSN 2311-2468
Том 12, № 13. 2024
Vol. 12, no. 13. 2024

электронное периодическое издание
для студентов и аспирантов

Огарёв-онлайн

Ogarev-online

<https://journal.mrsu.ru>



МИХЕЕВ Д. И.

**МАКЕТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРОЙ В ПОМЕЩЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Аннотация. В статье рассматривается создание макета системы автоматической стабилизации температуры в помещении путем управления интенсивностью вентиляции на базе микроконтроллера Arduino UNO. Представлена структурная схема проекта макета, выбор датчиков и исполнительных механизмов, а также разработка алгоритма функционирования. Произведена оценка возможности применения данной системы в помещениях сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: система вентиляции, микроконтроллер, регулирование температуры.

MIKHEEV D. I.

**MODELLING OF AUTOMATED TEMPERATURE
CONTROL SYSTEM FOR AGRICULTURAL PREMISES**

Abstract. The article presents a prototype of a system for automatically stabilizing the temperature in a room by controlling the ventilation intensity based on the Arduino UNO microcontroller. A block diagram of the layout design, the selection of sensors and actuators, and the development of a functioning algorithm are provided. The possibility of using this system in agricultural premises is assessed.

Keywords: ventilation system, microcontroller, temperature control.

В настоящее время в Кыргызской Республике наблюдается рост экономической активности во всех сферах, в том числе и в области сельского хозяйства. Это обусловлено растущей доступностью новых технологий, основанных на автоматизации и цифровизации различных производственных процессов, что позволяет широко внедрять автоматизированное управление различными технологическими процессами, в том числе в небольших частных хозяйствах.

Разработка и изготовление систем автоматического управления (САУ) традиционно осуществляется в несколько этапов:

- разработка функциональной схемы САУ;
- выбор и обоснование технических средств;
- математическое моделирование для оценки степени обеспечения показателей качества функционирования САУ;
- корректировка схемы и конструирование системы;
- разработка алгоритма функционирования САУ и программного обеспечения.

Эти этапы трудоемки и требуют от разработчика высокой профессиональной квалификации. Появление в 2000-х годах широкого ассортимента микроконтроллеров (прежде всего ARDUINO) и других миниатюрных интеллектуальных элементов систем автоматизации позволяет упрощать и совмещать вышеперечисленные этапы в процессе макетирования несложных САУ, обеспечивая совместимость комплектующих и оценивая качество полученной конструкции на практике, экспериментально.

В данной статье описан процесс макетирования системы автоматической стабилизации температуры в помещении за счет управления интенсивностью вентиляции.

Функциональная схема макета САУ температурой в помещении представлена на рисунке 1. Конструктивно макет представляет собой замкнутый объем, в котором размещены все компоненты системы. Источником тепла внутри макета является миниатюрная лампа накаливания Л, питаемая от сети переменного тока напряжением 220 В [1]. Для плавного регулирования яркости лампы используется диммер Д, способный управлять нагрузкой до 100 Вт [2]. Блок питания БП преобразует переменное напряжение 220 В в постоянное величиной 5В, которое питает микроконтроллер МК, датчик температуры Т, MOSFET-модуль М и исполнительные механизмы системы: вентилятор В и сервопривод заслонки С.

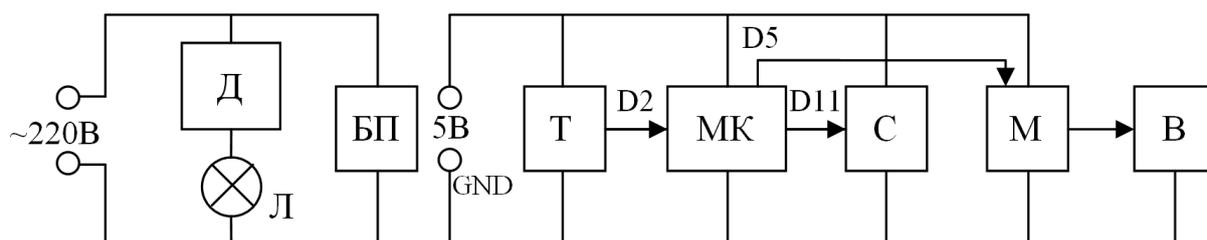


Рис. 1 Функциональная схема макета САУ температурой.

Основой системы управления является микроконтроллер ARDUINO UNO R3 [4]. Цифровой датчик температуры Т [3] посылает на вход микроконтроллера D2 измеренное значение температуры в виде цифрового кода. Микроконтроллер сравнивает мгновенное значение температуры с величиной, заданной пользователем, и при попадании измеренного значения в конкретный диапазон выдаёт соответствующие сигналы управления системой вентиляции на выходы D5 и D11 МК.

Система вентиляции включает два исполнительных элемента:

- сервопривод С, который перемещает заслонку вентиляционного отверстия на крыше макета [5];
- вентилятор В, закрепленный в боковой стенке макета.

В качестве вентилятора используется бесколлекторный вентилятор для охлаждения радиаторов электронной техники, имеющий размер 40 мм в высоту и длину и шириной 10 мм [7]. Скорость вращения вентилятора задается микроконтроллером в виде ШИМ сигнала, который усиливается с помощью MOSFET модуля М [6].

Внешний вид макета САУ температурой в помещении сельскохозяйственного назначения представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Внешний вид макета САУ температурой: а) вид спереди; б) вид сверху.

Процесс вентиляции макета осуществляется в соответствии с алгоритмом, блок-схема которого представлена на рисунке 3.

Датчик температуры опрашивается микроконтроллером каждые 2 секунды, и передает на цифровой вход D2 код со значением температуры. Если этого не происходит, в последовательный порт выводится сообщение об отсутствии сигнала от датчика температуры. Если же сигнал принят, то в порт выводится значение температуры t . Далее, микроконтроллер сравнивает это значение температуры с заданными диапазонами. Если значение попадает в определённый диапазон, то, согласно условию, два выходных параметра, а именно, положение вала сервопривода *servo* и скважность ШИМ-сигнала для вентилятора *motor* примут соответствующие заданные значения. Эти параметры и определяют режим работы и выбор вышеназванных исполнительных механизмов (сервопривода и вентилятора) на практике.

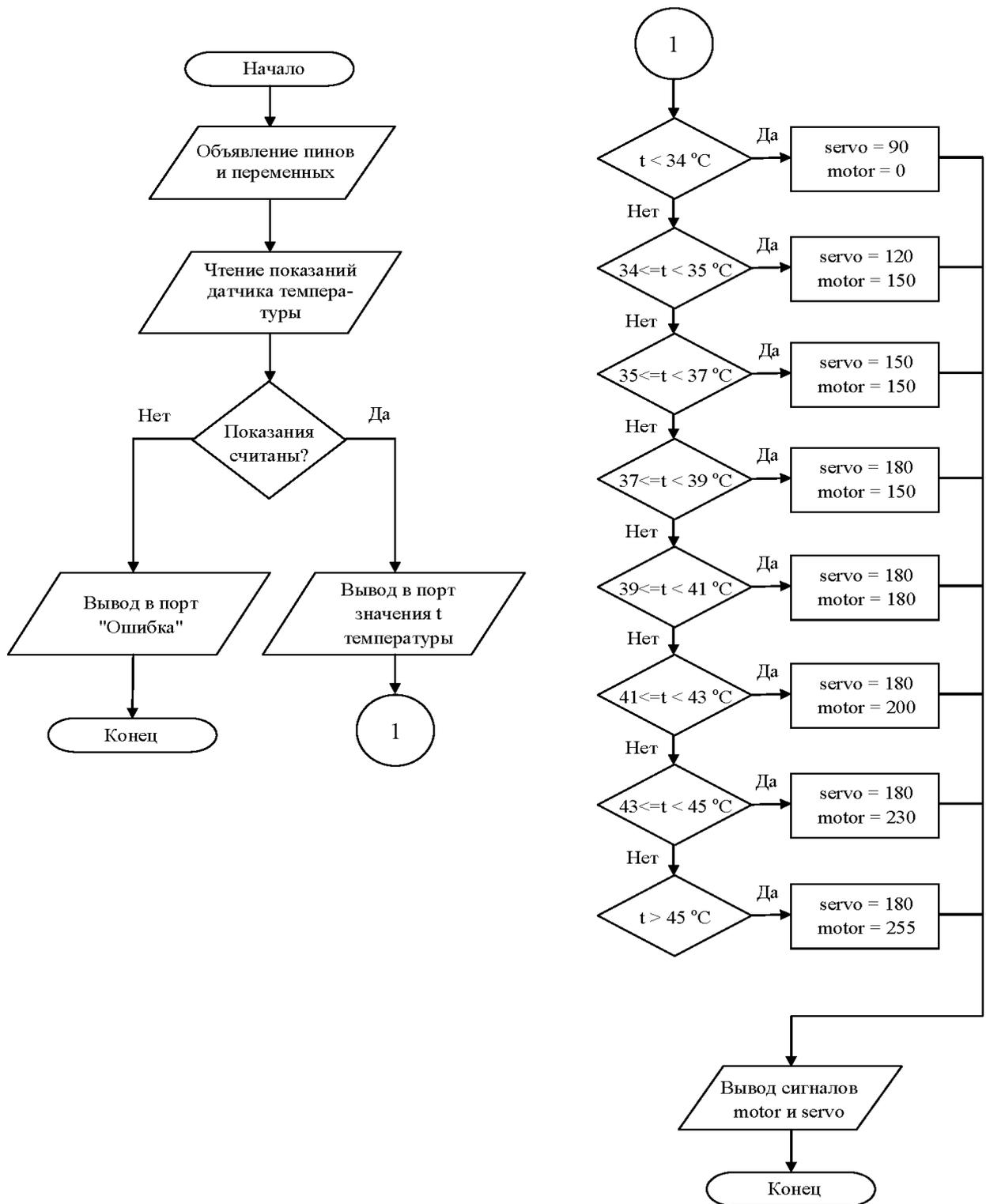


Рис. 3. Блок схема алгоритма программы микроконтроллера.

Микроконтроллер и датчик температуры могут быть использованы достаточно простые, а в качестве исполнительных механизмов могут быть применены более производительные устройства. Для управления заслонкой вентиляционного канала может

применяться более мощный сервопривод или шаговый двигатель. В таком случае будет необходимо использовать и соответствующий драйвер для такого двигателя. Заслонок может быть несколько, каждая из них может управляться по индивидуальной программе для более точного распределения потоков воздуха в помещении. В качестве основного вентилятора предполагается использование асинхронного двигателя в связке с частотным преобразователем, получающим управляющий ШИМ-сигнал от микроконтроллера Arduino.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лампа накаливания для холодильников и швейных машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/lampa-nakalivaniya-dlya-holodilnikov-i-shvejnyh-mashin-camelion-mic-15-p-cl-e14-12116-983223/> (дата обращения: 23.07.2024).
2. Диммер для ламп накаливания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aliexpress.ru/item/33041044073.html?sku_id=67421408519&spm=a2g2w.productlist.search_results.2.1686e7ddrG2oub (дата обращения: 23.07.2024).
3. Цифровой датчик температуры и влажности DHT11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/datchiki-temperatury-i-vlazhnosti-dht11-dht22/> (дата обращения: 23.07.2024).
4. Плата микроконтроллера Arduino UNO R3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://all-arduino.ru/product/arduino-uno/> (дата обращения: 23.07.2024).
5. Сервопривод SG90 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://duino.ru/SG90-Servoprivod.html/> (дата обращения: 23.07.2024).
6. Плата модуля полевого транзистора IRF520 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://duino.ru/MOSFET-modul.html/> (дата обращения: 23.07.2024).
7. Бесколлекторный вентилятор для охлаждения радиаторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asenergi.com/catalog/ventilyatory-ac/ventilyator-dc-40x40.html#more> (дата обращения: 23.07.2024).

БАКАЛОВА А. Т.

**РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
НАЦИОНАЛЬНОГО РЕЙТИНГА ВУЗОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Аннотация. В данной статье рассматривается автоматизированная система формирования рейтинга вузов Кыргызской Республики. Описана структура разрабатываемой базы данных и архитектура системы на основе проведенного анализа глобальных и региональных рейтинговых систем. Представлена реализация базы данных на основе разработанной методики формирования национального рейтинга вузов Кыргызской Республики, а также разработка пользовательского web-приложения автоматизированной системы.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, вуз, рейтинг вузов, институциональный рейтинг, архитектура MVT, проектирование информационных систем, база данных, тестирование системы.

BAKALOVA A. T.

**DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED AUTOMATED SYSTEM
OF THE NATIONAL RATING OF UNIVERSITIES OF THE KYRGYZ REPUBLIC**

Abstract. This article considers an automated system for forming a rating of universities in the Kyrgyz Republic. The structure of the database and the architecture of the system are described based on the analysis of global and regional rating systems. The implementation of the database based on the developed methodology for the formation of the national ranking of universities of the Kyrgyz Republic is presented. The development of a custom web application of an automated system is presented.

Keywords: automated information system, university, university rating, institutional rating, MVT architecture, information systems design, database, system testing.

Анализ глобальных рейтинговых систем и систем стран ближнего зарубежья оценки рейтинга вузов показал, что внедрение принципов Болонского процесса в высшем образовании Кыргызской Республики (КР) привело к появлению новых критериев, определяющих качество образовательных услуг, роли вузов и узнаваемости их в обществе [1; 6]. В связи с этим в рамках программы развития образования в КР на 2021–2040 годы предусмотрено создание национальной модели рейтинга вузов для подготовки к международным рейтингам [6–7], была поставлена задача разработки национальной методики оценки эффективности вузов и создание объективной информационной среды для потребителей образовательных услуг. Цель национального рейтинга – создание независимой

системы оценки вузов и образовательных программ по критериям качества и интернационализации. Он должен способствовать обеспечению высокого качества знаний и компетенций выпускников [1; 3; 6].

Задачи национального рейтинга вузов заключаются:

- в обеспечении объективной информации о состоянии и динамике вузов для повышения их престижа и конкурентоспособности;
- в выявлении потенциала и проблем для повышения эффективности вузов в управленческих решениях;
- в проведении системной оценки деятельности вузов;
- в измерении различных аспектов работы вузов и предоставление информации об образовательных услугах;
- в развитии методов оценки вузов и образовательных программ.

В ходе работ по созданию методики формирования рейтинговой системы для оценки образовательной деятельности вузов были разработаны [3–7]:

- система показателей и индикаторов для рейтинга;
- методика сбора данных;
- модель бизнес-процессов (as-is и to-be) [4–5];
- концептуальные и функциональные модели рейтинговой системы, включая инфологическую модель [4–5; 7].

Работа основывалась на анализе статистических данных, аналитических отчетов, использовании системного, статистического и сравнительного подходов, исследовании и анализе существующих рейтинговых систем, выбора показателей и методик сбора данных и сводилось к проектированию информационной системы и проведению экспериментальных исследований для определения рейтинга вузов КР.

Созданная интегрированная автоматизированная система национального рейтинга вузов КР (АСФНР) собирает данные через анкетирование студентов, выпускников и работодателей. Система позволяет проверять и формировать рейтинг на основе собранных данных, обеспечивая доступ к информации заинтересованным сторонам [7].

Основная практическая задача заключалась в разработке системы для хранения данных и автоматизации процесса сбора информации о вузах [6; 7]. Созданная автоматизированная система состоит из следующих модулей:

- *Администратор*: добавляет Вузы, изменяет баллы, управляет учетными записями;
- *Представитель вуза*: собирает данные и добавляет документы;

- *Представитель комиссии*: загружает и подтверждает документы, проверяет данные вузов.

Система разработана на языке программирования C#. Использовался Entity Framework, который построен по паттерну проектирования MVC (Model View Controller). База данных реализована на SQL Server [3; 7].

При открытии веб-приложения пользователю необходимо пройти авторизацию. При авторизации пользователь может войти под ролью администратора, представителя вуза и представителя комиссии. Страница входа в систему приведена на рисунке 1 [7].

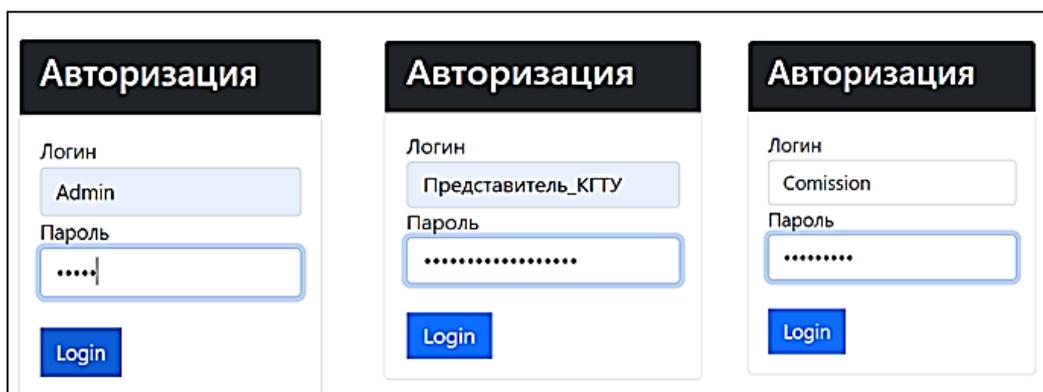


Рис. 1. Форма авторизации для разных пользователей.

После успешного входа в систему администратор имеет возможность добавлять, удалять и изменять список вузов. При нажатии на выпадающий список *Функции (админ)*, как показано на рисунке 2, администратор может выбрать необходимый для него список.

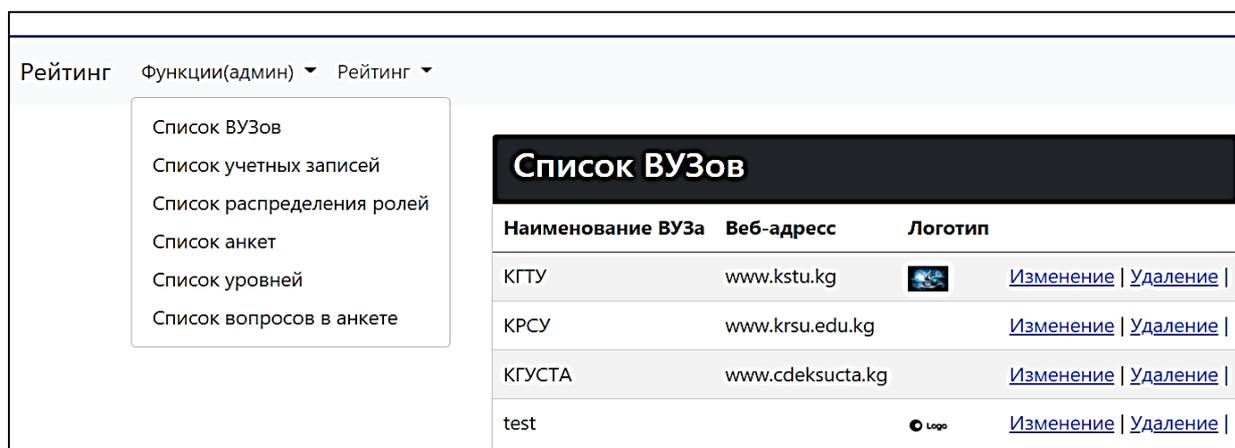


Рис. 2. Выпадающий список админа.

В любом из списков администратор имеет возможность проводить операции добавления, удаления и изменения. После добавления учетной записи необходимо

распределить для неё роль. Так, например, у представителя вуза в выпадающем списке есть возможность заполнить анкету и изменить данные вуза (рисунок 3).

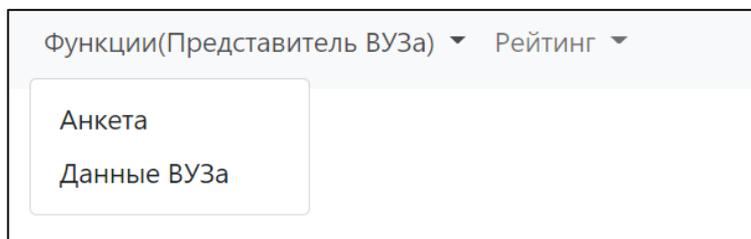
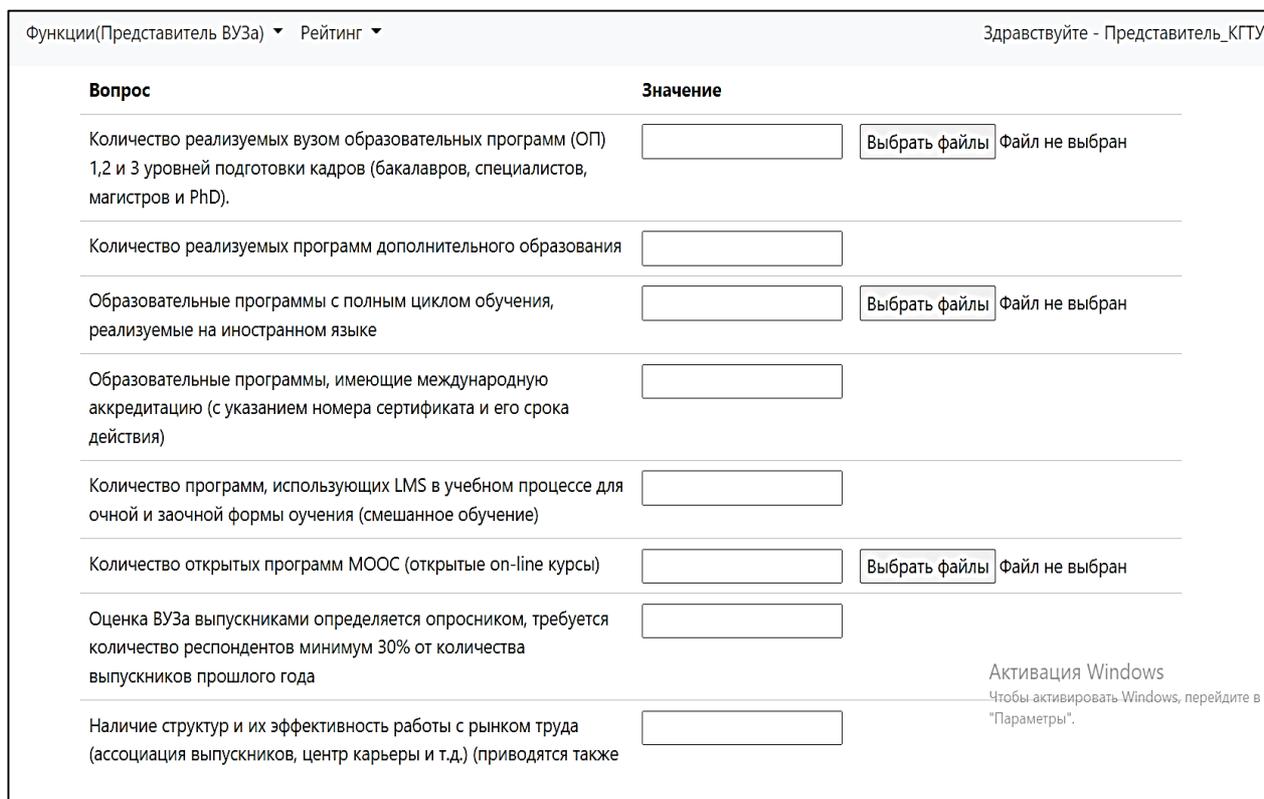


Рис. 3. Выпадающий список для представителя вуза.

Нажав на меню *Данные вуза* представитель вуза может внести изменение данных вуза. При нажатии меню *Анкета*, пользователю будет необходимо заполнить представленные данные, после чего он может перейти к ответу на вопросы анкеты. После заполнения анкетных данных необходимо их сохранить, а также добавить подтверждающие документы, после чего пользователю необходимо нажать кнопку *Подтвердить*. Заполнение вопросов представителем вуза приведено на рисунке 4.



Вопрос	Значение
Количество реализуемых вузом образовательных программ (ОП) 1,2 и 3 уровней подготовки кадров (бакалавров, специалистов, магистров и PhD).	<input type="text"/> <input type="button" value="Выбрать файлы"/> Файл не выбран
Количество реализуемых программ дополнительного образования	<input type="text"/>
Образовательные программы с полным циклом обучения, реализуемые на иностранном языке	<input type="text"/> <input type="button" value="Выбрать файлы"/> Файл не выбран
Образовательные программы, имеющие международную аккредитацию (с указанием номера сертификата и его срока действия)	<input type="text"/>
Количество программ, использующих LMS в учебном процессе для очной и заочной формы обучения (смешанное обучение)	<input type="text"/>
Количество открытых программ МООС (открытые on-line курсы)	<input type="text"/> <input type="button" value="Выбрать файлы"/> Файл не выбран
Оценка ВУЗа выпускниками определяется опросником, требуется количество респондентов минимум 30% от количества выпускников прошлого года	<input type="text"/>
Наличие структур и их эффективность работы с рынком труда (ассоциация выпускников, центр карьеры и т.д.) (приводятся также)	<input type="text"/>

Рис. 4. Заполнение вопросов представителем вуза.

После авторизации под ролью комиссии, в выпадающем списке пользователь может выбрать команду проверку анкет, в котором пользователь может выбрать вуз в списке и определить год, после чего, нажав кнопку *Подтвердить*, ему будут доступны подтверждающие документы вуза за определенный год. На рисунке 5 приведена страница скачивания подтверждающих документов представителем комиссии в *.pdf формате.

Вопрос	Значение	Документ	Действие
Количество реализуемых вузом образовательных программ (ОП) 1,2 и 3 уровней подготовки кадров (бакалавров, специалистов, магистров и PhD).	92	lab.pdf	Скачать
Образовательные программы с полным циклом обучения, реализуемые на иностранном языке	1	Лабораторная работа 1 (2 часа) Общее описание системы.pdf	Скачать
Количество открытых программ МООС (открытые on-line курсы)	5		Скачать

Рис. 5. Просмотр вопросов и загрузка подтверждающих документов.

Полный план тестирования рейтинговой системы (рисунок 6) включает в себя следующие категории тестов и выполняется с учетом указанной последовательности [7]:



Рис. 6. Порядок выполнения видов тестирования рейтинговой системы.

Перед официальным внедрением информационной системы были проведены приемочные испытания. В их ходе были сформулированы сценарии использования, проведено модульное тестирование, которое позволило протестировать методы каждого контроллера системы, был протестирован пользовательский интерфейс при помощи Selenium IDE, было проведено нагрузочное тестирование при помощи Apache JMeter, была протестирована производительность и целостность данных БД, было проведено тестирование безопасности при помощи Security Code Scan и исправлены предупреждения.

Таким образом, созданная система рейтинговой оценки вузов ускоряет процесс сбора и проверки данных, позволяет формировать рейтинг вузов по разным критериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Риферт К. П., Торобеков Б. Т., Раматов К. С Моделирование институциональной рейтинговой системы // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2022. – Т. 2(62). – С. 75–83.
2. Торобеков Б. Т. Разработка и реализация модели управления высшим учебным заведением на основе информационных систем: автореф. дисс. ... док. тех. наук: 05.13.01. – Бишкек, 2017. – 25 с.
3. Кошоева Б. Б., Чыныбаев М. К., Абдылдаева А. Р. Проектирование автоматизированной системы формирования национального рейтинга Вузов Кыргызской Республики // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 180–185.
4. Чыныбаев М. К., Кошоева Б. Б., Абдылдаева А. Р. Business Process Designing of the Institutional Ranking System of Higher Education of the Kyrgyz Republic // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – Vol. 1733. – P. 173–187.
5. Koshoeva B. B., Torbekov B. T., Bakalova A. T. Проектирование алгоритмов бизнес-процессов для автоматизированной системы // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. – 2023. – Т. 7, № 1. – С. 166–172.
6. Кошоева Б. Б., Чимчикова М. К., Абдылдаева А. Р. Отчет о научно-исследовательской работе: «Разработка и реализации модели национальной рейтинговой системы высшего образования» (промежуточный) / № госрег. 0007837. – 2022. – 146 с.
7. Кошоева Б. Б., Абдылдаева А. Р., Бакалова А. Т. Отчет о научно-исследовательской работе: «Разработка и реализации модели национальной рейтинговой системы высшего образования» / № госрег. 0007837. – 2023. – 66 с.

МОЛНАР А. М., РОДИОНОВА М. А., ФОРТУНОВА Н. А.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ
ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ РЭС

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы влияния тепловых режимов элементной базы радиоэлектронного средства на показатели надежности. Приведены примеры расчета показателей интенсивности отказов электрорадиоэлементов.

Ключевые слова: интенсивность отказа, надежность, температурный режим, резервированность.

MOLNAR A. M., RODIONOVA M. A., FORTUNOVA N. A.
ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MAJOR IMPACT FACTORS
ON RELIABILITY OF RADIOELECTRONIC EQUIPMENT

Abstract. The issues of the effect of thermal modes of radioelectronic equipment element base on reliability indicators are considered. Examples of calculating the failure rate of electronic and radio components are given.

Keywords: failure rate, reliability, thermal mode, redundancy.

Надежная работа любого радиоэлектронного средства (РЭС) зависит от многих внешних воздействующих факторов (ВВФ). ВВФ называется явление, процесс или среда, внешние по отношению к изделию или его составным частям, которые вызывают или могут вызвать ограничение или потерю работоспособного состояния изделия в процессе эксплуатации.

Среди ВВФ различают: механические, климатические, биологические, ВВФ специальных сред, термические, ВВФ электромагнитных полей (рисунок 1).

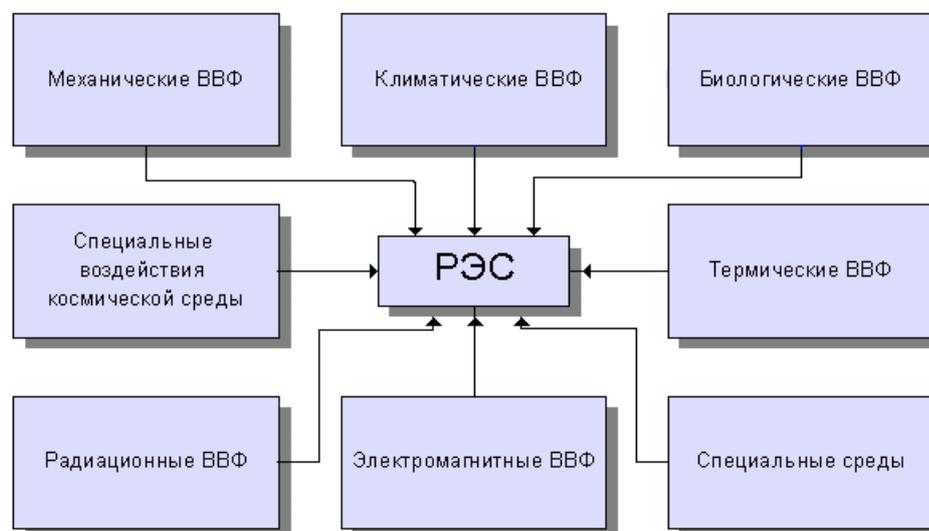


Рис. 1. Дестабилизирующие воздействия РЭС.

При проектировании и разработке РЭС, представляющего собой сложную многофункциональную систему, невозможно учесть все реальные факторы и условия эксплуатации. С учетом множества протекающих разнородных процессов, приводящих к отказам отдельных электрорадиоэлементов (ЭРЭ) и РЭС в целом, в качестве условий эксплуатации принимается совокупность ВВФ.

Обеспечение качества РЭС требует комплексного подхода. Тепловой режим элементной базы РЭС является одним из определяющих факторов его надежности, обеспечить которую не всегда может и входной контроль, т.к. не учитываются колебания питающей сети, разброс параметров элементов обвязки и т.д. Увеличение температуры ЭРЭ на каждые 10°C приводит к уменьшению показателей надежности на 30–50%. Так, при увеличении температуры бортовой аппаратуры с 60 до 80°C (рисунок 2) среднее время наработки на отказ $T_{но}$ уменьшается почти в 2 раза.

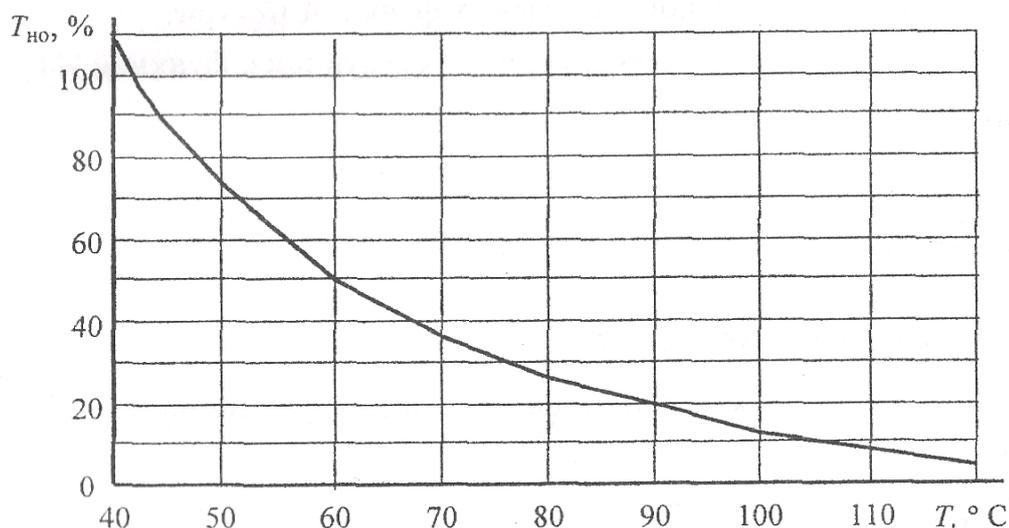


Рис. 2. Зависимость $T_{но}$ бортовых РЭС от температуры элементной базы.

Расчет надежности РЭС осуществляется по формулам:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (1)$$

$$\lambda_i = \lambda_{i0} \prod_{j=1}^m K_{ij}, \quad (2)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -го элемента; n – число элементов; λ_{i0} – интенсивность отказов i -го элемента при некоторых стандартных условиях его использования; K_{ij} – коэффициенты, учитывающие влияние j -го фактора на i -й элемент, при воздействии только

температуры $K=d\lambda/dT$; m – число факторов, характеризующих условия использования РЭС; $i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, m$.

Интенсивность отказов для элементов РЭС определяется опытным путем и приводится в виде таблиц значений и графиков. Для большинства элементов РЭС зависимость (2) с учетом влияния только температуры можно аппроксимировать формулой:

$$\lambda_i = A\lambda_{i0} \exp[b(T_r - T_{r0})], \quad (3)$$

где: T_r – температура критической зоны элемента в реальных условиях работы; T_{r0} – температура зоны в стандартных условиях; A, b – экспериментальные коэффициенты.

Зачастую сложно измерить температуру критической зоны элемента. Измерение температуры элемента обычно выполняется на его корпусе (температура корпуса элемента $T_{\text{ЭК}}$) или у его корпуса (температура окружающей элемент среды $T_{\text{ЭС}}$). Учитывая известные соотношения $T_r = T_{\text{ЭК}} + R_{rk}P_{\text{Э}}$; $T_r = T_{\text{ЭС}} + R_{rc}P_{\text{Э}}$, где R_{rk} (R_{rc}) – тепловое сопротивление между критической зоной и корпусом элемента (окружающей средой); $P_{\text{Э}}$ – мощность, рассеиваемая элементом, вместо (3) получаем:

$$\lambda_i = A\lambda_{i0} \exp[b[(T_{\text{ЭС}} - T_{\text{ЭС}0}) + R_{rc}(P_{\text{Э}} - P_{\text{Э}0})]], \quad (4)$$

$$\lambda_i = A\lambda_{i0} \exp[b[(T_{\text{ЭК}} - T_{\text{ЭК}0}) + R_{rk}(P_{\text{Э}} - P_{\text{Э}0})]], \quad (5)$$

где индексом под индексом «0» приведены параметры при стандартных условиях. При $A=1$ получается:

$$\lambda_i / \lambda_{i0} = \exp(bT_{\text{ЭС}} - c + dK_H), \quad (6)$$

где λ_{i0} – интенсивность отказов при $T_{\text{ЭС}}=T_{\text{ЭС}0}$ и $K_H=K_{H0}$; $c=b(T_{\text{ЭС}0} + R_{rc}P_{\text{Э}0})$;

$$d=b R_{rc}P_{\text{Э}0};$$

$$K_H = P_{\text{Э}} / P_{\text{Э}0} - \text{коэффициент нагрузки.}$$

Для оценки изменения интенсивности отказов элементов РЭС при изменении температуры окружающей среды на 10К, вводят показатель, характеризующий:

$$\Delta\lambda(10) = \frac{\lambda_i(T + 10) - \lambda_i(T)}{\lambda_i(T)} \cdot 100. \quad (7)$$

На изменение интенсивности отказов от температуры влияет и количество ЭРЭ различных типов. Интенсивность отказов РЭС можно оценить по формуле:

$$\lambda(T) = \lambda(20) \exp(b(T_{\text{э-ср}} - 293)), \quad (8)$$

где: $\lambda(20)$ – интенсивность отказов РЭА при $T_{в_ср} = 293$ К (20°C);

$T_{в_ср}$ – средняя температура воздуха в РЭА;

b – экспериментальный коэффициент ($b = 0,014–0,033$).

Приняв $b = 0,022$ получим:

$$\lambda(T) = \lambda(20) \exp(0,022(T_{в_ср} - 293)) \quad (9)$$

Таким образом, при изменении температуры воздуха внутри блока на 10К интенсивность отказов в среднем увеличивается на 25%.

Для электронных средств специального назначения характерно наличие резервированности. С целью повышения надежности на практике чаще всего используют параллельное подключение двух и более элементов. В данном случае рассматриваются невосстанавливаемые системы, состоящие из равнонадежных элементов. Отказом системы считается выход из строя (отказ) всех элементов.

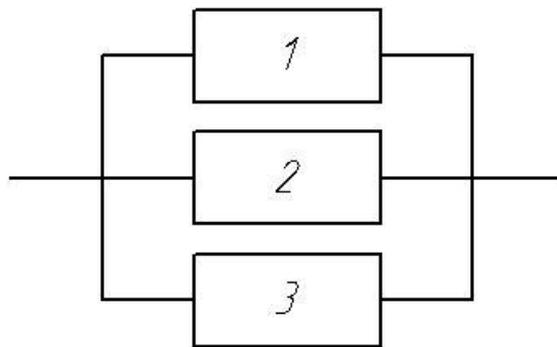


Рис. 3. Троируванная система.

Например, для троированной системы (рисунок 3) на основании использования теорем сложения и умножения вероятностей, аналитическое выражение для вероятности безотказной работы $R(t)$ имеет следующий вид:

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^3 [1 - R_i(t)] = \sum_{i=1}^3 R_i(t) + \prod_{i=1}^3 R_i(t) - [R_1(t) \cdot R_2(t) + R_2(t) \cdot R_3(t) + R_1(t) \cdot R_3(t)] \quad (10)$$

где $R_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента.

На практике подобные системы встречаются не часто, поскольку параллельное соединение выходов элементов может привести к паразитным влияниям резервируемых и

резервных элементов друг на друга. Необходимо наличие развязывающего элемента. В качестве такого элемента часто применяют мажоритар, а схема расчета надежности называется мажоритарной (рисунок 4).

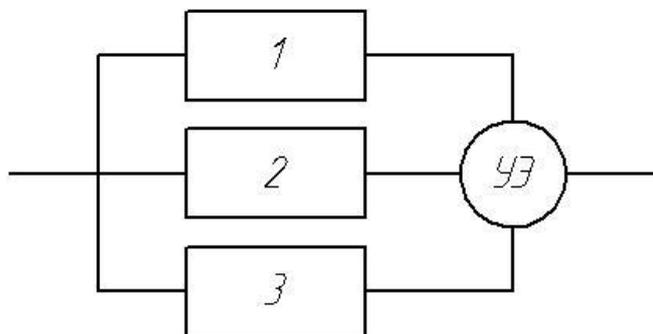


Рис. 4. Мажоритарная схема.

Узел на рис.4 будет работоспособным, если он находится в следующих двух состояниях (принимая управляющий элемент (УЭ) надежным):

Состояние 1. Работоспособны и 1, и 2, и 3.

Состояние 2. Работоспособны любые два устройства из 1, 2, 3.

Тогда, на основании законов вероятности, выражение для безотказной работы такой системы:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) + R_2(t) \cdot R_3(t) + R_1(t) \cdot R_3(t) - 2R_1(t)R_2(t)R_3(t) \quad (11)$$

Если элементы равнонадежны, а именно так в большинстве рассчитываются резервированные системы, то вероятность безотказной работы:

$$R(t) = 3R_1^2(t) - 2R_1^3(t), \quad (12)$$

На практике же, из-за условий эксплуатации и конструктивных особенностей приборов, наблюдается неравномерные режимы работы (в том числе и тепловые) узлов. Следовательно, резервирующие и резервируемые узлы устройства могут быть не равнонадежны.

Исследуем выражение (12), (для простоты положим $R_3(t) = 1$):

$$\begin{aligned} R(t) &= R_1(t) \cdot R_2(t) + R_2(t) \cdot 1 + \\ &+ R_1(t) \cdot 1 - 2R_1(t)R_2(t) \cdot 1 = \\ &= R_1(t) + R_2(t) - R_1(t) \cdot R_2(t) \end{aligned} \quad (13)$$

Построим для наглядности график данной функции (рисунок 5).

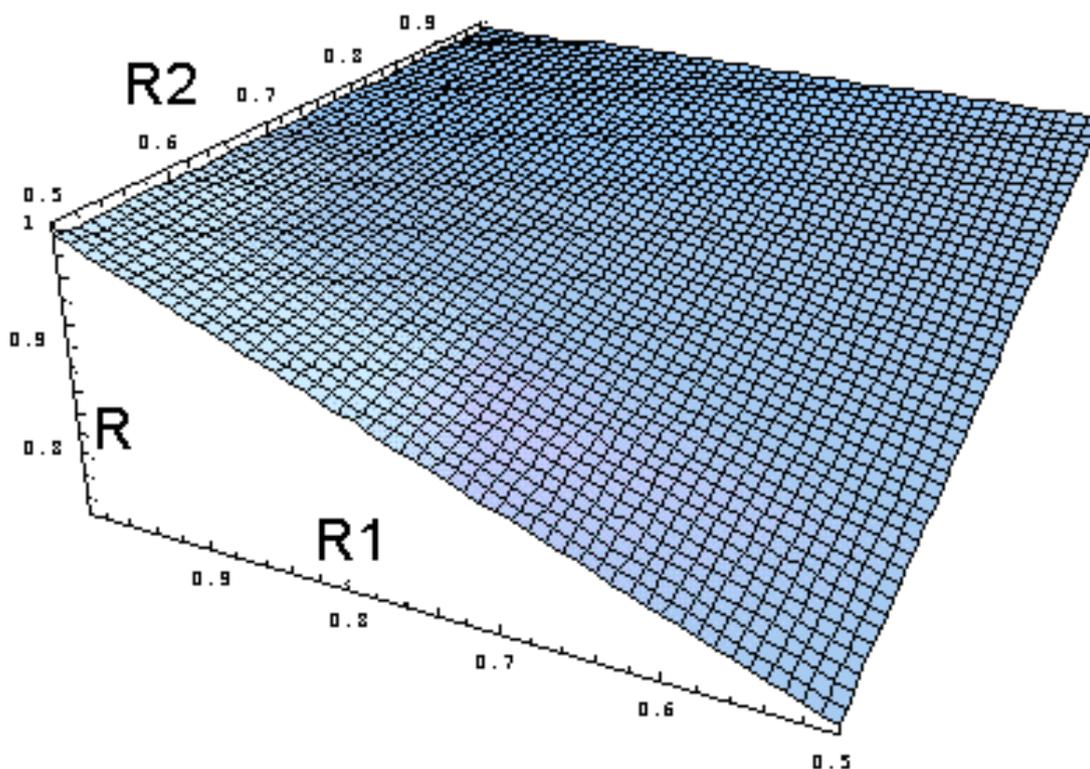


Рис. 5. Значения вероятности безотказной работы.

Как можно заметить из рисунка 5, неравномерность распределения вероятностей безотказной работы (ВБО) по узлам прибора в таком случае будет снижать ВБО всего устройства в целом. Поэтому одной из задач проектирования должно быть обеспечение равномерной нагрузки (в т.ч. и тепловой, как одной из основных, определяющих надежность) на подобные узлы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роткоп Л. Л., Спокойный Ю. Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. радио, 1976. – 232 с.
2. Дульнев Г. Н., Парфенов В. Н., Сигалов А. Г. Методы расчета тепловых режимов прибора. – М.: Радио и связь, 1990. – 312 с.
3. Жданов В. В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 464 с.

ИОНЫЧЕВ В. К., ЧЕРАШЕВ Д. М.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ $P-N$ ПЕРЕХОДА С ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫМ КОЛЬЦОМ
В РЕЖИМЕ ЛАВИННОГО ПРОБОЯ**

Аннотация. В статье приводится описание эффектов, оказывающих негативное влияние на величину напряжения лавинного пробоя. Проведено моделирование планарного $p-n$ перехода с ограничительным кольцом в режиме лавинного пробоя с целью оптимизации защиты структуры от поверхностного пробоя.

Ключевые слова: ограничительное кольцо, ионизационный интеграл, пространственный заряд, электрическое поле.

IONYCHEV V. K., CHERASHEV D. M.

**SIMULATION OF $P-N$ JUNCTION WITH RESTRICTIVE RING
IN AVALANCHE BREAKDOWN MODE**

Abstract. The article describes the effects that have a negative impact on the magnitude of the avalanche breakdown voltage. A simulation of a planar $p-n$ junction with restrictive rings in the avalanche breakdown mode was carried out in order to optimize protection of the structure from surface breakdown.

Keywords: restriction ring, ionization integral, space charge, electric field.

Планарный $p-n$ переход, полученный диффузией примеси через диффузионное окно круглой формы в окисной пленке, имеет плоскую и цилиндрическую (искривлённую) части. В цилиндрической части $p-n$ перехода, по сравнению с плоской частью, пробой структуры происходит при меньшем значении обратного напряжения, так как в этой части перехода ширина области пространственного заряда (ОПЗ) меньше, чем в плоской части. Вследствие меньшей ширины ОПЗ, в искривлённой части перехода также максимальное значение напряжённости электрического поля.

На границе раздела окисел-полупроводник и в самом окисле имеются заряды, как правило, положительные. Из-за этого поверхность кремния n -типа может стать обогащенной основными носителями заряда, вследствие чего ширина ОПЗ у поверхности сужается и проявляется поверхностный пробой структуры. Существует ряд методов защиты от поверхностного пробоя планарного $p-n$ перехода: использование диффузионного охранного кольца, полевой обкладки, частичного вытравливания перехода, ограничительного (делительного) кольца [1]. Внедрение в структуру планарного $p-n$ переход полевого ограничительного кольца требует оптимизации этого способа защиты структуры от поверхностного пробоя. Моделированию планарного $p-n$ перехода с ограничительным

кольцом в режиме лавинного пробоя посвящена данная работа. Моделирование проводилось в САПР TCAD 7.0 в программе DESSIS [2].

Структура планарного перехода изображена на рисунке 1. Она представляет собой полупроводник n -типа с концентрацией донорной примеси $N_d = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ (тип примеси – фосфор). Планарный переход образован при помощи диффузии бора через окно круглой формы в окисной пленке диаметром 1 мм. Концентрация легирующей примеси на поверхности p^+ -области $N_s = 10^{20} \text{ см}^{-3}$. Распределение примеси описывается функцией распределения Гаусса. Глубина залегания p - n перехода 10 мкм. Поверхность защищена окислом SiO_2 . Толщина окисла 0,1 мкм. Заряды в окисле отсутствуют. На основания полупроводника наносится металлический контакт, который образует с полупроводником омический контакт (катод). На p -область так же наносится омический контакт (анод).

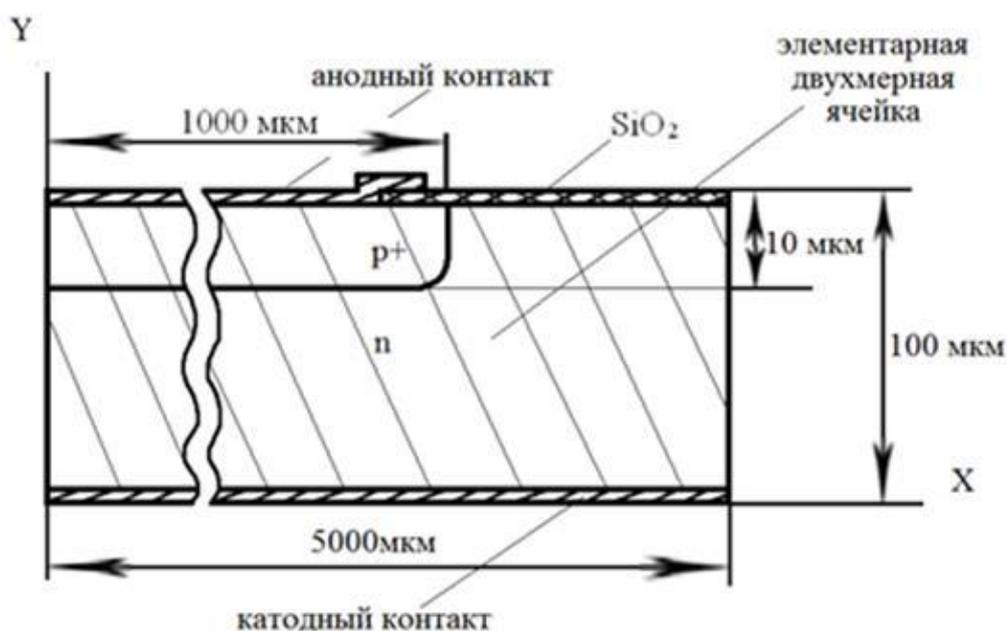


Рис. 1. Структура планарного p - n перехода.

Результаты моделирования показали, что напряжение лавинного пробоя составляет 178,8 В. На рисунке 2 представлены распределение пространственного заряда, электрического поля и ионизационный интеграл в структуре планарного p - n перехода при напряжении пробоя.

Ширина ОПЗ в плоской и цилиндрической части различается. В плоской части ОПЗ составляет 17,2 мкм, а в цилиндрической части – 14 мкм. Электрическое поле в искривленной части p - n перехода максимально и составляет $2,8 \times 10^5 \text{ В/см}$. Пробой происходит не в плоской, а в цилиндрической части, так как ширина ОПЗ в этой части перехода меньше. Об этом свидетельствует ионизационный интеграл.

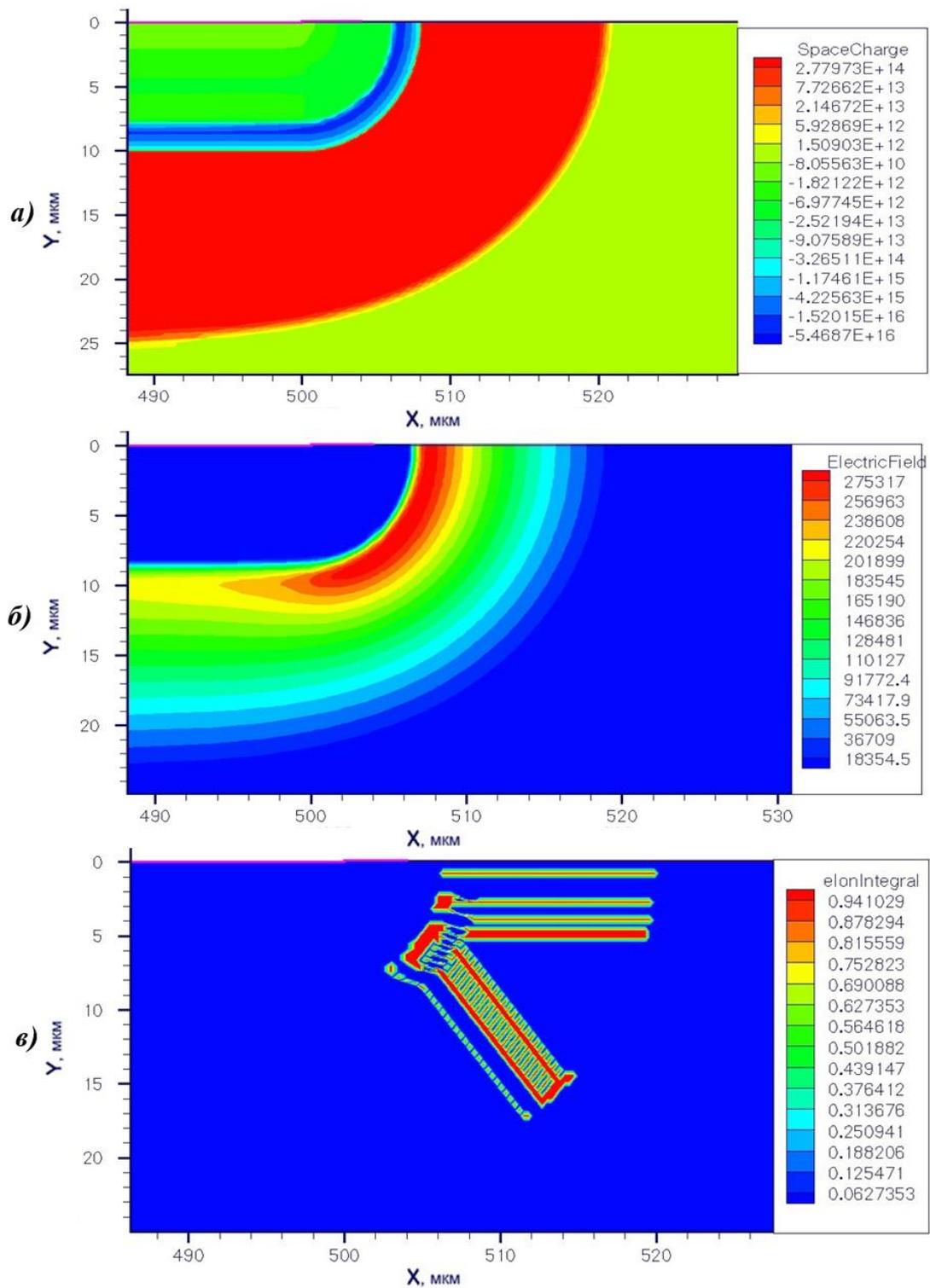


Рис. 2. Результаты моделирования планарного $p-n$ перехода:

- а) распределение пространственного заряда;
- б) распределение электрического поля;
- в) ионизационный интеграл по сечению структуры.

На рисунке 3 представлено распределение пространственного заряда в $p-n$ переходе при напряжении пробоя для различных величин поверхностной концентрации заряда в окисле.

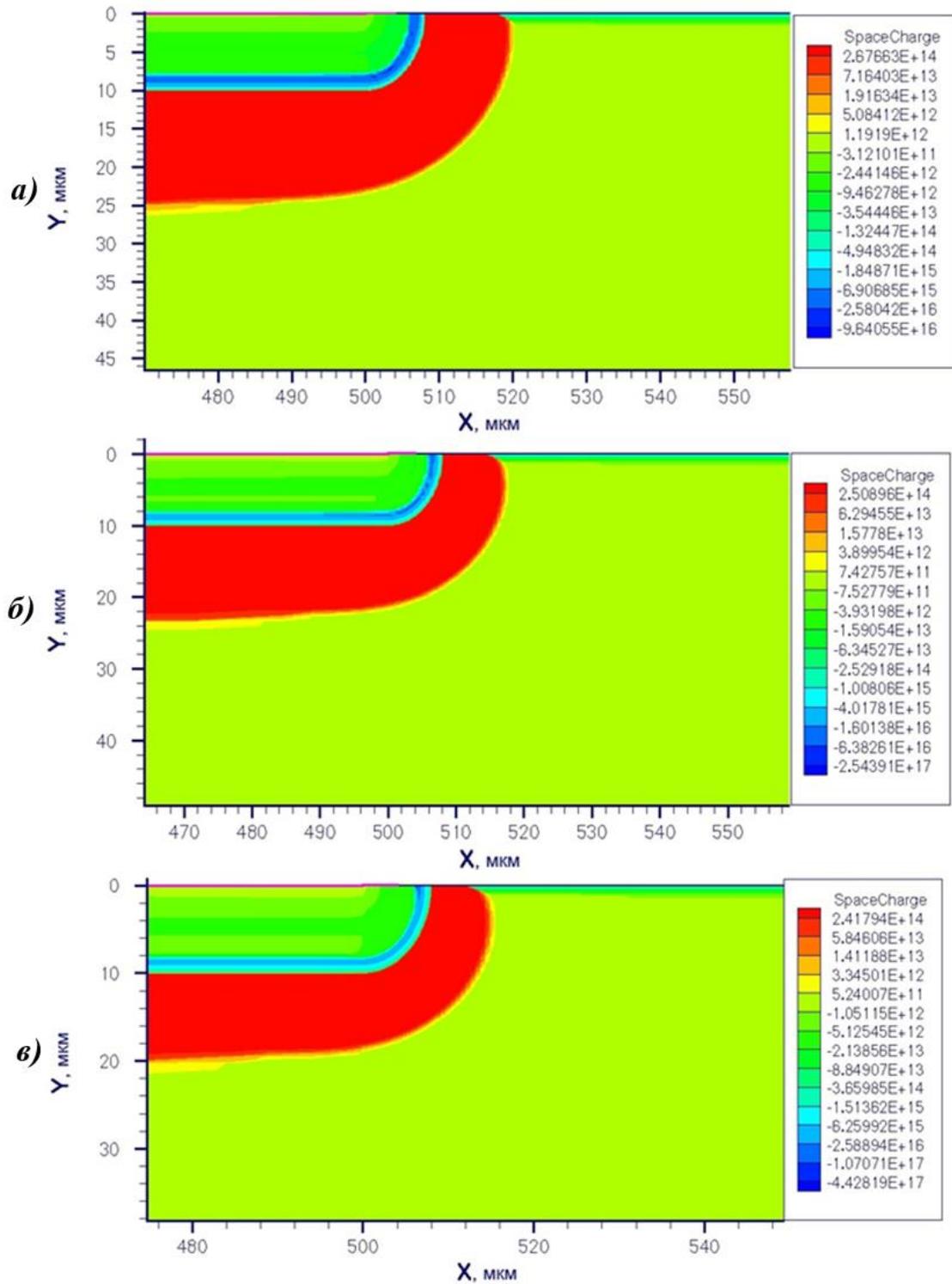


Рис. 3. Распределение ОПЗ для поверхностной концентрации заряда в окисле:

а) 10^{11} см^{-2} ; б) $5 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$; в) 10^{12} см^{-2} .

При поверхностной концентрации заряда в окисле 10^{11} см⁻² ширина ОПЗ в плоской части составляет 17,8 мкм, а на поверхности почти такая же, как в цилиндрической части перехода и составляет 13 мкм. При поверхностной концентрации заряда в окисле 5×10^{11} см⁻² ОПЗ в плоской части соответствует 14,3 мкм, а на поверхности 9 мкм. При поверхностной концентрации заряда в окисле 10^{12} см⁻² ширина ОПЗ в плоской части и на поверхности соответственно равны 11 мкм и 6 мкм. Заряд в окисле существенно уменьшает ширину ОПЗ в приповерхностной области. Это связано с обогащением приповерхностной области подложки основными носителями заряда (электронами), увеличивается плотность объемного заряда в приповерхностной области и соответственно уменьшается ширина ОПЗ.

Зависимость напряжения лавинного пробоя от поверхностной концентрации заряда в окисле представлена в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость напряжения лавинного пробоя планарного *p-n* перехода от поверхностной концентрации заряда в окисле *SiO₂*

Поверхностная концентрация заряда в окисле, см ⁻²	Напряжение лавинного пробоя, В
10^{10}	178
10^{11}	172,5
5×10^{11}	124,8
10^{12}	70,4
2×10^{12}	27,6

Внедрение полевого ограничительного кольца в структуру планарного *p-n* перехода при его разработке позволяет избавиться от данных негативных эффектов.

Ограничительное кольцо представляет собой диффузионную *p*-область, аналогичную сильнолегированной части основного *p-n* перехода [3]. Расстояние между кольцом и основным *p-n*-переходом должно быть таким, чтобы обедненные области обоих *p-n* переходов перед лавинным пробоем соединились. В результате этого напряженность электрического поля перед пробоем не достигает критического значения. Если напряжение на *p-n* переходе продолжать увеличивать, то общая область пространственного заряда сложным образом огибает обе диффузионные области. Полевое ограничительное кольцо действует как делитель напряжения и заметно уменьшает кривизну границы обедненной области основного *p-n* перехода.

Для оптимизации полевого ограничительного кольца необходимо варьировать ширину ограничительного кольца и расстояние между основным переходом и ограничительным кольцом. Однако ширина ограничительного кольца не столь критична. Эффективность делительного кольца в части улучшения напряжения пробоя цилиндрического перехода снижается, если его ширина становится слишком малой. Необходимо делать ширину полевого кольца, по меньшей мере, равной толщине обедненной области плоского перехода при пробое [4].

При малом расстоянии между диффузионными областями основной переход отбирает малую часть обратного напряжения, то есть практически все обратное напряжение будет падать на ограничительном кольце, а максимальное пробивное поле будет находиться в обедненной области кольца. В этом случае эффект полевого кольца не значителен.

При большом расстоянии между диффузионными областями практически все обратное напряжение будет падать на основном переходе, и пробой будет наблюдаться на основном переходе. Эффективность кольца также незначительна.

Структура планарного $p-n$ -перехода с полевым ограничительным кольцом представлена на рисунке 4.

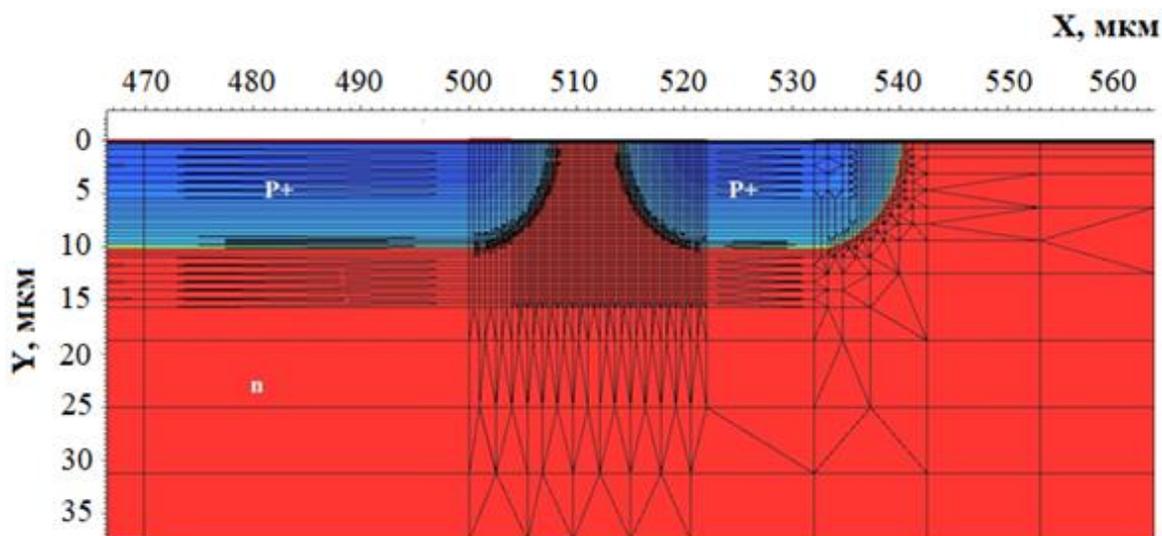


Рис. 4. Структура планарного $p-n$ перехода с ограничительным кольцом.

Диаметр диффузионного окна в окисной пленке для создания делительного кольца брался равным 10 мкм. Моделирование $p-n$ перехода с ограничительным кольцом проводилось при положительном заряде в окисле с поверхностной концентрацией $N_s = 5 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$. Результаты моделирования показали, что при оптимальном расстоянии между переходом и кольцом 5 мкм, получено напряжение пробоя 223,7 В.

Распределение объемного заряда, электрического поля и ионизационный интеграл при пробое структуры с ограничительным кольцом представлены на рисунке 5.

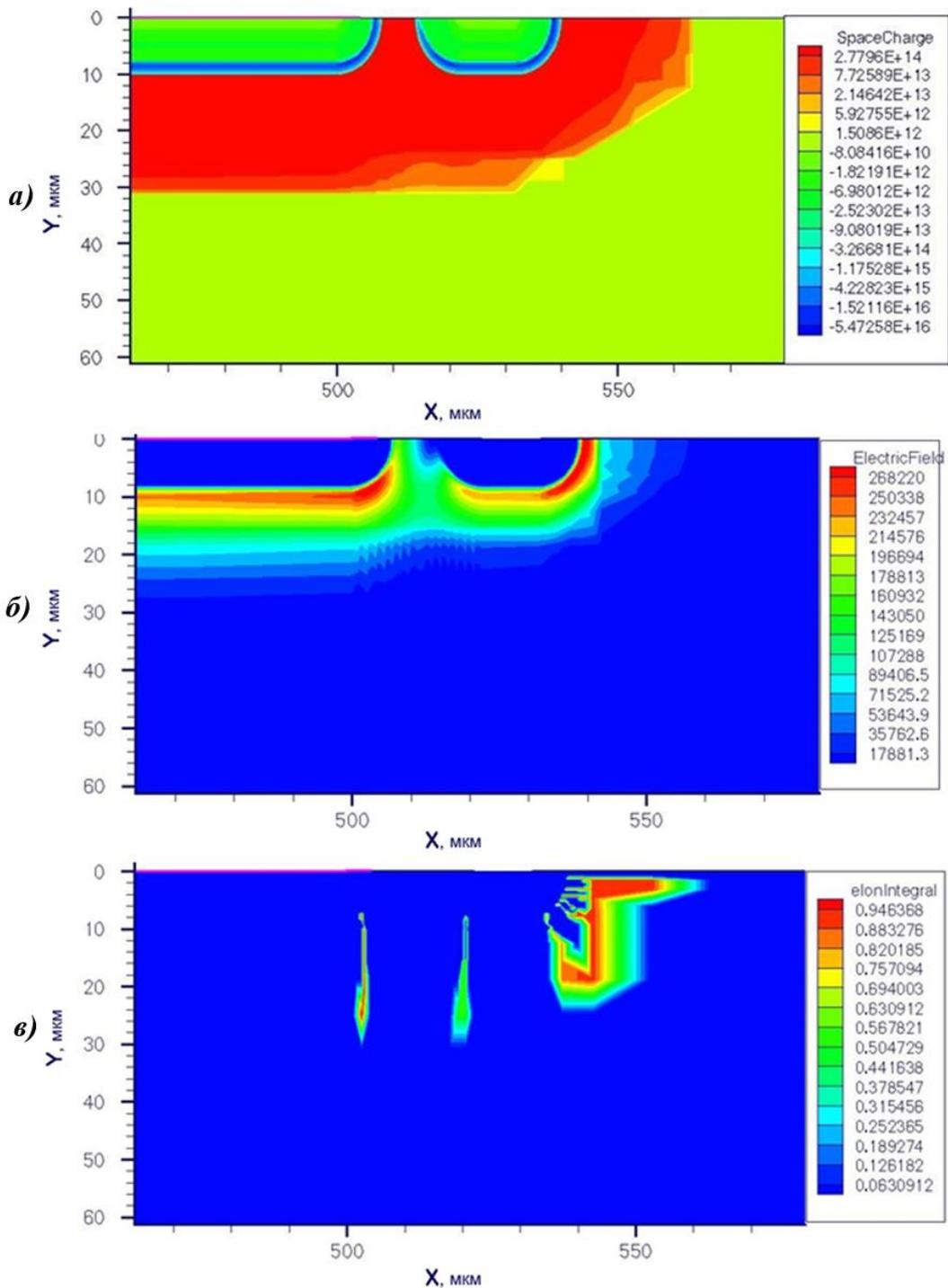


Рис. 5. Результаты моделирования планарного $p-n$ перехода с ограничительным кольцом:

- а) распределение пространственного заряда; б) распределение электрического поля;
- в) ионизационный интеграл по сечению структуры.

При оптимальном подборе параметров полевого ограничительного кольца, можно значительно увеличить напряжение пробоя планарного $p-n$ перехода. Для моделируемого диода с поверхностной концентрацией заряда в окисле $5 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$ с помощью полевого ограничительного кольца при его оптимальных параметрах удалось увеличить напряжение пробоя с 124,8 до 223,7 В.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сережкин Ю. Н., Ионычев В. К. Проектирование полупроводниковых низкочастотных выпрямительных диодов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2000. – 60 с.
2. Горячкин Ю. В., Нестеров С. А., Сурин Б. П. Физико-топологическое моделирование в САПР TCAD. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – 124 с.
3. Блихер А. Физика тиристоров / пер. с англ. И. В. Грехова. – Л.: Энергоиздат. Ленинград. отделение, 1981. – 264 с.
4. Baliga В. J. Fundamentals of Power Semiconductor Devices. – Springer, 2008. – 2069 p.

АКШОНОВ А. М., ЛАДАНОВА Е. О., НИКУЛИН В. В.

РАЗРАБОТКА ТЕЛЕГРАМ-БОТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НАСТРОЙКАМИ РОУТЕРА

Аннотация. В данной статье рассматривается подход к автоматизации управления настройками роутера с использованием Телеграм-бота. Основное внимание уделено разработке и интеграции телеграм-бота, позволяющего пользователям удаленно изменять параметры роутера, такие как настройки Wi-Fi, перезагрузка устройства, управление портами и настройка приоритизации трафика. Приведены примеры использования бота для оценки качества сетевого соединения и проведения базовой диагностики сети, включая измерение скорости, пинга и потери пакетов. Особое внимание уделено вопросам безопасности и аутентификации при удаленном доступе к роутеру через бот. Экспериментальные результаты демонстрируют эффективность предложенного решения, показывая, что бот значительно упрощает процесс управления домашними и офисными сетями.

Ключевые слова: сетевое администрирование, удаленное управление, автоматизация, аутентификация, диагностика сети.

AKSHONOV A. M., LADANOVA E. O., NIKULIN V. V.

DEVELOPING A TELEGRAM BOT FOR MANAGING ROUTER SETTINGS

Abstract. This article discusses an approach to automating router settings management using a Telegram bot. The focus is on the development and integration of a Telegram bot that allows users to remotely modify router parameters such as Wi-Fi settings, device reboot, port management, and traffic prioritization. Examples of bot usage are given for evaluating network connection quality and performing basic network diagnostics, including speed measurement, ping, and packet loss. Special attention is given to security and authentication issues during remote access to the router via the bot. Experimental results demonstrate the effectiveness of the proposed solution, showing that the bot significantly simplifies the process of managing home and office networks.

Keywords: network administration, remote control, automation, authentication, network diagnostics.

Современные сети, как домашние, так и офисные, становятся все более сложными, что требует повышения уровня удобства и эффективности их управления. С ростом числа подключенных устройств и увеличением требований к качеству соединения возникает необходимость в простых и доступных инструментах для удаленного администрирования сетевых устройств, в частности роутеров. Традиционные методы настройки и мониторинга сетей зачастую требуют использования сложных интерфейсов или физического доступа к устройствам, что не всегда удобно и эффективно. Телеграм-боты, как инструменты для

автоматизации задач, приобретают все большую популярность благодаря своей простоте в использовании и возможностям интеграции с различными системами. Они могут значительно упростить управление сетевыми устройствами, предоставляя интуитивно понятный интерфейс для изменения настроек и мониторинга состояния сети через удобный мессенджер. Использование Телеграм-ботов для управления роутерами позволяет проводить такие операции, как изменение параметров Wi-Fi, настройка приоритизации трафика, перезагрузка устройства и проведение базовой диагностики сети, удаленно и в реальном времени [1–3].

Цель данного исследования – разработка и описание Телеграм-бота, предназначенного для управления настройками роутера, а также оценка его эффективности в решении задач удаленного администрирования сети. В рамках работы будет предложен метод интеграции бота с роутером, исследованы вопросы безопасности и защиты при взаимодействии с сетевыми устройствами, а также проведены эксперименты по оценке производительности данного подхода в различных сетевых условиях.

Процесс разработки Телеграм-бота, предназначенного для управления настройками роутера, представляет собой несколько последовательных этапов, каждый из которых играет важную роль в построении общей архитектуры системы. От начального проектирования, охватывающего ключевые аспекты взаимодействия компонентов, до детальной интеграции с роутером и обеспечения безопасности передачи данных – на каждом этапе были применены методы, направленные на создание надежного и функционального решения [4]. Для более глубокого понимания рассмотрим ключевые моменты, использованные в ходе разработки и последующего тестирования предложенной системы.

На языке Go, который, будучи разработанным Google, отличается своей лаконичностью и одновременно мощной поддержкой многозадачности, был создан Телеграм-бот, выступающий в роли центрального компонента системы. Go, благодаря своей способности эффективно управлять многозадачностью посредством горутин, что особенно полезно для приложений, требующих обработки большого числа запросов в реальном времени, оказался идеальным выбором. Взаимодействие бота с Telegram API было обеспечено с помощью библиотеки `go-telegram-bot-api`, которая существенно упростила интеграцию и дала возможность эффективно управлять обработкой команд, отправляемых пользователями. Задачи, которые ставятся перед ботом, варьируются от простейших действий, таких как изменение настроек беспроводной сети Wi-Fi, до более сложных задач вроде перезагрузки устройства или запуска процессов диагностики сети. В ответ на команду от пользователя бот формирует соответствующий запрос и передает его на сервер, который непосредственно взаимодействует с роутером. Коммуникация происходит через протоколы передачи данных, такие как HTTP(S), что позволяет обеспечивать безопасную передачу информации.

Серверная часть системы выполняет роль посредника между Телеграм-ботом и роутером. Получив запрос от бота, сервер анализирует поступившую команду и инициирует выполнение необходимых действий. В зависимости от команды могут быть задействованы различные методы управления устройством. Например, если роутер поддерживает API, то сервер отправляет HTTP(S)-запросы, обращаясь к веб-интерфейсу устройства. В случаях, когда API отсутствует, для выполнения команд используется SSH-соединение, что позволяет отправлять команды напрямую через CLI (интерфейс командной строки), тем самым позволяя управлять роутером удаленно. После выполнения команды, будь то изменение параметров сети или запуск тестов диагностики, роутер возвращает ответ, который сервер обрабатывает и направляет обратно в Телеграм-бот. Бот, в свою очередь, формирует пользовательский ответ и передает его обратно в чат, информируя о результатах выполнения запроса. Роутер, являясь конечной точкой в системе, реализует физическое управление сетевыми параметрами. Благодаря поддержке различных методов удаленного управления, включая API, CLI и протокол SNMP (Simple Network Management Protocol), возможно не только изменение базовых настроек беспроводной сети (SSID, пароли и т.д.), но и выполнение различных диагностических операций, таких как проверка скорости соединения или мониторинг уровня потерь пакетов. В случае необходимости роутер может также передавать данные о текущем состоянии (например, нагрузка на сеть или информация о подключении) на сервер для последующего анализа и отображения в пользовательском интерфейсе Телеграм-бота.

Использование языка Go в разработке данного решения было продиктовано его преимуществами в плане производительности, а также гибкостью работы с многозадачностью, что в сочетании с библиотекой go-telegram-bot-api позволило достичь высокой скорости обработки запросов.

Одной из основных функций разработанного Telegram-бота является возможность измерения скорости интернет-соединения. Данная функция крайне полезна для мониторинга качества сети, так как многие современные онлайн-сервисы зависят от стабильного и скоростного соединения с интернетом. Регулярная проверка скорости позволяет своевременно выявить и устранить возможные проблемы, влияющие на качество пользовательского опыта. Для автоматического измерения скорости интернет-соединения в боте задействована утилита speedtest-cli, которая запускается на сервере и возвращает результаты в виде текста. Эта утилита, являясь кроссплатформенной и широко используемой, позволяет получать такие показатели, как скорость загрузки и отдачи, а также задержку (пинг). Ниже приведен пример реализации данной функции на языке программирования Go:

```
func checkSpeed(bot *tgbotapi.BotAPI, chatID int64) string {  
    action := tgbotapi.NewChatAction(chatID, tgbotapi.ChatTyping)  
    bot.Send(action)  
}
```

```

    out, err := exec.Command("speedtest-cli").CombinedOutput()
    if err != nil {
        return "Ошибка при проверке скорости: " + err.Error() + "\n" + string(out)
    }

    return string(out)
}

```

В данной функции используется команда `exec.Command`, которая инициирует запуск утилиты `speedtest-cli` через системные команды. Если в процессе выполнения возникает ошибка, то функция возвращает сообщение с описанием ошибки и выводом команды. В противном случае возвращаются результаты измерений в текстовом формате. Чтобы бот выглядел более интерактивно, была добавлена анимация «печати», которая появляется на экране чата, сигнализируя пользователю о том, что запрос обрабатывается. Telegram-бот вызывает данную функцию следующим образом:

```

case "check_speed":
    speedResult := checkSpeed()
    msg := tgbotapi.NewMessage(chatID, speedResult)
    bot.Send(msg)

```

После получения команды на проверку скорости интернет-соединения, бот вызывает функцию `checkSpeed`, которая выполняет измерение скорости и возвращает детализированный результат пользователю в виде текстового сообщения. В результате пользователь может в любой момент проверить параметры соединения, такие как скорость загрузки, скорость отдачи, а также задержку, получив данные в удобной и читаемой форме. На рисунке 1 представлен пример того, как Telegram-бот выполняет измерение скорости интернета. Данная функциональность предоставляет пользователям гибкость и удобство, что особенно важно для тех, кто регулярно сталкивается с нестабильным интернет-соединением или проводит тестирование сетевых параметров для улучшения качества работы сетевых сервисов.

Использование `speedtest-cli` в качестве инструмента для измерения скорости интернета внутри нашего бота оправдано с точки зрения простоты внедрения и быстроты получения результатов. Этот инструмент уже доказал свою надежность в различных сценариях использования, что делает его эффективным решением для мониторинга интернет-соединений в реальном времени. Telegram-бот, интегрированный с данной утилитой, способен быстро реагировать на запросы пользователей и предоставлять важную информацию о состоянии сети в несколько кликов.

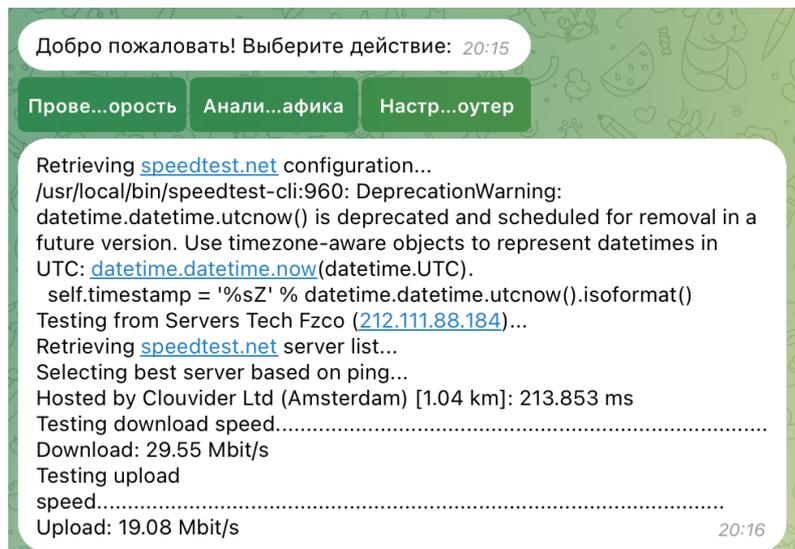


Рис. 1. Результат проверки скорости интернета.

Telegram-бота может осуществлять анализ сетевого трафика. Эта предоставляет пользователям ценную информацию о том, какой объем данных передается через активные сетевые интерфейсы. Подобный анализ важен для диагностики работы сети, позволяет выявить узкие места или подозрительную активность в реальном времени. В данном случае для выполнения анализа трафика используется библиотека `gopacket`, которая обеспечивает работу с сетевыми интерфейсами, предоставляя возможность захвата и анализа пакетов данных, проходящих через сеть. В основе данной функции лежит следующий код на языке Go:

```
func analyzeTraffic() string {
    device, err := getActiveInterface()
    if err != nil {
        return "Ошибка определения активного интерфейса: " + err.Error()
    }

    handle, err := pcap.OpenLive(device, 1600, true, pcap.BlockForever)
    if err != nil {
        return "Ошибка при открытии устройства: " + err.Error()
    }
    defer handle.Close()

    packetSource := gopacket.NewPacketSource(handle, handle.LinkType())
    packetCount := 0
    for range packetSource.Packets() {
        packetCount++
        if packetCount >= 10 {
            break
        }
    }
    return fmt.Sprintf("Анализовано %d пакетов на интерфейсе %s", packetCount,
device)
}
```

Данная функция выполняет захват сетевых пакетов с активного интерфейса, чтобы подсчитать количество переданных данных. В первую очередь функция определяет активный интерфейс с помощью `getActiveInterface()`. Если при определении активного интерфейса

происходит ошибка, то бот выводит соответствующее сообщение. Далее, с помощью библиотеки `pcap` открывается этот интерфейс для захвата пакетов в режиме реального времени. Если интерфейс был успешно открыт, производится захват данных с использованием функции `goPacket.NewPacketSource`, которая собирает пакеты для анализа. В цикле производится их подсчет, и при достижении заданного числа пакетов (в примере это 10) выполнение функции завершается, выводя итоговый результат. Особенность реализации заключается в возможности не только подсчета пакетов, но и потенциального расширения этой функции. Например, в дальнейшем можно интегрировать более сложный анализ пакетов – отслеживание их содержимого, IP-адресов, протоколов и других характеристик сетевого трафика, что дает возможность пользователю не просто получать общее количество переданных данных, но и видеть, какие типы данных проходят через его сеть. Telegram-бот вызывает данную функцию следующим образом:

```
case "analyze_traffic":
    trafficResult := analyzeTraffic()
    msg := tgbotapi.NewMessage(chatID, trafficResult)
    bot.Send(msg)
```

При получении команды на анализ сетевого трафика бот вызывает функцию `analyzeTraffic`, которая анализирует данные и возвращает отчет о количестве обработанных пакетов, переданных через активный сетевой интерфейс. Этот отчет отправляется пользователю в виде текстового сообщения, что позволяет мгновенно получить информацию о текущем состоянии сетевого трафика. На рисунке 2 представлен пример работы Telegram-бота по анализу сетевого трафика.

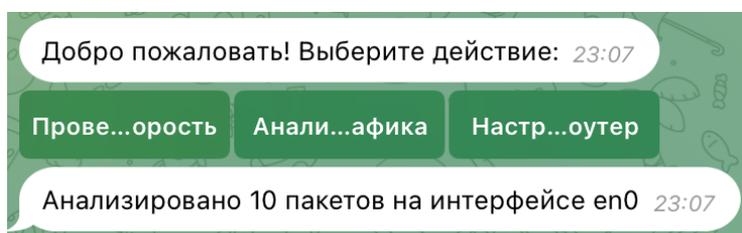


Рис. 2. Анализ сетевого трафика.

Одним из приоритетных аспектов в разработке Telegram-бота является безопасность. Для защиты конфиденциальной информации, такой как пароли, используется симметричное шифрование AES. Это позволяет хранить и передавать пароли в зашифрованном виде, минимизируя риски их утечки. Данный подход обеспечивает высокую степень защиты данных, предотвращая возможность их перехвата злоумышленниками. Пример реализации шифрования и дешифрования данных выглядит следующим образом:

```

func encrypt(text, key string) (string, error) {
    block, err := aes.NewCipher([]byte(key))
    if err != nil {
        return "", err
    }

    ciphertext := make([]byte, aes.BlockSize+len(text))
    iv := ciphertext[:aes.BlockSize]
    if _, err := io.ReadFull(rand.Reader, iv); err != nil {
        return "", err
    }

    stream := cipher.NewCFBEncrypter(block, iv)
    stream.XORKeyStream(ciphertext[aes.BlockSize:], []byte(text))

    return hex.EncodeToString(ciphertext), nil
}

func decrypt(encryptedText, key string) (string, error) {
    ciphertext, _ := hex.DecodeString(encryptedText)

    block, err := aes.NewCipher([]byte(key))
    if err != nil {
        return "", err
    }
    if len(ciphertext) < aes.BlockSize {
        return "", errors.New("шифрованный текст слишком короткий")
    }

    iv := ciphertext[:aes.BlockSize]
    ciphertext = ciphertext[aes.BlockSize:]

    stream := cipher.NewCFBDecrypter(block, iv)
    stream.XORKeyStream(ciphertext, ciphertext)

    return string(ciphertext), nil
}

```

В данном коде используются функции для шифрования и дешифрования данных с помощью алгоритма AES, что повышает безопасность Telegram-бота при передаче данных через сеть и защищает пароли от несанкционированного доступа. Безопасность является одним из важнейших аспектов работы с сетевыми устройствами, и реализация шифрования в данном Telegram-боте позволяет обеспечить необходимый уровень защиты для надежной работы в сетях различного масштаба.

Таким образом предложен и успешно реализован подход к автоматизации процесса управления настройками роутера с применением Telegram-бота. Созданный инструмент предоставляет пользователям возможность удаленно изменять ключевые параметры сети, включая настройку Wi-Fi, перезагрузку устройства, управление сетевыми портами и приоритизацию трафика. Внедрение подобного решения продемонстрировало высокую эффективность как в контексте домашних, так и офисных сетей, где системным администраторам теперь не требуется физически присутствовать рядом с оборудованием для

его настройки и управления. Дальнейшие направления исследований могут быть сосредоточены на расширении функциональных возможностей бота. В частности, перспективным является добавление поддержки более широкого спектра моделей роутеров, что позволит охватить большее количество пользователей и сценариев использования. Кроме того, одним из важнейших шагов по улучшению системы является внедрение более продвинутых инструментов диагностики, которые смогут автоматически обнаруживать и устранять неисправности. Одной из долгосрочных целей может стать интеграция бота с облачными системами управления сетями, что обеспечит значительное повышение масштабируемости решения и его применение в корпоративных средах с высоким уровнем сложности и распределённости сетевых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sucipto S., Karaman J. Integration of Legalization Information System Web-Based using Shipping API and Telegram API // *JUITA: Jurnal Informatika*. – 2020. – Vol. 8, No. 2. – P. 131–139.
2. Khaund T. et al. Telegram: Data Collection, Opportunities and Challenges // *Information Management and Big Data: Conference Proceedings*. – Springer, 2020. – P. 513–526.
3. Modrzyk N. *Building Telegram Bots: Develop Bots in 12 Programming Languages using the Telegram Bot API*. – Tokyo: Apress, 2018. – 288 p.
4. Ямашкина Е. О., Ямашкин С. А., Никулин В. В. Принципы аутентификации и распределения ролей пользователей в геопортальных системах // *Вопросы информационной безопасности: Материалы VII межрегионального вебинара, Саранск – Елец – Астрахань – Волгоград, 21 февраля 2023 г.* – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 2023. – С. 89–94.

**ЖИГУЛИН В. А., КУТЕПОВ В. Е., ПЕШКОВ И. В., ФОРТУНОВА Н.
А. МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО
ПРОЦЕССОВ КАЛИБРОВАНИЯ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ С
ВЗАИМНЫМ ВЛИЯНИЕМ¹**

Аннотация. Представлены общие принципы работы алгоритмов пеленгации. Рассмотрен эффект взаимного влияния элементов антенных решёток, а также приведена методика учёта эффекта при моделировании принимаемого сигнала. Также в работе рассмотрены способы калибровки взаимного влияния.

Ключевые слова: цифровая антенная решётка, взаимное влияние, калибровка, моделирование.

**ZHIGULIN V. A., KUTEPOV V. E., PESHKOV I. V., FORTUNOVA
N. A. MODELING OF HARDWARE AND SOFTWARE
PROCESSES**

OF ANTENNA ARRAY CALIBRATION WITH MUTUAL INFLUENCE

Abstract. The general principles of operation of direction finding algorithms are presented. The effect of mutual influence of antenna array elements is considered, and the method of accounting for the effect when modeling the received signal is given. The ways to calibrate mutual influence are discussed.

Keywords: digital antenna array, mutual coupling, calibration, simulation.

Цифровые антенные решетки нашли широкое применение в современном мире. Основной концепцией их работы является спектральная оценка пространственных координат сигналов.

В настоящее время, при выдвигаемых к разработчикам и производителям антенн требованиях по уменьшению размеров антенн в целях компактности и бюджетности реализации, долгое время остаётся актуальной проблема взаимного влияния между излучателями ММО-антенной решётки, как оптимальной конфигурации для широкого и универсального использования в телекоммуникации, в Н-плоскости и Е-плоскости, улучшения свойств антенных решёток в принимающем тракте связи как, например, возможность программной перекоммутации приёмника на антенну с большей мощностью сигнала и возможность дальнейшего усиления уже принятого

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00125, <https://rscf.ru/project/23-21-00125>.

сигнала.

На рисунке 1 показана обобщенная схема системы оценки угловых координат сигналов, состоящая из аналоговой и цифровых частей. Аналоговая часть служит для приема сигнала антенной решеткой, в цифровой части осуществляется расчет корреляционной матрицы и псевдоспектра.

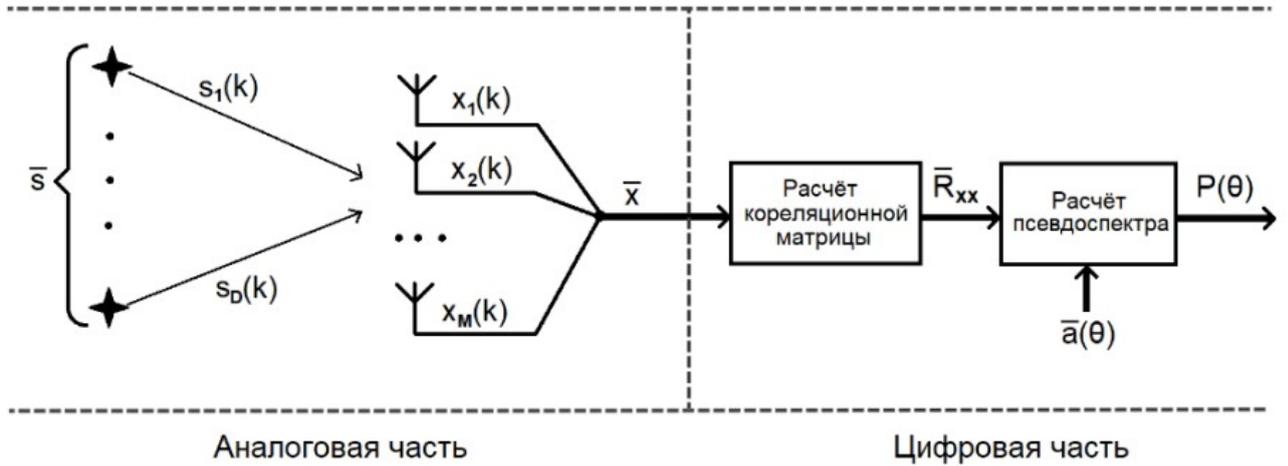


Рис. 1. Общая схема цифровой системы.

Однако взаимная связь этих элементов не учитывается. Таким образом, было решено дополнить модель системы оценки DOA таким образом, чтобы она учитывала фактор взаимной связи антенных элементов, а, именно, диаграммы направленности (ДН) каждого элемента. Для этого была дополнена формула для нахождения матрицы векторов сканирования:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} f(\theta_1) & \dots & f(\theta_D) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(\theta_1)e^{j(M-1)\pi \sin\theta_1} & \dots & f(\theta_D)e^{j(M-1)\pi \sin\theta_D} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где $f_M(\theta_D)$ представляет собой величину диаграммы направленности антенного элемента M в направлении источника сигнала D .

После первичного расчёта антенного элемента выполнялась оптимизация для того, чтобы максимизировать коэффициент усиления (КУ) и минимизировать параметр S_{11} при импедансе, равном 50 Ом. На рисунке 2 представлены ДН изолированных элементов и элементов в составе решётки. На них отчётливо видно, как меняются ДН под действием эффекта взаимного влияния. Это особенно заметно для крайних элементов.

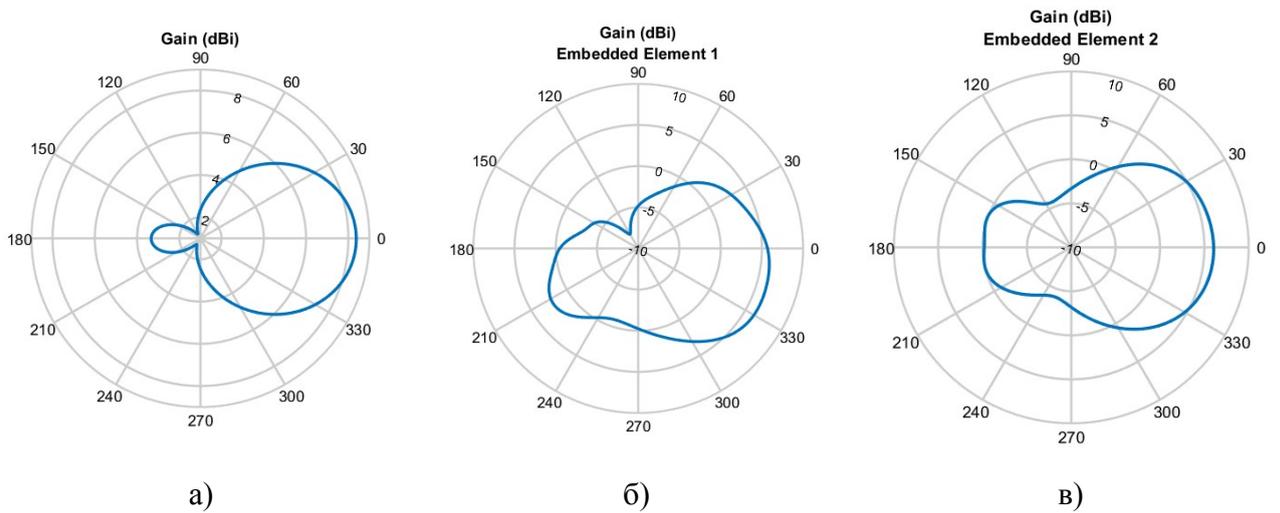


Рис. 2. Диаграммы направленности:

а) изолированного элемента; б, в) 1–2 элементов в составе решётки.

В дополнение к изменениям в диаграммах направленности излучения, взаимная связь АЭ также может быть выражена в виде матрицы рассеяния S . Различные типы микроволновых устройств могут быть описаны с помощью падающих и отраженных волн, которые распространяются по подключенным к ним линиям (портам). Соотношение между этими волнами описывается матрицей волн рассеяния или матрицей S -параметров. Например, матрицей рассеяния будет матрица 6×6 для шестиэлементной антенной решетки:

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где S_{11} представляет коэффициент отражения для порта (элемента) 1, S_{12} представляет коэффициент передачи от элемента 2 к элементу 1 и т.д. В общем, S_{NM} - это коэффициент передачи от порта M к порту N в многопортовой сети.

Формула для матрицы C показывает, зависит ли матрица взаимной связи от S - параметров и может быть записана в виде:

$$C = S + \text{diag}(I - |\text{diag}(S)|), \quad (3)$$

где diag – функция, которая возвращает главную диагональ или создает диагональную матрицу, I – единичная матрица. Таким образом, матрица взаимной связи выглядит как:

$$C = \begin{pmatrix} S_{11} + (1 - |S_{11}|) & \dots & S_{16} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{61} & \dots & S_{66} + (1 - |S_{66}|) \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Показано, что в режиме приема антенная решетка принимает волну, а также является источником переизлучения на соседние антенны. Таким образом, можно сделать вывод, что форма диаграммы направленности отдельных элементов искажена из-за взаимной связи. Таким образом, C представляет собой матрицу взаимной связи, учитывающую S -параметры, вида:

$$C = S + \text{diag}(1 - |\text{diag}(S)|), \quad (5)$$

где S – матрица S -параметров антенной решетки, размерностью $N \times N$, diag – оператор для получения главной диагонали матрицы. Матрицы S -параметров антенных решеток были получены после электродинамического моделирования по методу моментов.

Аппаратные средства калибровки взаимного влияния. Наиболее популярными способами решения проблемы взаимного влияния между излучающими элементами антенных решёток в последних исследованиях и разработках стали одноплоскостные структуры электромагнитной запрещенной зоны (EBG).

В данной работе исследуется структура в виде спирально-меандровой линии, применяемой для уменьшения взаимной связи между близко расположенными копланарными излучающими микрополосковыми антеннами в E -плоскости. Элементарная ячейка структуры электромагнитной запрещённой зоны выполнена в виде сочетания свастики и четырёх структур квадратной гребенчатой формы с поворотом относительно друг друга 90° , как показано на рисунке 3.

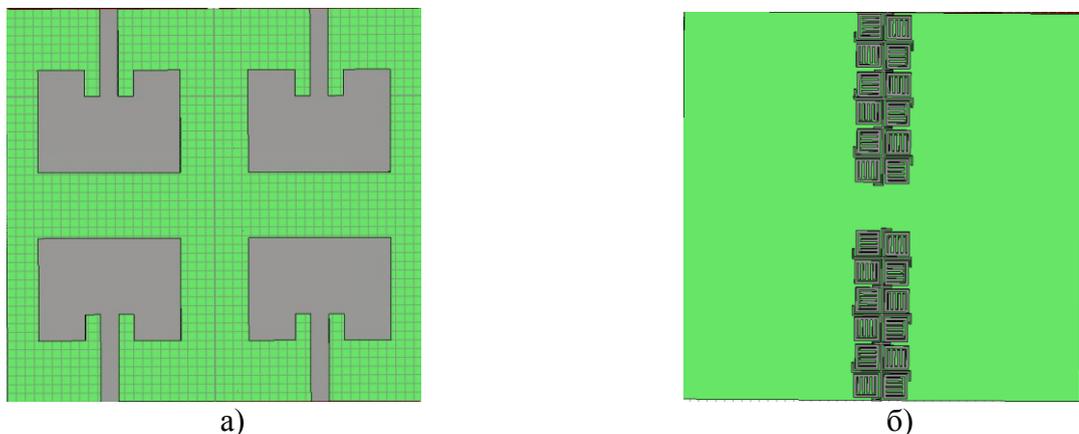


Рис. 3. а – микрополосковая патч-антенная решётка беспроводной связи (вид сверху), б. – свастично-гребенчатая структура полупроводников в плоскости земли антенной

решётки (вид снизу).

Антенная решётка состоит из четырёх патч-антенн (рисунок. 3) с зазором между краями друг друга, который равен 7,86 мм, что соответствует 0,15 длины волны и расстоянием 0,45 длины волны между центральными точками. Электромагнитное поле в данной решётке передаётся с помощью неизлучающих краёв. Элементарные ячейки вытравлены в поверхности земли (с нижней стороны антенны) между неизлучающими краями (рисунок 3.б).

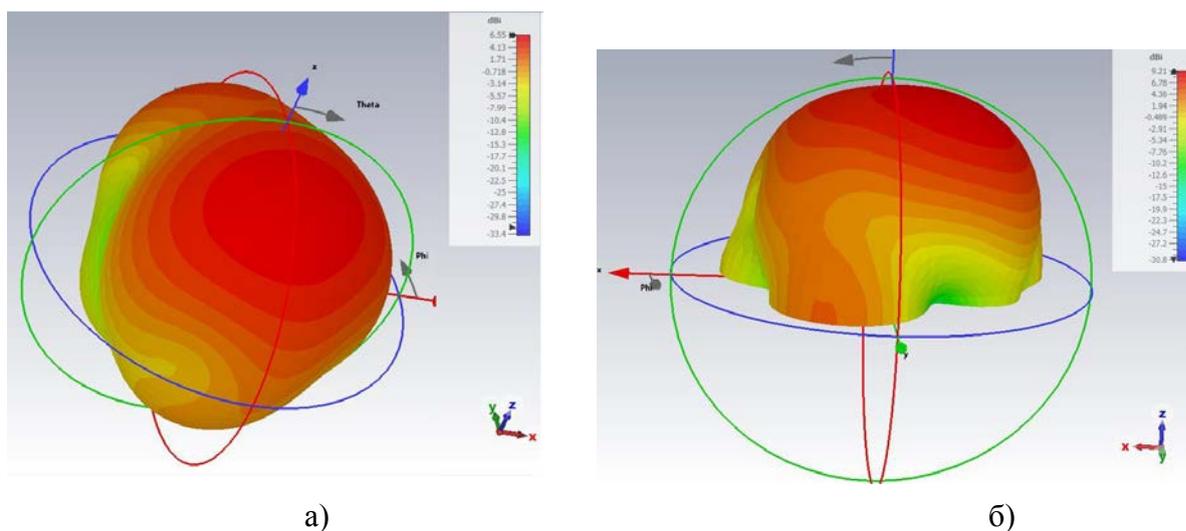


Рис. 4. ДН антенной решётки: а) без структур полупроводников электромагнитной запрещённой зоны; б) со встроенными структурами.

На основе полученных диаграмм направленности (рис. 4) по коэффициенту усиления антенны (дБи) в среднем равных 6,55 дБи и 9,21 дБи, мы можем увидеть усиление на 2,66 дБи, что является хорошим показателем коэффициента усиления сигнала, но при этом так же является пропорциональным к узконаправленности сигнала для каждого излучающего элемента, что является преимуществом в рамках поставленных для нас задач.

Программный способ калибровки. На рис. 2 показана диаграмма направленности изолированного элемента, представляющая собой ДН одного антенного элемента в отсутствие других элементов решётки $F_{из}(\theta)$. Диаграмма направленности элемента в составе решётки обозначается как $F_{смп}(\theta)$ и оценивается при условии, что остальные антенные элементы этой же решётки являются пассивными с отключёнными выходами. Для восстановления ДН изолированных

элементов (т.е. компенсации взаимного влияния) используется следующее преобразование:

$$\bar{F}_{из} = \bar{C}\bar{F}_{встр.}, \quad (6)$$

где \bar{C} – калибровочная матрица. Для определения калибровочной матрицы необходимо умножить обе части выражения (6) на матрицу, обратную квадратов получаем: $\bar{F}_{из}$. Применяя метод наименьших квадратов получаем:

$$\bar{C} = \bar{F}_{встр.} \bar{F}_{из}^H (\bar{F}_{из.} \bar{F}_{из.}^H)^{-1}, \quad (7)$$

Рассчитанная таким образом матрица \bar{C} может быть использована для калибровки принятого антенной решёткой сигнала:

$$\bar{X}_к = \bar{C}\bar{X} \quad (8)$$

где \bar{X} – матрица принятого сигнала, $\bar{X}_к$ – откалиброванная матрица.

Рассмотренный алгоритм калибровки основан на идее «восстановления» изолированных диаграмм направленности. Как видно из формулы (8), перемножив элементы матрицы калибровки и матрицы ДН элементов в составе решётки можно получить ДН изолированных элементов. На рис. 5 представлены рассчитанные таким методом диаграммы направленности.

Рассмотрим полученные диаграммы. Видно, что форма калиброванной ДН в целом стремится к форме изолированной, однако степень их соответствия различается между элементами. Лучшее всего восстановились ДН центральных элементов, что объясняется меньшей искажённостью их формы под действием взаимного влияния по сравнению с ДН крайних элементов. Общей особенностью для всех элементов является неполное восстановление формы ДН. Это объясняется применением метода наименьших квадратов при расчёте калибровочной матрицы (7). Решить данное уравнение напрямую невозможно, т.к. требуется найти обратную матрицу $\bar{F}_{встр.}^{-1}$, которая является прямоугольной. В связи с этим приходится прибегать к нахождению псевдообратной матрицы и аппроксимации по методу наименьших квадратов.

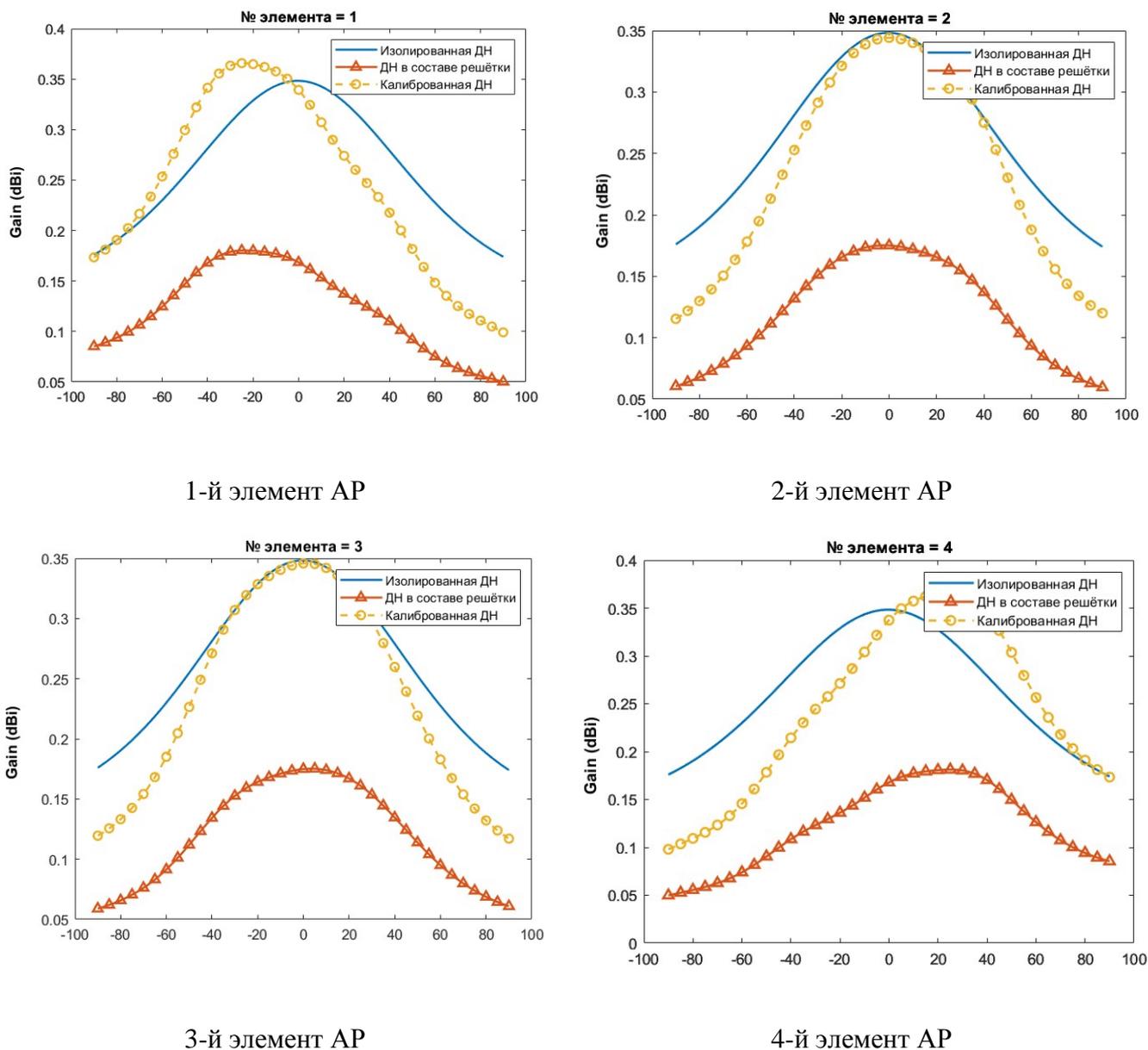


Рис. 5. Диаграммы направленности изолированных элементов, элементов в составе решётки после проведения калибровки.

В итоге, по результатам моделирования можно уверенно утверждать, что за счёт использования структур EBG и E-SMLUC-EBG, а также программных средств калибрования удалось увеличить коэффициент усиления антенных решёток. Данный результат доказывает жизнеспособность модели и необходимость реализации с последующей серией контрольных опытов для выяснения работоспособности и вероятных отклонений в значениях в «неидеальных» условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Al-Hasan M. J., Denidni T. A., Sebak A. R. Millimeterwave compact EBG structure for mutual coupling reduction applications // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 2015. – Vol. 63, No. 2. – P. 823–828.
2. Arora A., Kumar N. To reduce mutual coupling in microstrip patch antenna arrays elements using electromagnetic band gap structures for X-band // *2017 International Conference on Nextgen Electronic Technologies: Silicon to Software (ICNETS2)*. – Chennai (China), 2017. – P. 228–230.
3. Seker I. Calibration methods for phased array radars // *Defense, Security, and Sensing*. – 2013. – Vol. 87. – P. 294–308.
4. Zorkun A. E., Salas-Natera M. A., Pinto A. A., Rodríguez-Osorio R. M., Pérez M. S. A Mutual Coupling-Based Full Self-Online Calibration Method for Antenna Arrays in Uplink // *IEEE Open Journal of Antennas and Propagation*. – 2024. – No. 4. – P. 1026–1040.
5. Huang Q., Zhou H., Bao J., Shi X. Accurate DOA Estimations Using Microstrip Adaptive Arrays in the Presence of Mutual Coupling Effect // *International Journal of Antennas and Propagation*. – 2013. – No. 3. – P. 1–8.
6. Huang Q., Zhou H., Bao J., Shi X. Mutual Coupling Calibration for Microstrip Antenna Arrays via Element Pattern Reconstruction Method // *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. – 2014. – No. 13. – P. 51–54.
7. Жигулин В. А. Разработка модели цифрового радиопеленгатора на базе алгоритма Бартлетта по методу совмещённого программно-аппаратного моделирования на ПЛИС // *Информатика: проблемы, методы, технологии: Материалы XXIV Международной научно-практической конференции им. Э. К. Алгаинова, Воронеж, 14–15 февраля 2024 года*. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2024. – С. 261–271.
8. Пешков И. В., Жигулин В. А., Фортунова Н. А. Моделирование процесса радиопеленгации цифровыми антенными решетками с учетом эффекта взаимного влияния антенных элементов // *Надежность и качество сложных систем*. – 2023. – № 3. – С. 40–52.

**ЗАДОРЖНЕВА Ю. В., КАРАВАЕВА Ю. С., НИКУЛИН В. В., СЕМЕНОВ Е. С.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ
КЛИЕНТОВ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ**

Аннотация. В статье представлена модель бизнес-процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг с помощью нотации BPMN в программе Stormbpmn. Данная модель является результатом реализации основных этапов ее построения, отражает взаимосвязь и взаимодействие основных участников процесса, выполняемые ими действия, позволяет провести подробный анализ и оптимизацию деятельности компании, связанной с предоставлением телекоммуникационных услуг.

Ключевые слова: модель бизнес-процесса, подключение телекоммуникационных услуг, нотация BPMN, основные этапы построения модели процесса, программа Stormbpmn.

**ZADOROZHNEVA YU. V., KARAVAEVA YU. S., NIKULIN V. V., SEMENOV E. S.
DEVELOPMENT OF BUSINESS PROCESS MODEL FOR PROCESSING CUSTOMER
REQUESTS FOR TELECOMMUNICATION SERVICES CONNECTION**

Abstract. The article presents a business process model for processing customer requests for telecommunication services connection using BPMN notation in the Stormbpmn program. This model is the result of implementation of the main stages of its development. It reflects relations and interactions between the main participants of the process in the form of the actions they perform. The model allows to carry out a detailed analysis and optimization of company's activity related to telecommunication services provision.

Keywords: business process model, connection of telecommunication services, BPMN notation, main stages of process model development, Stormbpmn program.

Предоставление услуг является основным процессом телекоммуникационной компании, от эффективности его реализации зависит удовлетворенность клиентов и получение прибыли, как следствие, устойчивость и конкурентоспособность компании на рынке.

Рассмотрим классификацию бизнес-процессов в организации, позволяющую выделить их виды в составе следующих категориальных групп, представленных далее.

1. Основные бизнес-процессы – это процессы по основному направлению деятельности компании, реализованные продукты или услуги, по которым приносят ей основную часть прибыли.

2. Обеспечивающие процессы – это фактически процессы «сопровождения» на каждом этапе основных процессов, данная группа может включать дополнительные подгруппы процессов в зависимости от особенностей каждой конкретной организации.

Например, оператор связи может предлагать не только различные тарифы на услуги связи, но и смартфоны, планшеты, умные колонки и т.д. с предустановленными тарифами, или выполнять услуги по ремонту устройств, и, таким образом, обеспечивать себе получение дополнительного дохода. Другая подгруппа процессов, например, может включать мероприятия по ремонту специального оборудования, установленного на территории организации либо силами самой организации, либо командой приглашенных специалистов при наличии соответствующих договоров на обслуживание.

В обязательном порядке присутствуют процессы бухгалтерского учета, юридического и кадрового сопровождения сотрудников и организации в целом, по администрированию информационных систем, особенно это касается корпоративных информационных систем. Эта подгруппа процессов аналогично с предыдущей может выполняться непосредственно структурными подразделениями самой организации, или приглашенными специалистами.

3. Бизнес-процессы управления – это та категория организационно-управленческих процессов, которая осуществляет планирование (прогнозирование), мониторинг, учет и контроль на уровне каждого процесса, его декомпозиции и предприятия в целом.

4. Бизнес-процессы развития – это важная группа по оптимизации деятельности организации в результате внедрения новых технологий (инновационных, например систем искусственного интеллекта, технологий виртуальной и дополненной реальности и т.д.), модернизации морально и физически устаревшего оборудования и т.д. Это позволяет существенно повысить качество производимых товаров, или оказываемых услуг. Во многих крупных компаниях предусмотрены структурные подразделения по проведению научно-исследовательских работ.

Данная классификация, по мнению авторов статьи, является оптимальной, т.е. с одной стороны, она является достаточно подробной и учитывает все необходимые категории процессов, а с другой – не слишком громоздкой и исключает излишнее дробление указанных групп, хотя на практике встречается объединение, или, наоборот, дополнительное деление групп процессов.

Взаимосвязь и взаимодействие рассмотренных в классификации различных процессных групп представлена на рисунке 1.

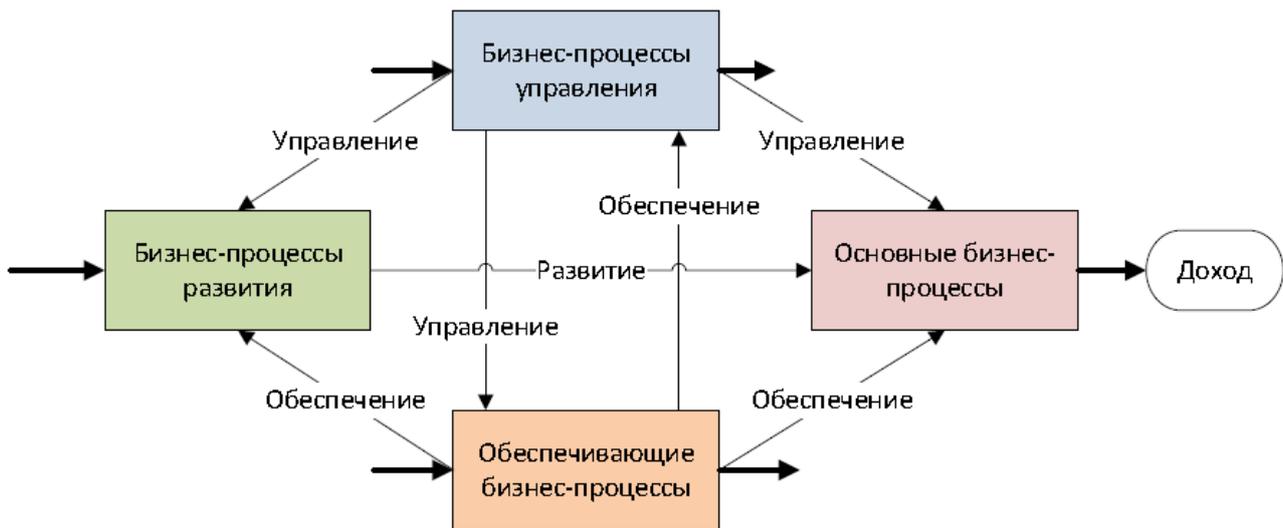


Рис. 1. Целенаправленное взаимодействие различных категорий процессов в организации для получения дохода.

В телекоммуникационных компаниях также реализуются указанные группы бизнес-процессов.

Основной процесс в таких компаниях – это процесс предоставления услуг. В его рамках выполняются: обработка заявок на подключение (или поиск потенциальных абонентов, а потом обработка их заявок), заключение договоров, непосредственное подключение и активация услуг, выставление счетов на оплату, контроль платежей и задолженностей, предоставление возможностей управления тарифом и количеством услуг в личном кабинете абонента, или по его запросу сотрудниками компании, а также отключение услуг, временную их приостановку или расторжение договора в личном кабинете или по запросу. Отключение услуг возможно по инициативе компании на основании неуплаты.

Обеспечивающий процесс в данном случае – это группа подпроцессов сопровождения. Первый подпроцесс реализует информационную и техническую поддержку абонентов в результате обработки обращений, жалоб, информационных запросов об услугах и сопутствующих товарах. На данном этапе активно внедряются системы искусственного интеллекта для классификации поступающих обращений и присвоения им категории. Далее выполняется непосредственная работа с обращениями, в том числе решение проблем с подключением и восстановлением требуемого уровня качества связи. Для удобства и клиенты, и сотрудники могут отслеживать статус обращения.

Второй подпроцесс связан с формированием, мониторингом, администрированием и сопровождением сетевой инфраструктуры, включая активное и пассивное оборудование, а также программно-аппаратные комплексы защиты сети для обеспечения ее безопасности.

Третий подпроцесс предполагает бюджетное планирование, бухгалтерский учет основных и оборотных средств, начисление заработной платы сотрудникам, а также формирование отчетности для различных госорганов. К данной подгруппе относится дополнительно подпроцесс юридического сопровождения организации и представление ее интересов в суде, а также подпроцесс кадрового обеспечения и учета по подбору персонала, его обучению, повышению квалификации и оценке эффективности деятельности совместно с непосредственным руководителем.

В рамках процесса реализации маркетинговой политики проводится анализ предпочтений клиентов, продвижение услуг и товаров в соответствии с разработанной стратегией, проводятся рекламные акции, например, сезонные, праздничные или для презентации нового продукта. Следует отметить, что данный процесс часто относят к обеспечивающим процессам, однако, его целесообразно вынести в отдельную группу в силу значительного влияния (прямой пропорциональной корреляционной зависимости) успешных рекламных кампаний на объемы продаж телекоммуникационных услуг.

Процесс управления в данном случае – это процесс, который предполагает планирование на основе постановки цели, задач, прогнозируемых значений показателей эффективности, мониторинг на регулярной основе, учет значений ключевых показателей в корпоративной информационной системе и контроль для выявления отклонений между плановыми и фактическими значениями показателей и принятия мероприятий по их улучшению в случае необходимости. Данный процесс направлен на проведение аудита сетевой инфраструктуры, сглаживание влияния негативных факторов (рисковых ситуаций), или их предотвращение, контроль качества оказываемых телекоммуникационных услуг и удовлетворенности абонентов.

Процесс развития в телекоммуникационных компаниях – это процесс по реализации инновационных ИКТ-проектов для проведения научных исследований, разработки и внедрения инноваций в технологические и организационно-управленческие аспекты оказания телекоммуникационных услуг.

Указанные процессы тесно взаимосвязаны между собой и необходимы для обеспечения эффективного функционирования телекоммуникационной компании и предоставления клиентам качественных цифровых сервисов.

Для наглядного представления, анализа, контроля и реорганизации бизнес-процессов наиболее успешным решением является применение графического способа их описания, т.е. моделирования. Для построения модели процесса организации необходимо выполнение следующих основных этапов:

1. сбор информации об объекте исследования;
2. обзор и выбор процесса для построения модели;
3. описание и выбор нотации для построения модели процесса;
4. выбор программы для построения модели процесса;
5. разработка и анализ модели бизнес-процесса.

Рассмотрим подробно каждый из представленных этапов при построении модели бизнес-процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг в данной статье:

1. Сбор информации о развитии российского рынка телекоммуникационных услуг с последующим ее анализом для выбора компании, на успешный опыт реализации деятельности которой необходимо ориентироваться при построении референтной модели.

Референтная модель, по сути, является типовой и представляет собой модель эффективного бизнес-процесса, отражающая реальный опыт реализации деятельности организации конкретной отрасли и, как следствие, позволяющая использовать ее при формировании, или оптимизации бизнес-процессов в других организациях на основе уже готового набора функций и процессов.

Анализ рынка и выбор компании проведены авторами статьи на основе детального изучения данных Росстата [3], Минцифры России [4], официальных сайтов телекоммуникационных компаний. Следует отметить, что привести подробный анализ в настоящей статье не представляется возможным, поэтому целесообразно отразить результат анализа и выбора. Авторы пришли к выводу, что компания ПАО «Ростелеком» [5] является лидером в области предоставления инфокоммуникационных услуг и сервисов населению и другим организациям. Соответственно опыт реализации деятельности данной компании является наиболее предпочтительным при построении референтной модели в настоящей работе.

2. Обзор процесса предоставления телекоммуникационных услуг для выбора наиболее значимого входящего в его состав подпроцесса, рассматриваемого в настоящей статье как самостоятельный процесс при построении модели.

Предоставление телекоммуникационных услуг включает обработку обращений клиентов по их подключению, обслуживание и техническую поддержку во время всего периода пользования услугами. Не смотря на очевидную важность процессов обслуживания и технической поддержки, именно обработка обращений по подключению телекоммуникационных услуг расширяет клиентскую базу и способствует увеличению прибыли, поэтому в данной статье целесообразно выполнить разработку модели бизнес-

процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг, например, по подключению физического лица к сети Интернет.

3. Описание и выбор нотации.

Нотация моделирования – это совокупность условных обозначений, которые используются для разработки моделей процессов.

В настоящее время используются различные нотации моделирования и анализа бизнес-процессов, например: IDEF0, eEPC, BPMN.

Методология функционального моделирования IDEF0 (Integrated Computer Aided Manufacturing DEfinition for Function Modeling) включает в качестве основного элемента – функциональный блок. Дополнительно содержит стрелки входов, выходов, управлений и механизмов. Данная модель используется для описания преимущественно последовательных процессов на первом этапе анализа деятельности организации.

Методология цепочки процессов, управляемой событиями EPC (Event-Driven Process Chain), как и eEPC (extended Event-driven Process Chain – расширение нотации EPC) содержит в качестве основных элементов для создания моделей события и функция, представленных в виде определенной последовательности. EPC целесообразно применять для альтернативно-параллельных бизнес-процессов, т.к. содержит логические операторы и дополнительные элементы в виде информационных и организационно-структурных объектов.

Стандарт модели бизнес-процессов и нотации BPMN (Business Process Model and Notation) предполагает построение моделей для описания и анализа деятельности организации в соответствии с процессным подходом к управлению. BPMN-модель подробно описывает бизнес-процессы благодаря наличию необходимых групп графических объектов, основными из которых являются события и действия (задачи), соединяющиеся потоком управления. Отличительной особенностью моделей BPMN является наличие пулов и дорожек для четкого распределения задач между участниками процесса. Кроме того, нотация BPMN позволяет сформулировать условия реализации процесса в местах развилки с помощью логических операторов. Выделенные особенности в дополнение с наличием достаточного количества графических элементов явились основанием для использования в данной работе нотации BPMN.

4. Выбор программы для построения модели процесса. Авторы статьи рассмотрели функциональные возможности следующих программных продуктов, поддерживающих нотацию BPMN: Bizagi Modeler, ARIS Express, Stormbpmn, GreenData. После проведенного анализа авторы пришли к выводу, что Stormbpmn [6] обладает следующими основными особенностями: поддержка BPMN и BPMN 2.0; работа в режиме веб-приложения без необходимости скачивать дополнительное программное обеспечение, достаточно наличия

браузера; простой интерфейс с поддержкой русского языка; проверка качества модели BPMN; автосохранение; визуальное сравнение версий; комментирование процессов и элементов; поддержка совместной работы в реальном времени и т.д. Наличие бесплатной версии и включение в реестр отечественного ПО являются дополнительными преимуществами. Выявленные особенности полностью отвечают требованиям авторов статьи, поэтому в данной работе для построения модели процесса предпочтительнее использовать программу Stormbpmn.

5. Разработка и анализ BPMN модели бизнес-процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг.

Построение схемы в нотации BPMN начинается с события. В данном случае процесс начинается с потребности клиента в телекоммуникационной услуге – это стартовое событие. На схеме, показанной на рисунке 2, представлены два участника процесса – новый клиент и менеджер. Клиент узнает информацию о возможных услугах, для данного действия возможно проведение декомпозиции, поскольку клиент может узнать об услугах и компании, предоставляющей эти услуги, разными способами, например: на сайте компании, из рекламы, по телефонам отдела продаж или службы поддержки. Далее он выбирает услугу с помощью прайс-листа и обращается в телекоммуникационную компанию. В свою очередь, менеджер получает клиентское обращение по выбранной услуге и выполняет обработку обращения по данной услуге, которая включает следующие действия: составление, проверку и подписание договора, подключение клиента к услуге (например, к сети Интернет) после заключения договора и оплата услуги. Если все задачи менеджера выполнены, то услуга будет успешно продана, если не все выполнено, то менеджер попытается решить проблему. В случае, если менеджер по каким-то причинам не смог решить проблему, информация об этом фиксируется в базу данных клиентов, соответственно - услуга не продана. Следует отметить, что внесение информации в базу данных клиентов на каждом этапе процесса выполняется для мониторинга и составления отчетности [7; 8].

На схеме, представленной на рисунке 2, некоторые действия представлены с символом «плюса». Он указывает, что задача является подпроцессом и может быть декомпозирована. Декомпозиция – это детализация и уточнение внутренней структуры рассматриваемого действия. Уровень декомпозиции определяется непосредственно проектной командой разработчиков исходя из целей построения модели.

Разработанная с помощью нотации BPMN референтная модель процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг подробно и последовательно отражает все этапы рассматриваемого процесса, на практике зачастую

применяется упрощенная схема обработки обращений клиентов по подключению услуг, когда все этапы «сливаются» в выполнение двух задач.

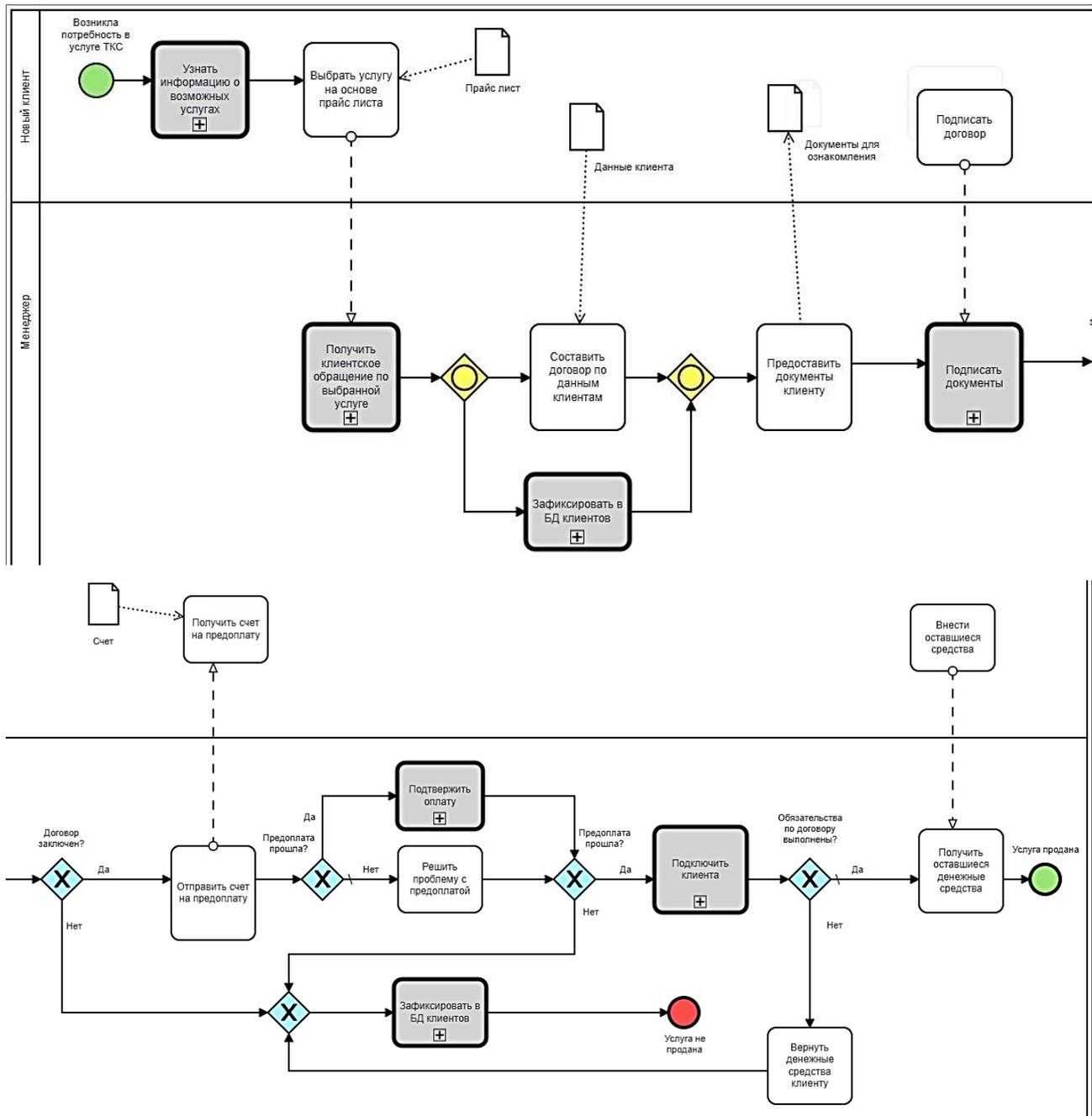


Рис. 2. BPMN модель бизнес-процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг, построенная в программе Stormbpmn.

Первая – выбор тарифа и заполнение заявки на сайте, или по телефону, а вторая – выезд мастера по подключению, который не только выполняет подключение, но и подписывает договор и производит прем оплаты за подключение от клиента. С одной стороны, упрощенная схема имеет основное преимущество – это скорость предоставления услуг, а с другой, по

мнению авторов статьи, – такая схема может негативно сказаться на качестве выполнения процесса, поэтому построенная авторами модель предусматривает участие менеджера по работе с клиентами, контролирующего процесс от начала и до его окончания и способного оперативно выяснять и устранять причины возникающих проблем. Кроме того, в данной модели присутствует возможность для клиента отказаться от подключения услуг на этапе подписания договора, а также возможность работы по предоплатной системе для телекоммуникационной компании.

Таким образом, разработанная BPMN модель процесса обработки обращений клиентов по подключению телекоммуникационных услуг наглядно и детально отражает выполняемые участниками действия и информационно-управленческие взаимосвязи между ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслевич Т. П. Управление бизнес-процессами: от теории к практике: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2024. – 206 с.
2. Пуговкин А. В. Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей: учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 128 с.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.09.2024).
4. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/> (дата обращения: 01.09.2024).
5. ПАО «Ростелеком» – официальный сайт компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.companу.rт.ru (дата обращения: 01.09.2024).
6. Stormbpmn – официальный сайт программы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stormbpmn.com> (дата обращения: 01.09.2024).
7. Никулин В. В., Афонин В. В. Эвристическая оценка качества услуг на примере операторов мобильной связи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2023. – № 2. – С. 101–107.
8. Никулин В. В., Шибайкин С. Д., Соколова М. С. Применение методов машинного обучения для автоматизированной классификации и маршрутизации в библиотеке ITIL // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2022. – № 1. – С. 42–52.

ВОЛКОВ А. В., МАРЧЕНКО А. В.
ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Аннотация. Рассматривается применение нечетких алгоритмов для управления освещением с целью повышения эффективности и комфорта в офисных помещениях, на улице и на промышленные объектах. Разработана экспертная система, использующая нечеткую логику для создания адаптивных сценариев освещения, учитывающих параметры окружающей среды, предпочтения пользователей, уровень естественного освещения и время суток. Исследуются входные лингвистические переменные, такие как температура, активность пользователя и энергопотребление, а также выходные, включая интенсивность и цветовую температуру освещения. На основе анализа выявлены оптимальные настройки для создания комфортного и энергоэффективного освещения.

Ключевые слова: нечеткая логика, освещение, комфорт, анализ.

VOLKOV A. V., MARCHENKO A. V.
APPLICATION OF FUZZY LOGIC ALGORITHMS
TO CONTROL LIGHTING

Abstract. The application of fuzzy algorithms for lighting control is considered in order to increase the efficiency and comfort of office premises, industrial facilities, and streets. An expert system has been developed that uses fuzzy logic to create adaptive lighting scenarios that take into account environmental parameters, user preferences, natural light levels and time of the day. Input linguistic variables such as temperature, user activity and power consumption are investigated, as well as output variables including intensity and color temperature of lighting. Considering the analysis results, the optimal settings for creating comfortable and energy-efficient lighting have been identified.

Keywords: fuzzy logic, lighting, comfort, analysis.

При построении современных систем управления освещением стремятся к повышению энергоэффективности и созданию комфортных условий для пользователей. Одним из наиболее перспективных подходов к решению данной задачи является использование нечеткой логики, которая позволяет создавать системы с адаптивными настройками на основе множества факторов. Это особенно важно в условиях, когда требования к освещению могут варьироваться в зависимости от времени суток, уровня естественного света и индивидуальных предпочтений пользователей.

Нечеткая логика представляет собой математический подход к обработке информации, основанный на принципе частичной принадлежности, что позволяет учитывать неопределенность и неточность входных данных. В отличие от традиционной бинарной логики,

где переменные могут принимать только два значения (0 или 1), нечеткая логика оперирует с промежуточными значениями, что делает её более гибкой для моделирования реальных процессов [2]. В контексте управления освещением это особенно важно, поскольку такие параметры, как предпочтения пользователя, уровень естественного света и температура окружающей среды, могут изменяться постепенно и требуют плавных корректировок. Применение нечетких алгоритмов позволяет разрабатывать системы, которые адаптируются к изменяющимся условиям, создавая комфортные и энергоэффективные сценарии освещения на основе лингвистических переменных, таких как «низкая», «средняя» и «высокая» интенсивность освещения или «теплая», «нейтральная» и «холодная» цветовая температура света [1].

Для рассматриваемой нечеткой модели управления освещением была разработана модель адаптивной и энергоэффективной системы управления освещением в зависимости от конкретных условий и предпочтений пользователей, которая позволяет создать персонализированные сценарии освещения, учитывая множество факторов, что способствует повышению комфорта, эффективности и энергоэффективности в использовании искусственного освещения на основе технологии нечетких правил вывода с использованием лингвистических переменных (ЛП).

В качестве входных лингвистических переменных модели были взяты показатели температуры окружающей среды (ТОС), уровень естественного освещения (УЕО), время суток (ВС), активность пользователя (АП), потребление энергии (ПЭ), предпочтения пользователя (ПП).

Выходной лингвистической переменной является интенсивность освещения (ИО), цветовая температура света (ЦТС), эффективность освещения (ЭО).

Для входных ЛП (лингвистических переменных) вводится терм-множество:

- температура окружающей среды (ТОС) – низкая, средняя, высокая;
- потребление энергии (ПЭ) – низкое, среднее, высокое;
- предпочтения пользователя (ПП) – светлый, нейтральный, теплый;
- уровень естественного освещения (УЕО) – низкий, средний, высокий;
- время суток (ВС) – день, вечер, ночь;
- активность пользователя (АП) – низкая, средняя, высокая.

Для выходных ЛП вводится терм-множество:

- интенсивность освещения (ИО) – низкая, средняя, высокая;
- цветовая температура света (ЦТС) – холодный, нейтральный, теплый;
- эффективность освещения (ЭО) – низкая, средняя, высокая.

Оценка эффективности освещения может учитывать не только уровень интенсивности, но и другие параметры, такие как равномерность освещения и отраженный свет.

Для моделирования экспертной системы, автоматизирующей систему управления освещением на основе факторов, способствующих повышению комфорта, эффективности и энергоэффективности в использовании искусственного освещения, использовалось программное средство Fuzzy Logic Toolbox, дополнение к пакету программ MATLAB для решения технических вычислений, предоставляющее инструменты для проектирования нечетких логических систем [3]. На рисунке 1 представлены входные и выходные лингвистические переменные нечеткой модели управления освещением.

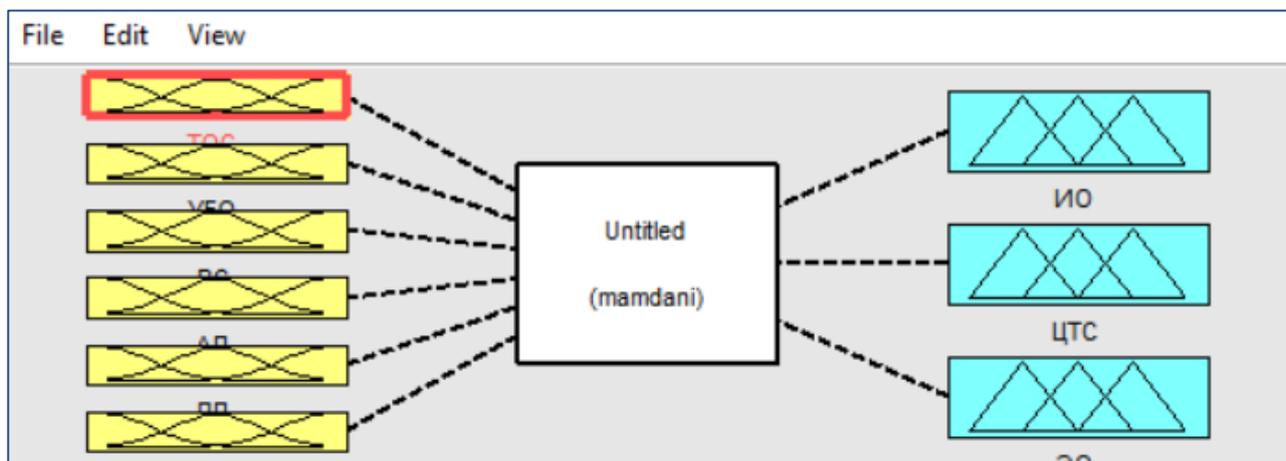


Рис. 1. Входные и выходные лингвистические переменные нечеткой модели управления освещением.

На практике выбор формы функций принадлежности зависит от вычислительной сложности. Треугольные и трапециевидные функции принадлежности широко распространены из-за их универсальности и низких требований к ресурсам при реализации. После ввода входных и выходных параметров функции, установим лингвистические правила для заданных переменных (рис. 2).

1. If (УЕО is низкий) and (ВС is день) then (ИО is средняя) (1)
2. If (АП is высокая) then (ИО is высокая) (1)
3. If (ТОС is высокая) and (АП is высокая) then (ЦТС is холодный) (1)
4. If (ВС is ночь) and (ПЭ is низкое) then (ЦТС is теплый) (1)
5. If (ПП is светлый) then (ЦТС is теплый) (1)
6. If (ВС is вечер) then (ЭО is низкая) (1)
7. If (ТОС is низкая) and (ПП is теплый) then (ЦТС is теплый) (1)
8. If (ВС is ночь) and (АП is низкая) and (ПЭ is высокое) then (ЭО is высокая) (1)
9. If (ВС is вечер) and (АП is средняя) then (ЦТС is нейтральный)(ЭО is высокая) (1)
10. If (ТОС is низкая) and (УЕО is низкий) and (ВС is ночь) and (АП is высокая) and (ПП is светлый) and (ПЭ is высокое) then (ИО is высокая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
11. If (ТОС is средняя) and (УЕО is средний) and (ВС is ночь) and (АП is высокая) and (ПП is светлый) and (ПЭ is высокое) then (ИО is высокая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
12. If (ТОС is низкая) and (УЕО is высокий) and (ВС is день) and (АП is низкая) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is среднее) then (ИО is средняя)(ЦТС is нейтральный)(ЭО is средняя) (1)
13. If (ТОС is высокая) and (УЕО is средний) and (ВС is вечер) and (АП is средняя) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is высокое) then (ИО is средняя)(ЦТС is холодный)(ЭО is высокая) (1)
14. If (ТОС is низкая) and (УЕО is высокий) and (АП is высокая) and (ПП is теплый) and (ПЭ is низкое) then (ЦТС is теплый)(ЭО is средняя) (1)
15. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (ВС is ночь) then (ИО is низкая)(ЦТС is теплый)(ЭО is высокая) (1)
16. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (ВС is ночь) then (ИО is низкая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
17. If (ТОС is низкая) and (УЕО is средний) and (ВС is вечер) and (АП is высокая) and (ПП is светлый) then (ИО is высокая)(ЦТС is холодный)(ЭО is средняя) (1)
18. If (ТОС is высокая) and (УЕО is средний) and (ВС is день) and (АП is высокая) and (ПЭ is низкое) then (ИО is высокая)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)
19. If (ТОС is высокая) and (ВС is день) and (АП is средняя) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is высокое) then (ИО is низкая)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)

Рис. 2. Лингвистические правила для входных и выходных переменных.

Проанализируем окно значения переменных заданных правил. Результаты экспертной оценки значения переменных, рассчитанные по 100 балльной шкале (в %). На рисунке 3 представлено окно программ, в котором происходит оценка переменных по функциям принадлежности с учетом лингвистических переменных.

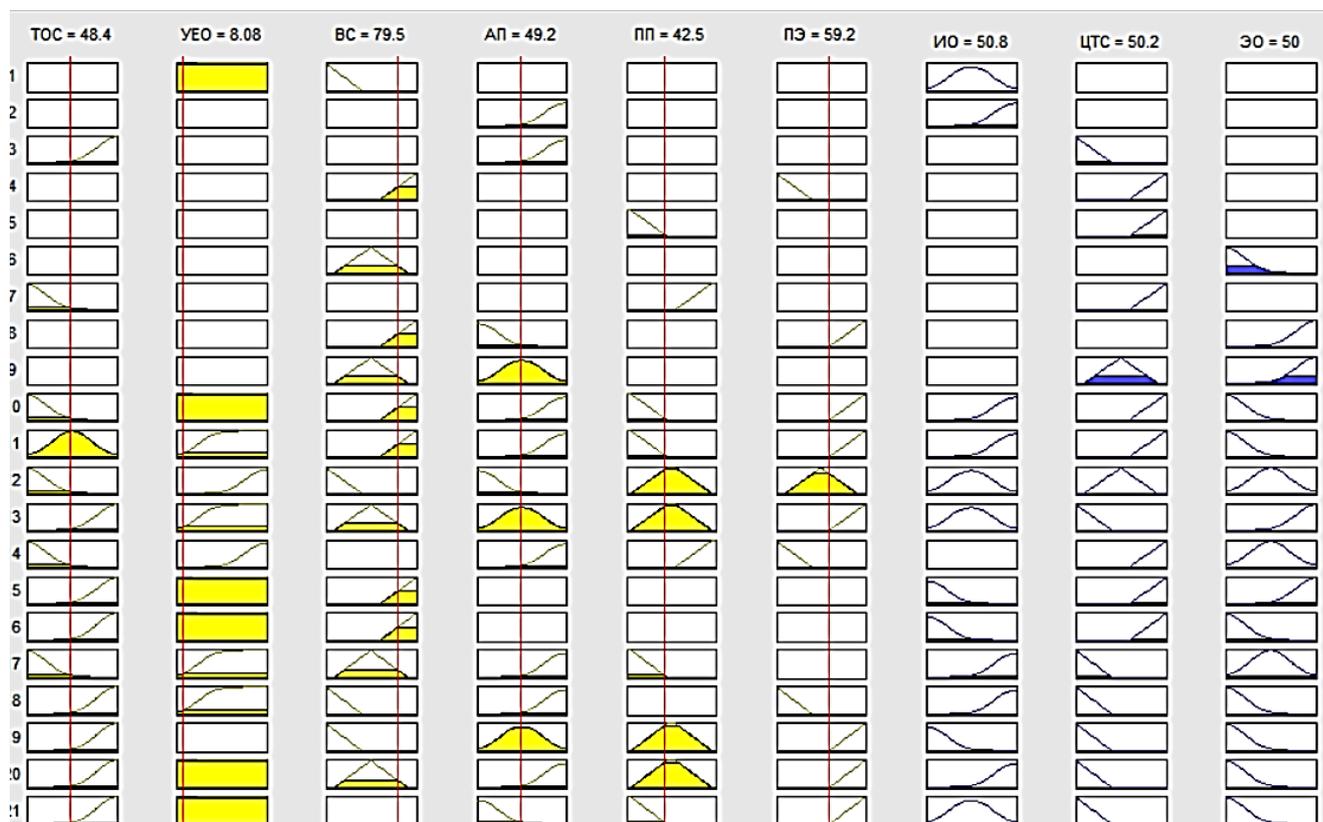


Рис. 3. Изменение состояния переменных с учётом функции принадлежности.

Программа графически представляет зависимость входных параметров от выходных. На рисунке 4 представлена зависимость входной переменной (ВС) и (АП) от (ИО), а на рисунке 5 представлена зависимость (ТОС) и (ВС) от (ЦТС):

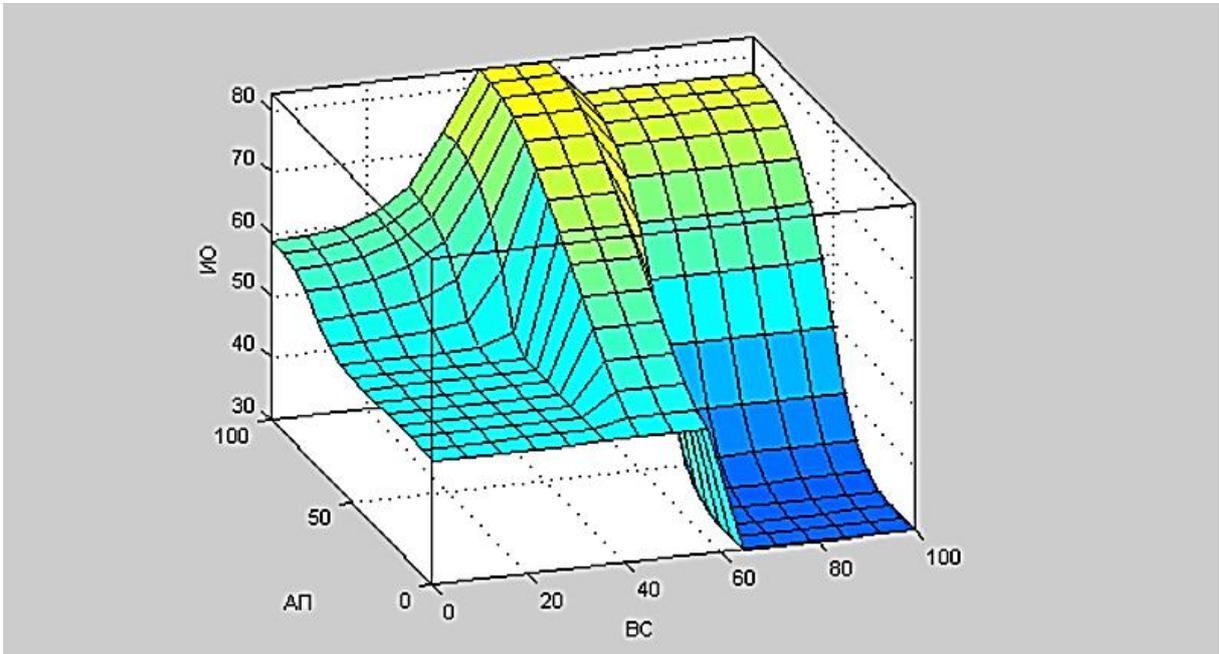


Рис. 4. Зависимость входной переменной (ВС) и (АП) от (ИО).

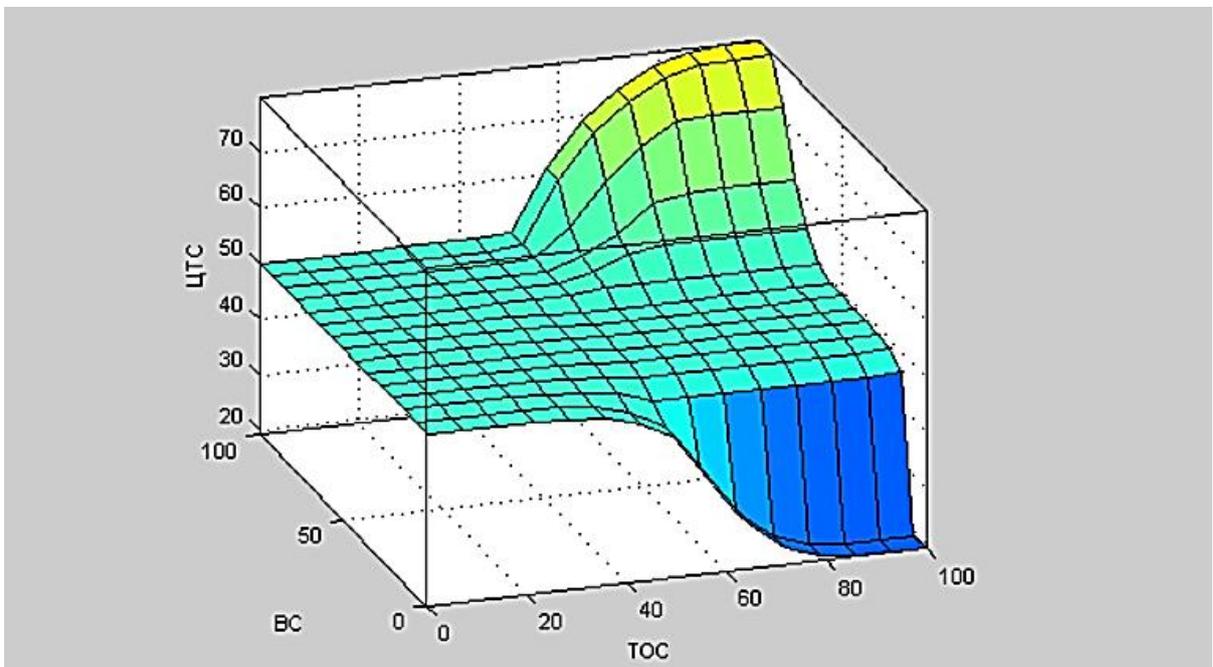


Рис. 5. Зависимость входной переменной (ТОС) и (ВС) от (ЦТС).

Для отслеживания динамики изменения интенсивности освещения, цветовой температуры света, эффективности освещения, на основании заданных правил, был проведен анализ численных показателей, данные приведены в таблице 1. На рисунке 6 представлен график зависимости управления освещением с учётом входных и выходных лингвистических переменных.

Таблица 1

**Показатели динамики изменения интенсивности освещения,
цветовой температуры, эффективности освещения**

Входные ЛП						Выходные ЛП		
ТОС	ПЭ	ПП	УЕО	ВС	АП	ИО	ЦТС	ЭО
48,4	59,2	42,5	8,08	79,5	49,2	50,8	50,2	50
77	77	83	41	31	85	63	34,5	40,4
87	15	77	21	77	51	29,1	59,4	50
43	17	71	63	51	79	78,4	52,2	39,8
91	51	19	19	83	19	19,4	70,1	50

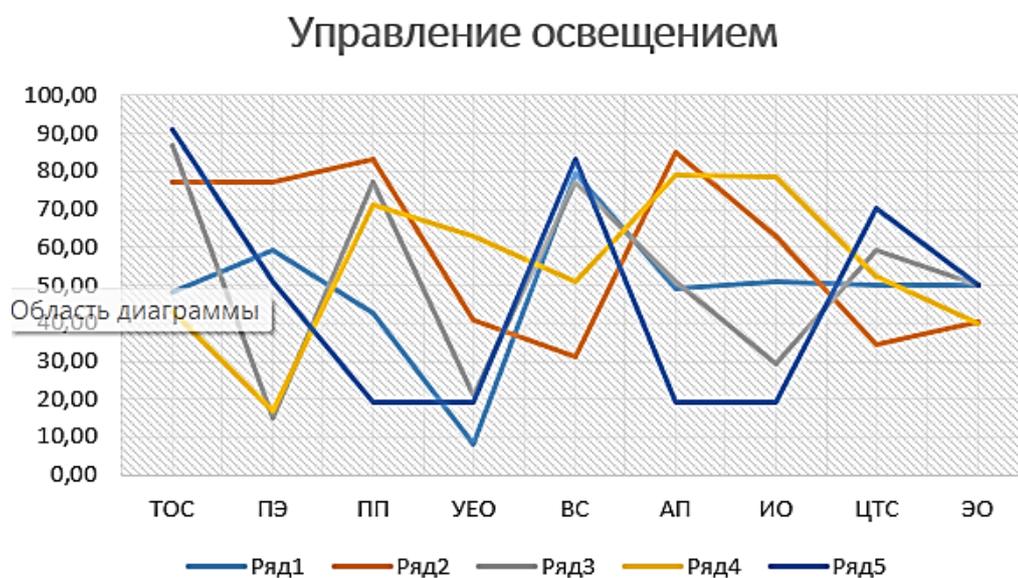


Рис. 6. График зависимости управления освещением с учетом ЛП.

На основе предоставленных данных установлено, что оптимальные уровни интенсивности освещения (ИО), цветовой температуры (ЦТС) и эффективности освещения (ЭО) соответствуют средним значениям таких параметров, как температура окружающей среды (ТОС), уровень естественного освещения (УЕО), время суток (ВС), активность пользователя (АП), энергопотребление (ПЭ) и предпочтения пользователя (ПП). При низких значениях этих параметров, система снижает яркость и использует нейтральную цветовую температуру для создания расслабляющей атмосферы. В дневное время с высокой активностью и энергопотреблением рекомендуется увеличение яркости и теплая цветовая температура.

Система эффективно адаптирует освещение в зависимости от комбинации параметров, поддерживая комфорт и энергоэффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нечеткая логика: учебно-методическое пособие / сост. Д. В. Полупанов, С. Р. Абдюшева. – Уфа: БашГУ, 2020. – 84 с.
2. Ланге Ф. Нечеткая логика; пер. с англ. Е. Н. Вироланен. – СПб.: Страта, 2018. – 114 с.
3. Ланских Ю. В., Ланских В. Г., Родионов К. В. Введение в большие данные: учебное пособие. – Киров: ВятГУ, 2023. – 172 с.

ЛИМОНОВ В. Ю., ШИШОВ О. В.

**УСТРАНЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НЕРЕГУЛЯРНОСТИ ДИАМЕТРА
ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КАБЕЛЯ**

Аннотация. Рассматриваются причины появления высокочастотной нерегулярности диаметра полимерной изоляции при изготовлении кабеля. Предлагается схема регулирования скорости протяжки кабеля через экструзионную линию с учетом градиента давления на выходе зоны дозирования экструдера, позволяющая устранить погрешности.

Ключевые слова: кабель с полимерной изоляцией, диаметр кабеля, экструдер.

LIMONOV V. YU., SHISHOV O. V.

**ELIMINATION OF HIGH-FREQUENCY IRREGULARITY
IN POLYMER INSULATION DIAMETER IN CABLE MANUFACTURING**

Abstract. The reasons for high-frequency irregularity of polymer insulation diameter in cable manufacturing are considered. A scheme for regulating the speed of cable pulling through an extrusion line is proposed, taking into account the pressure gradient at the outlet of the dosing zone of the extruder, which allows eliminating irregularity in the cable diameter.

Keywords: polymer insulated cable, cable diameter, extruder.

При передаче электрических сигналов используются различные кабели, в том числе с полимерной изоляцией. Изоляция защищает от распространения тока за пределы жилы, предупреждает от ударов электротоком, короткого замыкания и возгорания кабеля. Основная характеристика хорошей кабельной изоляции – высокая прочность и минимальная диэлектрическая проницаемость. Качественная изоляция способна прослужить весь гарантийный срок без возникновения дефектов кабельного изделия и надежно защищая его от «прорыва» электрического тока наружу. Одним из важнейших параметров технологического процесса изготовления кабеля с полимерной изоляцией является поддержание ее заданной толщины.

Процесс изготовления кабелей включает в себя несколько этапов – катанка, отжиг, изоляция, охлаждение, скрутка, реализуемые соответствующими агрегатами (см. рис. 1).



1 – отдающее устройство; 2 – волочильная машина; 3 – отжиг жилы; 4 – подогрев жилы; 5 – компенсатор; 6 – экструдер; 7 – охлаждающая ванна; 8 – сушильное устройство; 9 – тяговое устройство; 10 – датчик диаметра; 11 – счетчик длины; 12 – приемник

Рис. 1. Этапы и оборудование линии по изготовлению кабеля с полимерной изоляцией.

В ходе технологического процесса на качество кабелей оказывает влияние целый ряд факторов – каков исходной материал; как обеспечивается температурный режим отжига медной жилы; площадь сечения кабельной жилы, но практика показывает, что главные критерия качества кабеля определяет процесс наложения полимерной изоляции.

Этот этап является сложным многооперационным процессом, но почти все определяется работой экструдера. Экструдер имеет три рабочие зоны: загрузки, плавления и дозирования (см. рис. 2).

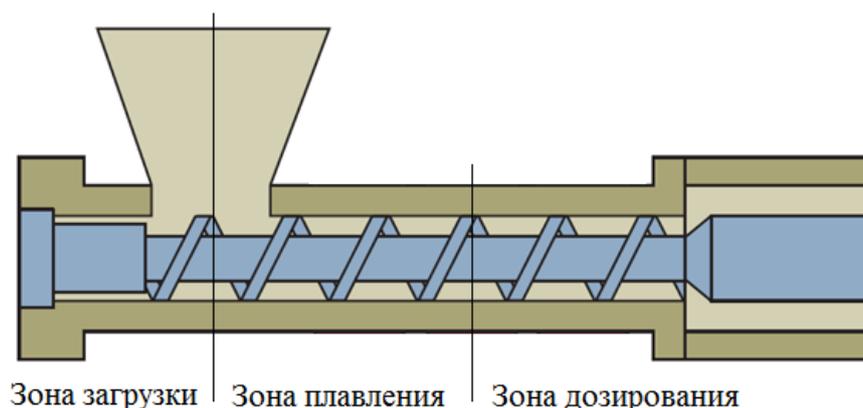


Рис. 2. Общее устройство экструдера.

В первую очередь необходимо следить за параметрами зоны дозирования. На формирование диаметра и диэлектрической проницаемости изоляции влияют:

1. температура расплава полимера на выходе экструдера;
2. градиент давления расплава полимера;
3. объемная производительность экструдера.

Толщина изоляции на большинстве предприятий, производящих кабель, регулируется путем изменения скорости протяжки кабеля через экструзионную линию, за счет управления приводом приемного устройства. Данная схема (рис. 3) устраняет низкочастотные нерегулярности диаметра полимерной изоляции, связанные с неравномерностью нагрева полимера.

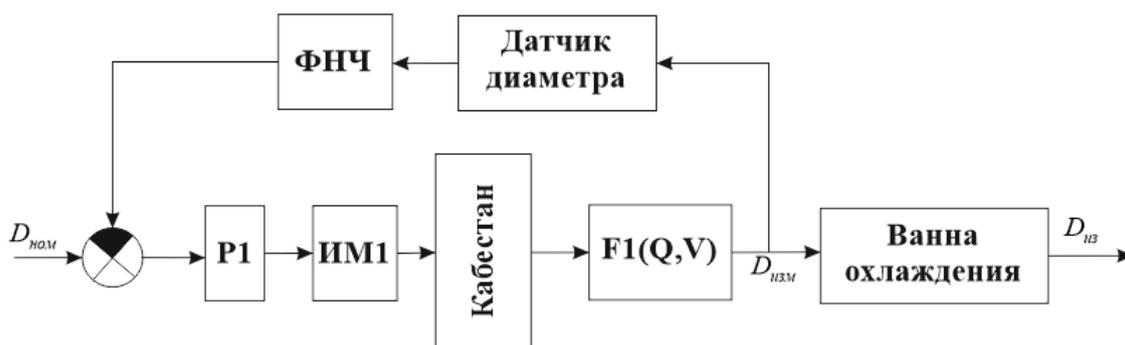


Рис. 3. Схема регуляции скорости протяжки кабеля через экструзионную линию.

Но измерения диаметра кабеля на выходе экструзионной линии, проводимые специалистами на различных предприятиях отрасли, показывают, что кроме низкочастотных отклонений от номинального значения, часто наблюдаются регулярные высокочастотные

колебания (рис. 3). Регулярный характер этих колебаний однозначно свидетельствует, что он связан с фазами работы технологического оборудования.

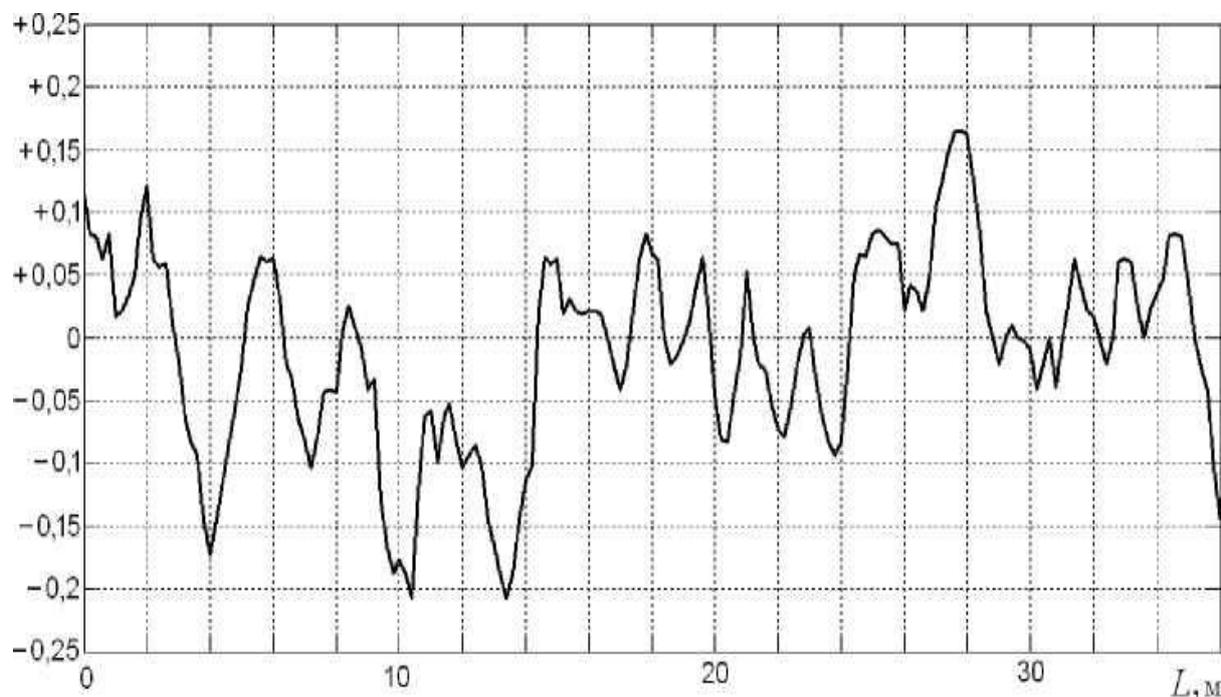


Рис. 4. Регулярные высокочастотные колебания диаметра кабеля.

Проведенные исследования показали, что высокочастотные нерегулярности диаметра полимерной изоляции связаны с градиентом давления на выходе зоны дозирования экструдера.

Для устранения высокочастотных нерегулярностей, градиент давления необходимо рассматривать как возмущающее воздействие в системе стабилизации, и его влияние на неоднородность диаметра изоляции может быть уменьшено. Иными словами, система автоматического управления должна, помимо управления скоростью протяжки кабеля, также осуществлять качественное управление такими параметрами как температура расплава полимера на выходе зоны дозирования и давление расплава полимера на выходе зоны дозирования экструдера.

Предлагается использование двухконтурной системы управления (рис. 4). В ней кроме существующего контура регулирования дополнительно включен контур регулирования давления расплава полимера в зоне дозирования экструдера путем изменения скорости вращения шнека. Второй контур и служит для устранения высокочастотных нерегулярностей толщины изоляции.

Применение в системе управления производственной линии свободно программируемых контроллеров, позволило без особого труда ввести в ее компоненты необходимое для реализации второго контура системы стабилизации аппаратные средства и соответствующие программные модули. Разрабатываемое программное обеспечение системы управления было реализовано с учетом этих предложений.

Проведенные практические реализации использования данной модели показали хорошие результаты. Удалось добиться стабилизации диаметра изоляции с существенно меньшими средними погрешностями, что подтвердило правильность выводов об их источниках и направлениях борьбы с ними.

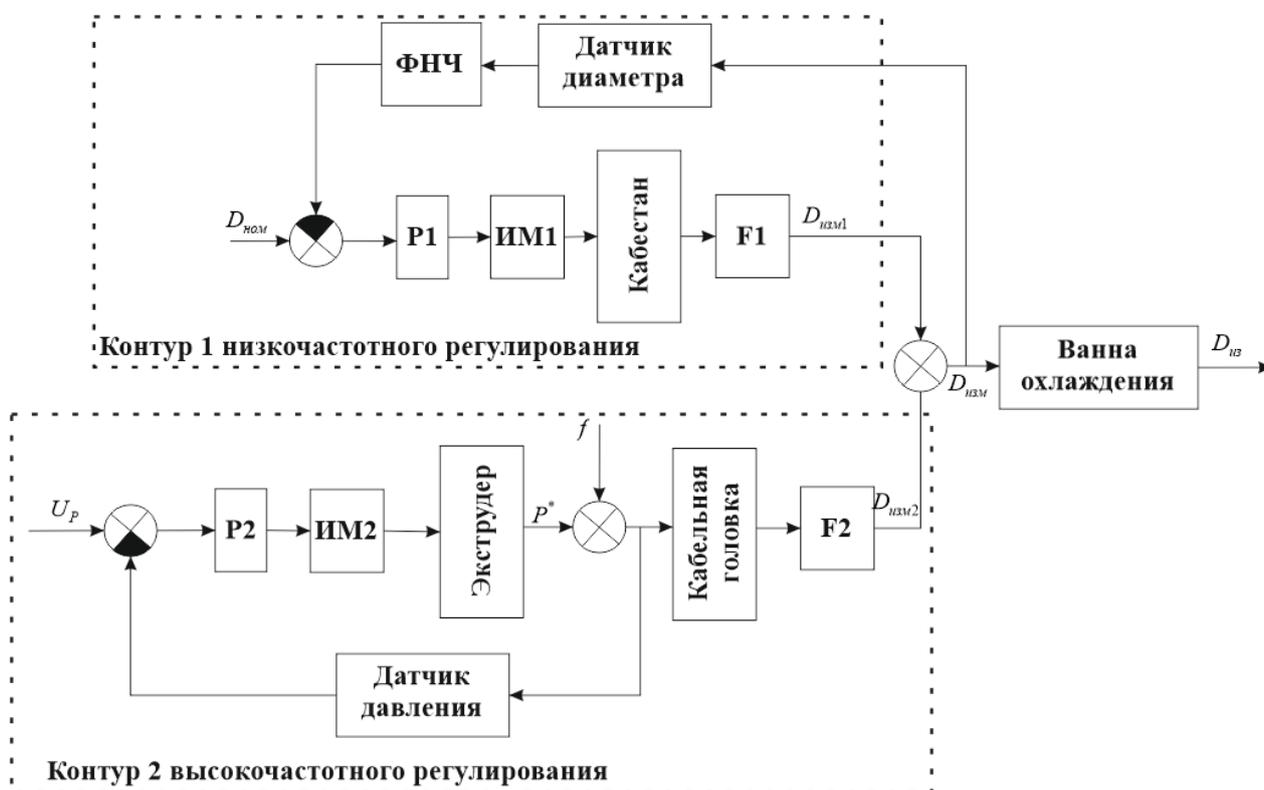


Рис. 5. Схема регулировки скорости протяжки кабеля через экструзионную линию с учетом градиента давления.

В процессе работы разработана структурная схема системы управления, включающая в себя программируемый логический контроллер, набор необходимых периферийных модулей и панель оператора. Общий алгоритм работы программы контроллера в проекте в целом аналогичен алгоритму работы систем управления, функционирующих на настоящий момент, но в них дополнительно введены программные компоненты, позволяющие

реализовать в зоне дозирования экструдера регулирование давления расплава и регулирование его температуры. Кроме этого, разработано программное обеспечение по реализации человеко-машинного интерфейса и общецеховой диспетчеризации. Введена архивация данных для системы контроля параметров оборудования.

Представленный проект в настоящее время оформлен в виде развернутого предложения по модернизации линий на предприятиях кабельной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишов О. В. Современные средства АСУ ТП. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с.
2. Шишов О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации. (Учебник). – М.: ИНФРА-М, 2016. – 365 с.
3. Бульхин А. К., Кидяев В. Ф., Кижяев С. А. Автоматизация и наладка кабельного оборудования. – Самара: ИЦ «Книга», 2001. – 130 с.

НИКУЛИН В. В., ПИЩИН О. Н., ЧУЛКОВ И. О.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ
НА РАДИОРЕЛЕЙНОМ ИНТЕРВАЛЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БАЗЫ ДАННЫХ ДОПРОЕКТНОГО ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ
С УЧЁТОМ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА**

Аннотация. В статье проводится анализ применения радиорелейных систем на территории Астраханской области. Во многих случаях применение радиорелейных линий остается единственным способом, обеспечивающим организацию высокоскоростных каналов связи в тех местах, где прокладка кабеля невозможна или нецелесообразна по различным причинам. Однако системы проектирования с использованием цифровых карт местности имеют ограниченную доступность для предприятий связи. Авторы статьи проводят работу по созданию справочного ресурса для допроектного выбора оборудования с целью оперативного принятия решения в каждом конкретном случае.

Ключевые слова: радиорелейный интервал, радиорелейная линия, радиорелейная станция, частотный диапазон, максимальная дальность, Астраханская область, база данных, ONEGA, справочный ресурс, проект радиорелейной линии, предпроектный выбор оборудования, допроектный выбор оборудования.

NIKULIN V. V., PISHCHIN O. N., CHULKOV I. O.

**RESEARCH OF THE MAXIMUM RANGE OF COMMUNICATION ORGANIZATION
ON THE RADIO RELAY INTERVAL FOR CREATING AN INFORMATION DATABASE
OF PRE-PROJECT SELECTION OF EQUIPMENT TAKING
INTO ACCOUNT THE FREQUENCY RANGE**

Abstract. The article analyzes the use of radio relay systems in the Astrakhan region. In many cases, the use of radio relay lines remains the only way to organize high-speed communication channels in places where cable laying is impossible or impractical for various reasons. However, design systems using digital terrain maps have limited availability for communications companies. The authors of the article are working to create a reference resource for pre-project selection of equipment for the purpose of prompt decision-making in each specific case.

Keywords: radio relay interval, radio relay line, radio relay station, frequency range, maximum range, Astrakhan region, database, ONEGA, reference resource, radio relay line project, pre-design equipment selection, pre-design equipment selection.

В настоящее время радиорелейные станции (РРС) часто заменяются волоконно-оптическими линиями связи. Однако в ряде случаев применение РРС остается единственным

способом, обеспечивающим организацию высокоскоростных транспортных каналов связи в тех местах, где прокладка кабеля невозможна или нецелесообразна по экономическим соображениям или по причине отсутствия достаточного временного промежутка для организации связи [1; 2]. В пригородных и сельских районах с недостаточной степенью проникновения современной телекоммуникационной инфраструктуры применение радиорелейных станций решает эту проблему за счет оперативности развертывания, относительно быстрой окупаемости и высокой пропускной способности. В городской застройке с высоким уровнем урбанизации радиорелейные линии часто также становятся единственным приемлемым вариантом организации каналов передачи больших объёмов информации между узлами связи, ввиду отсутствия свободных ресурсов для организации дополнительных каналов связи в существующих коммуникациях.

Небольшие организации, нуждающиеся в использовании радиорелейных каналов, как правило, не имеют собственных систем предварительного проектирования РРЛ, более того, часто подрядные организации реализующие радиорелейное оборудование также не имеют в своём распоряжении подобного рода систем и специалистов экспертного уровня для принятия решения о выборе адекватного оборудования для реализации проекта или принятия решения о возможности и целесообразности такового. Продажи оборудования могут происходить без экспертной оценки возможности и необходимости организации каналов связи, а также гарантий качества создаваемых систем.

С целью сокращения времени принятия решения о возможности организации радиорелейных каналов необходим справочный ресурс, отражающий максимальные возможности телекоммуникационного оборудования, являющегося основным при строительстве радиорелейных интервалов (РРИ). Справочный ресурс или информационная база данных допроектного выбора оборудования упростит правильный выбор частотного диапазона радиорелейных средств, в котором будет возможность организовать информационный канал с заданной дальностью на территории Астраханской области [5].

Для создания справочного ресурса допроектного выбора оборудования целесообразно использовать методики расчёта, основанные на ГОСТ Р 53363-2009.

Для определения максимальной дальности организации радиорелейной связи, например, в диапазоне 13 ГГц при мощности передатчика РРС 30 дБм производится расчёт зависимости потерь при распространении в свободном пространстве от расстояния [3-4]. Для этого используется формула:

$$L_0(R) = 92.45 + 20\log(f) + 20\log(R), \quad (1)$$

где: $f = 13$ ГГц – частота;

R – протяженность интервала [км].

Для расчета зависимости ослабления [дБ] радиосигнала в атмосферных газах от расстояния [км] рассчитывается удельное ослабление сигнала в кислороде воздуха и удельное ослабление сигнала в водяном паре.

Здесь формула удельного ослабления сигнала в кислороде воздуха имеет вид (2):

$$\gamma_o = \left(\frac{7.2r_t^{2.8}}{f^2 + 0.34r_p^2 r_t^{1.6}} + \frac{0.62\xi_3}{(54-f)^{1.16\xi_1} + 0.83\xi_2} \right) f^2 r_p^2 \cdot 10^{-3} = 7.613 \cdot 10^{-3} \text{ дБ/км}, \quad (2)$$

где: $t = 29^\circ\text{C}$ – макс. среднемесячная температура воздуха в астраханской области (АО);

$p = 1021$ мбар – макс. среднемесячное атмосферное давление в АО;

$$r_t = \frac{288}{273+t} = 0,954;$$

$$r_p = \frac{p}{1013} = 1,008;$$

$$\xi_1 = r_p^{0,717} r_t^{-1,8132} \exp[0,0156(1-r_p) - 1,6515(1-r_t)] = 1,015;$$

$$\xi_2 = r_p^{0,5146} r_t^{-4,6368} \exp[0,1921(1-r_p) - 5,7416(1-r_t)] = 0,957;$$

$$\xi_3 = r_p^{0,3414} r_t^{-6,585} \exp[0,2130(1-r_p) - 8,5854(1-r_t)] = 0,919.$$

Удельное ослабление сигнала в водяном паре составляет (3):

$$\begin{aligned} \gamma_{H_2O} = & \left[\frac{3,98\eta_1 \exp[2,23(1-r_t)]}{(f-22,235)^2 + 9,42\eta_1^2} g(f,22) + \frac{11,96\eta_1 \exp[0,7(1-r_t)]}{(f-183,31)^2 + 11,13\eta_1^2} + \right. \\ & + \frac{0,081\eta_1 \exp[6,44(1-r_t)]}{(f-321,226)^2 + 6,29\eta_1^2} + \frac{3,66\eta_1 \exp[1,6(1-r_t)]}{(f-325,153)^2 + 9,22\eta_1^2} + \\ & + \frac{25,37\eta_1 \exp[1,09(1-r_t)]}{(f-380)^2} + \frac{17,4\eta_1 \exp[1,46(1-r_t)]}{(f-448)^2} + \\ & + \frac{844,6\eta_1 \exp[0,17(1-r_t)]}{(f-557)^2} g(f,557) + \frac{290\eta_1 \exp[0,41(1-r_t)]}{(f-752)^2} g(f,752) + \\ & \left. + \frac{83328\eta_2 \exp[0,99(1-r_t)]}{(f-1780)^2} g(f,1780) \right] (f^2 \rho r_t^{2.5} \cdot 10^{-4}) = 0,039 \text{ дБ/км}, \quad (3) \end{aligned}$$

где: $\rho = 20 \text{ г/см}^3$ – абсолютная влажность, рассчитанная для средней относительной влажности и максимальных среднемесячных температуры и влажности;

$$\eta_1 = 0,955r_p r_t^{0,68} + 0,006\rho = 1,052;$$

$$\eta_2 = 0,735r_p r_t^{0,5} + 0,0353r_t^4 \rho = 1,307;$$

$$g(f, f_i) = 1 + \left(\frac{f - f_i}{f + f_i} \right)^2.$$

Расчёт зависимости (4) ослабления [дБ] радиосигнала в атмосферных газах от расстояния происходит по формуле [км]:

$$A_a(R) = (\gamma_o + \gamma_{H_2O})R. \quad (4)$$

Расчёт зависимости (5) мощности сигнала на входе приёмника [дБм] от расстояния [км] имеет вид:

$$P_{ПРМ}(R) = P_{ПРД} + G_1 + G_2 - L_0(R) - L_{\phi_1} - L_{\phi_2} - A_a(R), \quad (5)$$

где: $P_{ПРД} = 30$ дБм – мощность передатчика;

$G_1 = G_2 = 44,8$ дБи – коэффициенты усиления антенн;

$L_{\phi_1} = L_{\phi_2} = 0,5$ дБ – потери в фидерах.

Рассчитаем зависимость (6) запаса на замирания [дБ] от расстояния [км]:

$$F(R) = P_{ПРМ}(R) - P_{ПРМ.порог}, \quad (6)$$

где: $P_{ПРМ.порог} = -75$ дБм – пороговый уровень сигнала на входе приёмника.

Рассчитаем зависимость (7) коэффициента [%] сильнопоражённых ошибками секунд (*Severely Errored Second Ratio, SESR*), обусловленного влиянием дождей, от расстояния [км]:

$$SESR_{\delta}(R) = P_{\delta}(R) \cdot Q(R), \quad (7)$$

где: $P_{\delta}(R)$ – вероятность отказа, вызванная дождём, %;

$Q(R)$ – коэффициент для расчета, зависящий от $P_{\delta}(R)$.

При расчете $P_{\delta}(R)$ используются следующие параметры:

$I = 16$ мм/ч – средняя интенсивность дождей в АО;

$h_1 = h_2 = 30$ м – высоты подвеса антенн;

$k_z = 0,03041$, $k_g = 0,03266$, $\alpha_z = 1,1586$, $\alpha_g = 1,0901$ – коэффициенты, зависящие от частоты передачи (см. рекомендацию МСЭ-R P.838-3);

$\tau = 0^\circ$ – угол наклона оси поляризации по отношению к горизонтали. 0° если поляризация линейная, 45° если круговая.

$$Q(R) = \min(12, 0.1227 \cdot 27 \cdot [P_{\delta}(R)]^{-0.1227}).$$

Рассчитаем зависимость (8) коэффициента [%] сильнопоражённых ошибками секунд, обусловленного интерференционными замираниями, от расстояния [км]:

$$SESR_{инт}(R) = T_{инт}(R) \cdot 10^{-0,1F(R)}, \quad (8)$$

где: $T_{инт}(R) = Q_{инт} \cdot T_{\Delta\epsilon}(R)$ – процент времени, в течение которого в системе будут интерференционные замирания [%];

$Q_{\text{ум}} = 1$ – фактор влияния условий земной поверхности, учитывающий наличие отраженных волн от поверхности Земли. Принимается равным 1, если отсутствуют значительные неровности рельефа;

$T_{\Delta\epsilon}(R) = KcR^d f^b$ – вероятность появления гладких интерференционных замираний [%];

$K = 2 \cdot 10^{-3}$, $c = 0,5$, $d = 2$, $b = 1,5$ – коэффициенты, учитывающие климатические особенности района;

$F(R)$ – запас на замирания [дБ].

Рассчитаем зависимость (9) общего коэффициента [%] сильнопоражённых ошибками секунд от расстояния [км]:

$$SESR(R) = SESR_{\text{д}}(R) + SESR_{\text{инт}}(R). \quad (9)$$

На рисунке 1 представлены результаты расчетов зависимости коэффициентов сильнопоражённых ошибками секунд. Пунктиром обозначен уровень допустимого значения этого коэффициента – 0,006%.

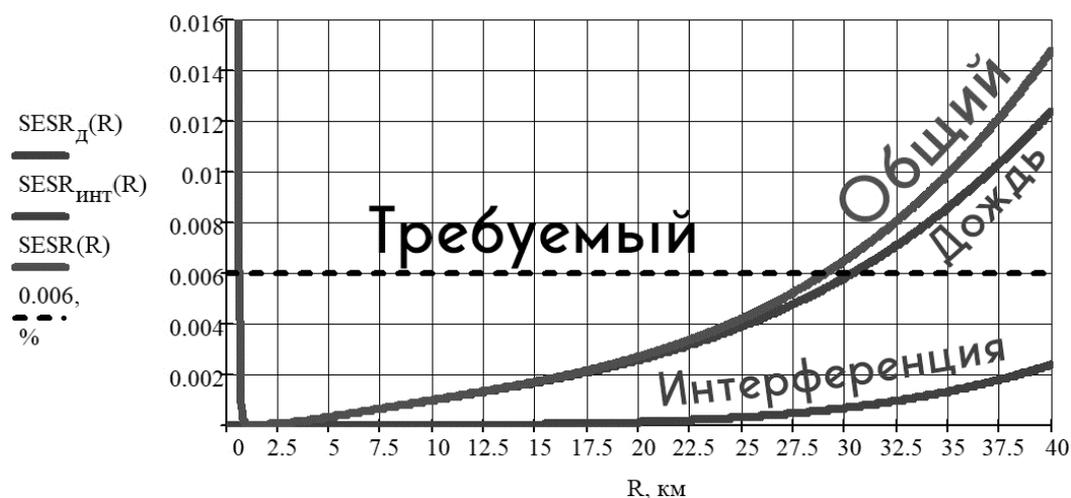


Рис. 1. Графическое представление зависимости коэффициентов сильнопоражённых ошибками секунд от расстояния с учётом уровня допустимого значения общего коэффициента – 0,006%.

На рисунке 2 построена зависимость пригодности трассы от расстояния по которой определяется максимальная дальность связи [км]. Учитывая, что норма по коэффициенту сильнопоражённых ошибками секунд – 0,006% [6], получаем, что дальность связи для частоты 13 ГГц и мощности передатчика 30 дБм – 29,1 км:

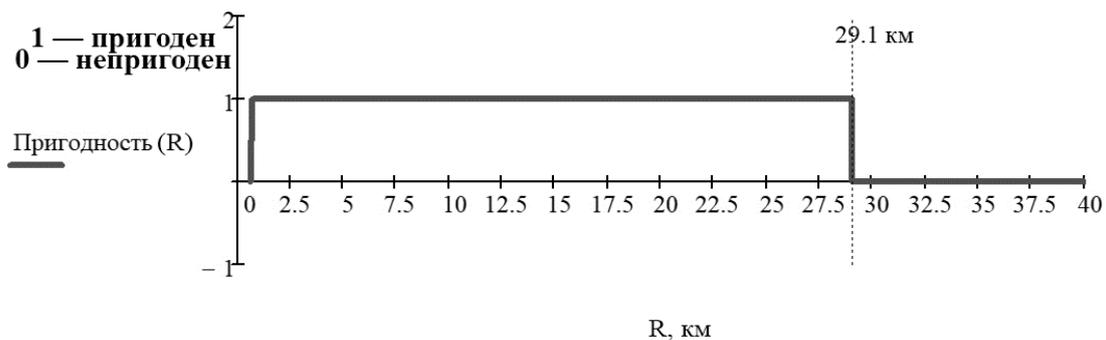


Рис. 2. Зависимость пригодности трассы от расстояния с отметкой максимальной дальности связи.

Рассмотренный пример промоделирован в автоматизированном расчётном комплексе RPLS ONEGA. Построен радиорелейный интервал в ONEPLAN RPLS-DB Link (см. рис. 3) с рассчитанной длиной 29,1 км, частотой передачи 13 ГГц, мощностью передатчика 30 дБм, а также остальными параметрами, указанными в расчетах. Расположение интервала выбрали на юге астраханской области вне пересечений водных преград. Такие условия являются более благоприятными и это является частью основного исследования для условий Астраханской области.



Рис. 3. Моделируемый в ONEPLAN RPLS-DB Link радиорелейный интервал.

Проведён расчет пригодности (см. рис. 4) этого интервала и подтверждена правильность проделанных расчетов.

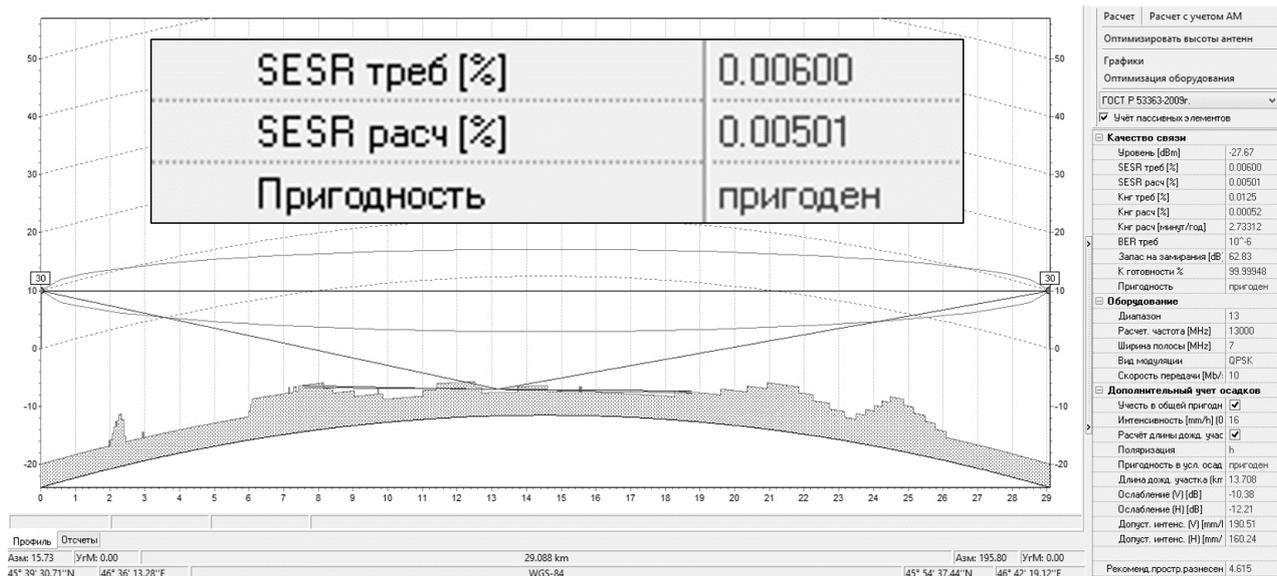


Рис. 4. Расчет пригодности радиорелейного интервала в ONEPLAN RPLS-DB Link.

Как видно из рисунка 4, проведенные расчеты соответствуют расчетным результатам, полученным на программном комплексе ONEPLAN RPLS-DB Link. Проведены аналогичные расчеты дальности связи для каждой частоты (7–38 ГГц) и с учетом мощности передатчика (16–30 дБм).

Итоговые результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Итоговая справочная таблица возможной дальности связи
в зависимости от частотного диапазона и мощности передатчика**

Дальность связи в зависимости от частоты передачи и мощности передатчика, км								
Частота	Мощность передатчика							
	16 дБм	18 дБм	20 дБм	22 дБм	24 дБм	26 дБм	28 дБм	30 дБм
7 ГГц	17,4	21,6	25,3	27,9	29,8	31,6	33,2	35,5
8 ГГц	16,9	20,9	24,5	27,1	28,8	30,6	32,2	34,4
11 ГГц	15,2	18,9	22,1	24,4	26,0	27,6	29,0	31,0
13 ГГц	14,3	17,7	20,7	22,9	24,4	25,9	27,2	29,1
15 ГГц	13,0	16,1	18,8	20,8	22,1	23,5	24,7	26,4
18 ГГц	11,3	14,0	16,4	18,1	19,3	20,5	21,5	23,0
23 ГГц	8,5	10,5	12,3	13,6	14,5	15,4	16,2	17,3
38 ГГц	0,472	0,584	0,683	0,755	0,805	0,854	0,897	0,960

Таким образом, полученные результаты являются материалом, рассчитанным для условий Астраханской области, степной местности, без водных преград и практически в отсутствии лесной растительности. Такие условия можно считать идеальными с учетом местного климата. Результаты расчетов проверены в автоматизированном расчетном комплексе RPLS ONEGA модуль Link (для радиорелейных систем). Полученные данные могут

использоваться в качестве допроектного планирования развития или оптимизации той части сети оператора, которая базируется на радиорелейных линиях. Использование подготовленной таблицы поможет сориентироваться на максимально возможные дистанции для радиорелейных систем определённой мощности для принятия решения о возможности или необходимости строительства радиорелейной линии в качестве соединительной линии между узлами связи или привязки узлов связи к центрам коммутации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pishchin O. N., Puzamkov D. S., Perova K. V., Chulkov I. O. Groups of mobile cellular service stations for operational radio communication tasks in remote areas // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012031.
2. Дмитриев А. В., Никулин В. В., Скобеев И. К. Разработка лабораторных работ по курсу «Сети и системы радиосвязи» // *LI Огарёвские чтения: материалы Всероссийской с международным участием научной конференции: в 3 ч.* – Саранск, 2023. – Ч. 1. – С. 252–260.
3. Дмитриев В. Н., Пищин О. Н. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства в системах подвижной радиосвязи: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2022. – 156 с.
4. Милютин Е. Р., Василенко Г. О., Сиверс М. А., Волков А. Н., Певцов Н. В. Методы расчёта поля в системах связи дециметрового диапазона. – СПб.: Триада, 2003. – 159 с.
5. Чулков И. О., Пищин О. Н. Исследование радиочастотных диапазонов, используемых для организации РРС на территории Астраханской области // *VII Международная конференция «Информационные технологии и технические средства управления» (ICST-2023)*. – Астрахань, 2023. – С. 323–324.