

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы всероссийской научно-технической  
конференции  
(г. Пермь, 7–9 июня 2023 г.)

В двух томах  
Том I

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета  
2023

УДК 685.325.05

A224

A224 **Автоматизированные** системы управления и информационные технологии : материалы всерос. науч.-техн. конф. : в 2 т. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023.

ISBN 978-5-398-03096-9

Т. I. – 568 с. – ISBN 978-5-398-03099-0

Проведение конференции инициировано ученым советом электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета и ориентировано на публичную апробацию результатов научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по аспектам научных исследований электротехнического профиля.

Конференция проводится по пяти секциям: «Информационные технологии и автоматизированные системы», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Электротехника и энергетика», «Телекоммуникации», «Информационная безопасность».

Публикуемые результаты исследований могут быть интересны широкому кругу специалистов в области автоматизации и проектирования современных систем автоматизации и управления, информационных технологий, математического моделирования технологических процессов, систем преобразования и обработки информации.

**Редакционная коллегия:**

*В.В. Черняев*, доцент, канд. техн. наук;

*Д.К. Елтышев*, доцент, канд. техн. наук (отв. редактор);

*Б.В. Кавалеров*, доцент, д-р техн. наук;

*А.Б. Петроченков*, доцент, д-р техн. наук;

*Н.М. Труфанова*, профессор, д-р техн. наук;

*Р.А. Файзрахманов*, профессор, д-р экон. наук;

*А.А. Южаков*, профессор, д-р техн. наук

**Рецензент** – заслуженный деятель науки РФ, заслуженный машиностроитель Республики Башкортостан, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета *Г.Г. Куликов*

УДК 685.325.05

ISBN 978-5-398-03099-0 (Т. I)

ISBN 978-5-398-03096-9 (общ.)

© ПНИПУ, 2023

**Секция I**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ**

**И.А. Артемьев, А.А. Наборщиков,  
А.И. Посягин, В.А. Цыганцев**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕНДА САМОМАРШРУТИЗИРУЮЩЕГОСЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM 8**

Рассматривается работа стенда самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети. Представлена разработанная аппаратная реализация измерительной компоненты основного нейрона в виде отдельной платы с местным фрагментарным устройством управления на базе микроконтроллера STM8. Продемонстрирован способ мониторинга состояния основных измерительных нейронов, а также вариант визуальной оценки корректности их работы с помощью графика. Сделаны выводы о применимости такого подхода к реализации основного измерительного нейрона и намечены пути дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь, нейронная сеть, матрица R-2R, измерительный компонент, микроконтроллер STM8, местное фрагментарное устройство управления.

**I.A. Artemyev, A.A. Naborshchikov,  
A.I. Posyagin, V.A. Tsyganstsev**

## **RESEARCH OF THE STAND OF A SELF-ROUTING ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER BASED ON A NEURAL NETWORK USING THE STM 8 MICROCONTROLLER**

This article discusses the operation of the stand of a self-routing analog-to-digital converter based on a neural network. The developed hardware implementation of the measuring component of the main neuron in the form of a separate board with a local fragmentary control device based on the STM8 microcontroller is presented. A method of monitoring the state of the main measuring neurons is demonstrated, as well as a variant of visual assessment of the correctness of their work using a graph. Conclusions are drawn about the applicability of this approach to the implementation of the main measuring neuron and the ways of further research are outlined.

**Keywords:** Self-routing analog-to-digital converter, neural network, R-2R matrix, measuring component, microcontroller STM8, local fragmentary controlling device.

Использование систем автоматического управления (САУ) уже давно стало неотъемлемой частью современного мира. САУ получает информацию о состоянии объекта управления (ОУ) и создает управляющее

воздействие, обеспечивая стабильную работу системы. Однако постоянное совершенствование ОУ приводит к усложнению САУ, которая требует все больше данных о состоянии ОУ. Информацию о состоянии ОУ САУ получает с помощью измерительных датчиков, которые преобразуют различные измеряемые параметры в аналоговый сигнал (напряжение или ток). Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует этот аналоговый сигнал из датчика в цифровой сигнал для САУ. С увеличением числа датчиков возрастает количество требуемых АЦП, поскольку аппаратные возможности ограничены в обработке сигналов с заданной скоростью. Для этого можно использовать потоковую динамическую архитектуру, которая позволяет изменять количество измеряемых сигналов и точность измерений путем изменения разрядности АЦП. Кроме того, надежность САУ и, соответственно, АЦП является важным фактором. Надежность можно повысить путем добавления дополнительных связей, которые позволят исключать неправильно работающие элементы с помощью алгоритмов самодиагностики.

Авторы работы [1] описывают реализацию самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя (САЦП) на основе однослойной нейронной сети (НС). Этот аппаратный компонент представляет собой сеть, состоящую из одинаковых одноразрядных АЦП, которые называются основными измерительными нейронами (ОИН). ОИН способны объединяться вместе, формируя АЦП нужной разрядности. Реализация такой сети основана на использовании программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). Взаимодействие между нейронами осуществляется через основные и дополнительные линии связи, которые позволяют исключать конкретные нейроны из сети, повышая надежность всего устройства.

В работе [3] представлен один из вариантов прототипа самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя (САЦП) на основе нейронной сети (НС). Однако это решение обладает несколькими недостатками. Одним из них является ограниченная возможность масштабирования сети. Из-за ограниченного количества выводов программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), необходимых для управления аналоговыми ключами в измерительном компоненте (ИК), невозможно полностью реализовать многовходовый и высокоотказоустойчивый аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети. При увеличении разрядности самомаршрутизирующегося

аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети, количество необходимых линий связи между блоками управления ПЛИС и измерительным компонентом возрастает (рис. 1).

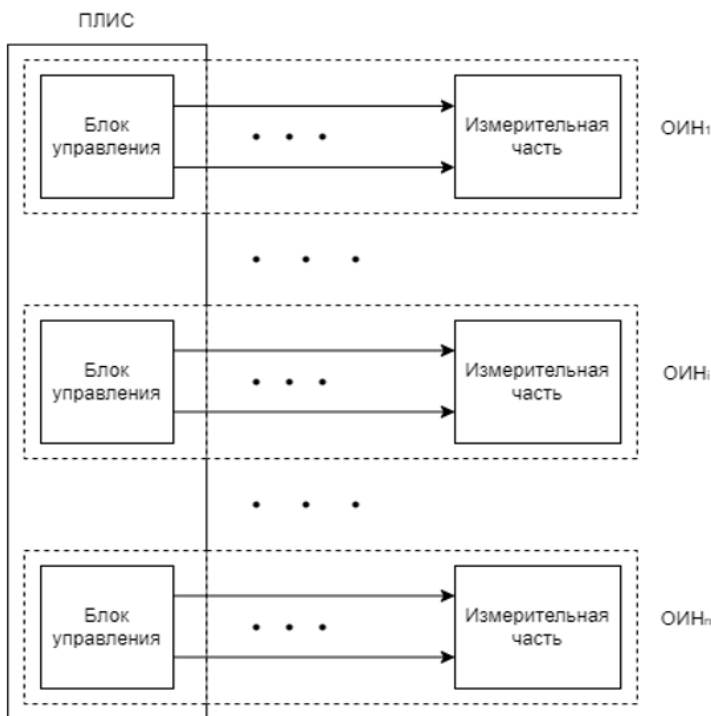


Рис. 1. Реализация управления с помощью ПЛИС измерительной частью каждого ОИН

В целях реализации данной концепции было принято решение использовать микроконтроллер, который будет отвечать за обработку команд от ПЛИС и организацию регулируемой обратной связи (рис. 2).

Для реализации аппаратной части измерительного компонента ОИН были использованы N-канальные MOSFET-транзисторы в качестве ключей. Для обеспечения возможности изменения сопротивления с течением времени и минимизации погрешности измерения был установлен цифровой потенциометр AD8402, имеющий 256 положений контактной щетки. Для управления ключами и цифровым потенциометром предлагается использовать микроконтроллер STM8S003F3P6

(8 бит, 16 МГц) [5]. Для мониторинга состояния каждого ОИН и изменения значений цифрового потенциометра был разработан стенд, включающий контроллер ESP8266.

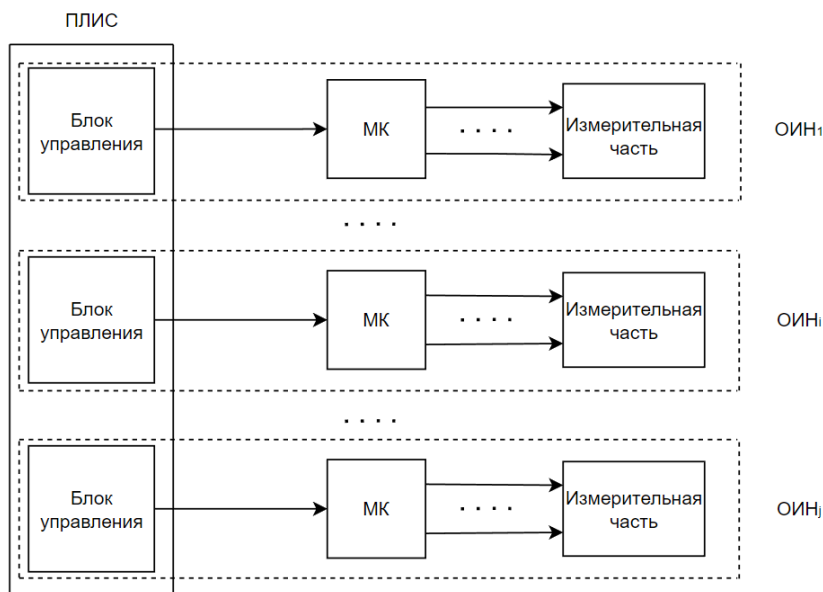


Рис. 2. Реализация управления с помощью ПЛИС измерительной частью каждого ОИН

На базе этого контроллера создан REST-сервер, который хранит данные о всех ОИН, и клиентское приложение для операционной системы Android. С помощью приложения-клиента можно управлять каждым ключом ОИН отдельно, а также получать актуальную информацию о состоянии ОИН.

При выборе соответствующего ОИН отображаемые положения ключей и значения сопротивлений обновляются. При нажатии на ключ в приложении отправляется запрос на сервер, содержащий новые положения ключей. При вводе значений в поля R1 и R2 отправляется запрос, содержащий новые значения сопротивлений. После обработки запроса на сервере отправляется сообщение по UART для ОИН, а также ответ на запрос, содержащий установленные положения ключей и значения сопротивления потенциометра.

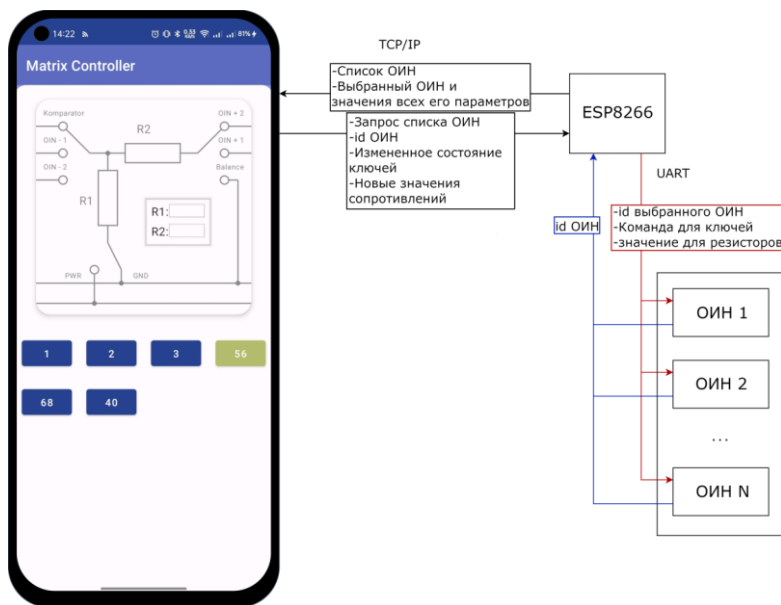


Рис. 3. Схема взаимодействия матрицы из элементов ОИН, ESP8266 и клиентского приложения

Например, если в приложении выбран ОИН с индексом «1», то будут отображены текущие положения ключей и значение сопротивления цифрового потенциометра. Если выбраны положения Comparator, OIN + 2 и GND, то эти действия будут преобразованы в массив значений [2, 3, 5]. Затем будет отправлен запрос, который будет обработан, и в ответ будет получена последовательность, на основе которой будут обновлены положения ключей в приложении. В это время сервер преобразует полученный массив в последовательность 00001100 и передаст ее контроллеру управления ИК через интерфейс UART. Контроллер изменит состояния на соответствующих выводах, что приведет к изменению состояний ключей в соответствии с представленной схемой в приложении. ИК будет подключен к следующему ОИН и через один к следующему ОИН. В зависимости от принятого сигнала ключи будут изменять свои состояния, и звено матрицы R-2R переключится в соответствующий режим работы. Путем объединения нескольких звеньев можно получить матрицу, способную измерять входное напряжение с настраиваемой точностью (рис. 3).

Для проверки полной работоспособности ОИН в связке была разработана программа на платформе Arduino. Для этой цели использовался внешний цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), который генерирует заданное напряжение, изменяющееся на 1 бит на каждом цикле измерения. Затем это напряжение сравнивается с выходным напряжением ОИН с помощью компаратора. Дополнительно Arduino оцифровывает выходное напряжение ЦАП. Полученные данные Arduino передает по USB на компьютер, где используется программа, написанная на Python, для преобразования данных в таблицу Excel. Затем с помощью графика, созданного на основе данных из таблицы, можно визуально оценить точность работы ОИН. Пример такого графика представлен на рис. 4.

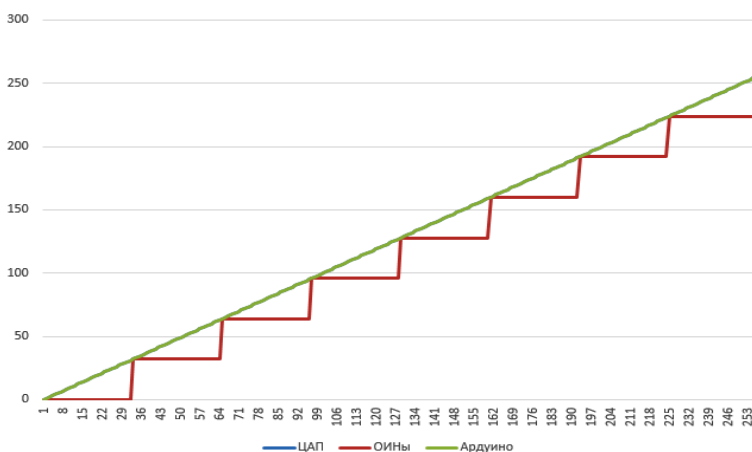


Рис. 4. Преобразованные данные из связки трех ОИН в виде графика Excel

Также было проведено моделирование ситуации, когда у одного из ОИН специально изменено сопротивление (рис. 5). Это было сделано с целью возможности тестирования алгоритмов самодиагностики, которые позволяют обнаружить неисправности в ОИН в будущем. В результате исследования разработанного стенда был сделан вывод о его применимости для тестирования системы самодиагностики с использованием локального фрагментарного управления. В дальнейшем планируется расширить количество параллельно измеряемых входных сигналов и возможную разрядность, а также провести тестирование алгоритмов самодиагностики, описанных в работе [6], с целью оценки точности определения вышедшего из строя ОИН и скорости его обнаружения.

### Библиографический список

1. Макагонов Н.Г., Посягин А.И., Южаков А.А. Принципы самомаршрутизации сигналов в аналого-цифровом преобразователе на основе однослойной нейронной сети // Электротехника. – 2016. – № 11. – С. 3–6.
2. Структура основного измерительного нейрона в самомаршрутизирующемся аналого-цифровом преобразователе / А.Ф. Васбиева, Л.М. Онискива, А.И. Посягин, А.А. Южаков // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2015. – Т. 13, № 9. – С. 3–8.
3. Макагонов Н.Г., Посягин А.И. Разработка прототипа нейросетевого аналого-цифрового преобразователя // Наука настоящего и будущего. – 2017. – Т. 1. – С. 217–218.
4. Южаков А.А. Интеллектуальные измерительные преобразователи на основе нейронных технологий. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 1993. – 280 с.
5. Reference manual. STM8S Series and STM8AF Series 8-bit microcontrollers. STMicroelectronics. – 2017.
6. Naborshchikov A.A., Yuzhakov A.A., Posyagin A.I. Possible Approaches to Organizing Self-Test of a Self-Routing Analog-To-Digital Converter Based on a Neural Network // Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022, St. Petersburg, 25–28 January 2022. – St. Petersburg, 2022. – P. 391–394.

### Сведения об авторах

**Артемьев Илья Алексеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-20-16, г. Пермь, e-mail: [ilya.artemjev2017@yandex.ru](mailto:ilya.artemjev2017@yandex.ru)

**Наборщиков Антон Алексеевич** – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Anton.naborshikov@gmail.com](mailto:Anton.naborshikov@gmail.com)

**Посягин Антон Игоревич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [posyagin.anton@gmail.com](mailto:posyagin.anton@gmail.com)

**Цыганцев Вячеслав Александрович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-20-16, г. Пермь, e-mail: [slava.tsygantsev@yandex.ru](mailto:slava.tsygantsev@yandex.ru)

**А.Б. Федоров, М.Г. Батюков**

## **ТЕСТЕР ВИТОЙ ПАРЫ**

Рассмотрен процесс создания тестера витой пары на основе микроконтроллерной платы Arduino.

**Ключевые слова:** тестер, витая пара, Ethernet, сети.

**A.B. Fedorov, M.G. Batyukov**

## **TWISTED PAIR TESTER**

This article describes the process of creating a twisted pair tester based on the Arduino microcontroller board.

**Keywords:** tester, twisted pair, Ethernet, networks.

В век информации ни одно современное предприятие не может обойтись без надежных и скоростных локальных вычислительных сетей передачи данных. Количество устройств, которые необходимо объединить в единую сеть, с каждым годом растет. В связи с этим возрастает нагрузка на обслуживающий персонал сетей: системных администраторов. Для быстрого обслуживания сетей системным администраторам нужны соответствующие инструменты: кабельные тестеры\*.

**Постановка задачи.** Необходимо создать тестер витой пары, который будет позволять оперативно выявлять неисправности сети или сетевого кабеля, для этого он должен обладать следующими параметрами:

- компактность и портативность;
- эргономичность и функциональность, позволяющая проверить базовые аспекты сети;
- надежность;
- низкая цена.

**Реализация.** Согласно данным параметрам в качестве основы для тестера была выбрана аппаратная платформа семейства Arduino, как одна из самых распространенных. Для того чтобы микропроцессорная плата Arduino могла работать с витой парой и технологией Ethernet необходимо использовать отдельный модуль расширения. В качестве та-

---

\*Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. СПб.: Питер, 2012. 960 с.

кого модуля был выбран модуль Ethernet W5500, который основан на микросхеме W5500.

Микросхема W5500 представляет собой встроенный Ethernet-контроллер с подключением TCP/IP. Даная микросхема использует шину SPI (последовательного периферийного интерфейса). W5500 является надежным контроллером, который обеспечивает стабильное подключение к Сети, поскольку использует один чип для реализации стека TCP/IP, 10/100 Ethernet MAC и PHY. Аппаратный стек TCP/IP поддерживает протоколы TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP и PPPoE, что проверено в различных приложениях на протяжении многих лет. W5500 использует внутренний буфер объемом 32 кбайт в качестве памяти для передачи данных. Чтобы снизить энергопотребление системы, W5500 обеспечивает WOL (Wake on LAN) и режим пониженного энергопотребления. Для отображения информации был выбран жидкокристаллический дисплей на 16 символов и 2 строки – LCD 1602A. Он имеет яркую подсветку, хорошую контрастность, которая настраивается подстроечным резистором, и невысокую стоимость.

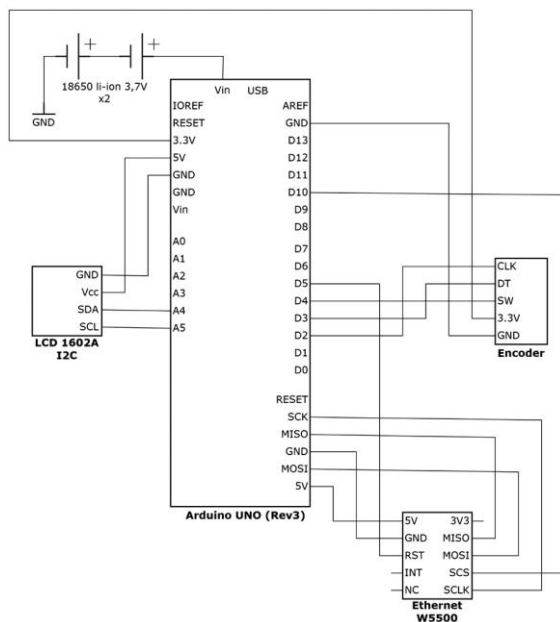


Рис. 1. Схема коммутации устройства с микропроцессорной платой Arduino Uno

В качестве элемента управления устройством был выбран цифровой энкодер. Он имеет малые габариты, обладает хорошей точностью и тактильной отдачей. В роли портативного источника энергии была выбрана батарея, состоящая из двух литий-ионных аккумуляторов типа 18650 с номинальным напряжением 3,7 В. Литий-ионные аккумуляторы обладают высокой емкостью при небольших размерах.

Схема коммутации устройства на основе микропроцессорной платы Arduino Uno представлена на рис. 1.

В ходе работы было собрано два прототипа устройства. Первый на основе микропроцессорной платы Arduino Uno (рис. 2), второй на основе микропроцессорной платы Arduino Nano (рис. 3). В данных устройствах использовались модули Ethernet W5500 от разных производителей.

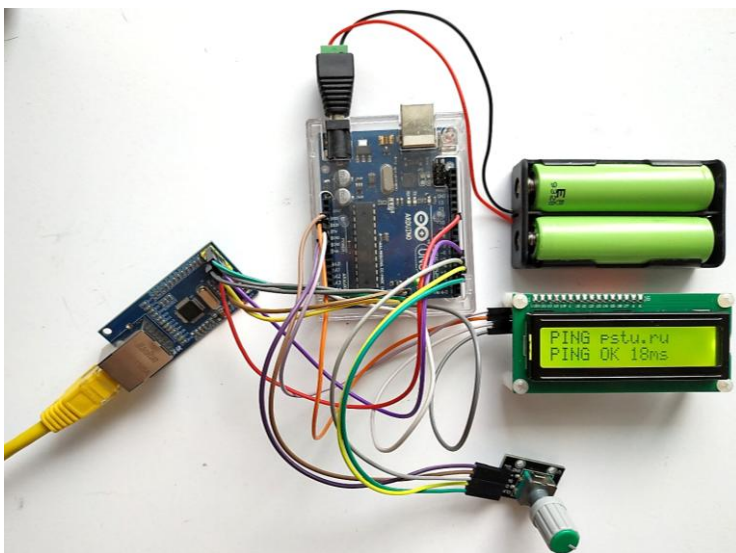


Рис. 2. Прототип устройства с микропроцессорной платой Arduino UNO

Для проверки работы прототипов была написана программа, которая работает по следующему алгоритму:

1. После инициализации устройства необходимо с помощью энкодера задать IP-адрес, с которым необходимо проверить связь в ходе теста. Поворот энкодера вправо/влево меняет значение октета IP-адреса. Одно короткое нажатие энкодера подтверждает октет IP-адреса. Долгое нажатие энкодера подтверждает IP-адрес для проверки (рис. 4).

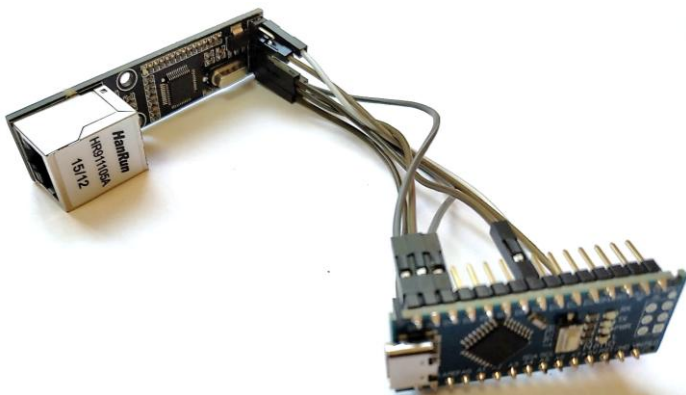


Рис. 3. Прототип устройства с микропроцессорной платой Arduino Nano

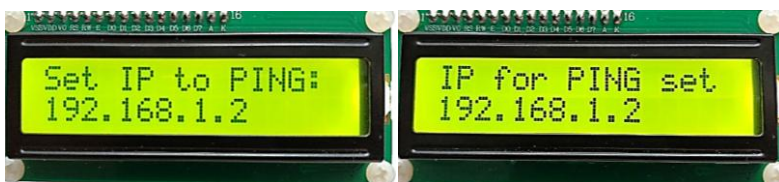


Рис. 4. Установка IP-адреса

2. После задачи IP-адреса устройство проверяет, подключен или не подключен Ethernet-кабель, в случае если кабель не подключен, устройство будет моргать дисплеем (рис. 5).

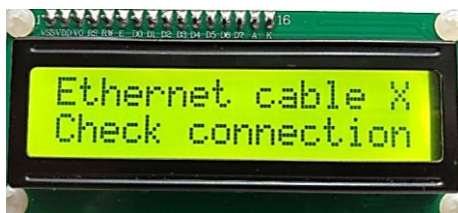


Рис. 5. Проверка подключения кабеля Ethernet

3. В случае успешного подключения кабеля контроллер ожидает IP-адрес по протоколу DHCP от маршрутизатора, после присвоения IP-адреса он выводит IP-адрес маршрутизатора и IP-адрес, который ему присвоил маршрутизатор (рис. 6).



Рис. 6. Инициализация DHCP, вывод IP-адреса шлюза и устройства

4. Выполняет ping-запрос по IP-адресу к маршрутизатору, в случае успеха запроса выводит статистику о количестве переданных байтов, время ответа в миллисекундах и время жизни пакета; если ping-запрос не удался, то выводит сообщение об ошибке (рис. 7).



Рис. 7. Ping-запрос к шлюзу

5. Затем модуль обращается к серверу по доменному имени, который указан в коде программы, например pstu.ru. В случае успешного подключения преобразует доменное имя в IP сервера с помощью системы DNS и выводит IP сервера.

6. Выполняет ping-запрос по IP к серверу, в случае доменного имени pstu.ru IP сервера это 82.179.113.10, в случае успеха запроса выводит статистику о количестве переданных байтов, время ответа в миллисекундах и время жизни пакета; если ping-запрос не удался, то выводит сообщение об ошибке (рис. 8).



Рис. 8. Ping-запрос к доменному имени pstu.ru

7. Выполняет ping-запрос по IP-адресу, указанному в начале, в случае успеха запроса выводит статистику о количестве переданных байтов время ответа в миллисекундах и время жизни пакета; если ping-запрос не удался, то выводит сообщение об ошибке (рис. 9).

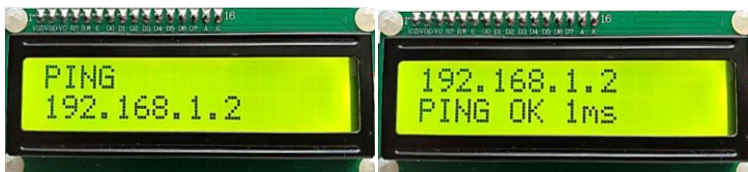


Рис. 9. Ping-запрос к указанному IP-адресу

Если нужно проверить другой IP-адрес, устройство можно сбросить, нажав кнопку сброса на корпусе Arduino Uno, затем задать новый адрес. Информация, которую выводит микроконтроллер в последовательный порт компьютера, представлена на рис. 10.

```
Ethernet cable connected.
Initialize Ethernet with DHCP:
DHCP connection successful!
The gateway IP address: 192.168.1.1
  DHCP assigned IP: 192.168.1.107
  Reply[0] from: 192.168.1.1: bytes=64 time=1ms TTL=255
  Connected to server by name 'pstu.ru' - server IP: 82.179.113.10
  Reply[1] from: 82.179.113.10: bytes=64 time=17ms TTL=255
  Check IP: 192.168.1.2
  Reply[2] from: 192.168.1.2: bytes=64 time=1ms TTL=255
```

Рис 10. Информация, которую выводит микроконтроллер  
в последовательный порт компьютера

**Выводы.** В ходе работы было реализовано два аппаратно-программных прототипа тестера витой пары на основе микропроцессорной платы Arduino и микросхемы W5500, которые позволяют оперативно обнаруживать сбои в работе сети.

### **Сведения об авторах**

**Федоров Андрей Борисович** – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: pstufab@hotmail.com

**Батюков Максим Георгиевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: maksim.batyukov@yandex.ru

**А.Л. Погудин, М.В. Болотов, Р.А. Файзрахманов**

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА**

Посвящена процессу визуализации производственного процесса составления композиции в машинном бассейне бумагоделательной машины. Приведен анализ возможности применения различных программных и аппаратных средств визуализации и проведен подбор оптимальных средств для проекта. Приведен анализ факторов, влияющих на работу оборудования, по результатам которого выбран тип средства визуализации. Приведен анализ наиболее распространенных в сфере АСУТП программных и аппаратных средств выбранного типа на основании научных статей и публикаций. Предложен алгоритм подбора средств визуализации технологического процесса и рентабельный вариант состава оборудования.

**Ключевые слова:** средства визуализации, технологический процесс, автоматизированные системы управления технологическими процессами, подбор оборудования.

**A.L. Pogudin, M.V. Bolotov, R.A. Fayzrakhmanov**

## **JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF VISUALIZATION TOOLS FOR THE AUTOMATION PROJECT OF THE PRODUCTION AREA**

This research is part of a large project on automation of production process of composition in the machine pool of paper machine. This article explores the possibility of using various software and hardware visualization tools and conducts selection of optimal funds for the project. Special attention is paid to the analysis of factors affecting the operation of the equipment, as a result of which the type of visualization tool was chosen. Based on scientific articles and publications, we analyse the most common in the field of APCS software and hardware of the selected type. Based on the analysis, a conclusion about the most cost-effective equipment option follows. The article describes the general course of the whole algorithm for selecting the means of visualization of the technological process.

**Keywords:** visualization tools, technological process, automated process control systems, selection of technological equipment.

Повышение качества выпускаемой продукции и достижение наибольшей экономической эффективности производства являются в настоящее время обязательными аспектами успешной работы как боль-

ших производств, имеющих международное уважение и признание, так и небольших промышленных предприятий, обслуживающих определенные потребности ограниченного региона. Решение этих проблем достигается за счет внедрения в технологические процессы современных технологий, нового оборудования и материалов, механизации и автоматизации производственных процессов. Для успешной реализации проекта автоматизации оборудования необходимо решить проблему, связанную с правильным выбором соответствующих технических средств, отвечающих требованиям конкретного производства. Решение обозначенной проблемы обеспечит улучшение некоторых критериев эффективности производства, таких как снижение трудозатрат работников, сокращение расхода материальных ресурсов, повышение производительности технологического оборудования.

Актуальность данного исследования как раз таки и заключается в том, что автоматизация технологических процессов положительно влияет на указанные выше критерии эффективности работы оборудования и производства в целом.

Объектом исследования является технологический процесс производства, который необходимо оптимизировать с помощью автоматизации и использования соответствующего оборудования.

Предметом исследования является процесс выбора оптимальных технических средств для автоматизации процесса с учетом требований производства, его особенностей, объема и характера выпускаемой продукции.

Целью данного исследования является обоснование выбора оптимального оборудования для проекта системы управления композицией бумагоделательной машины.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: проведен обзор литературы по теме АСУТП с анализом научных публикаций по методам подбора оборудования для автоматизации, дано обоснование выбора аппаратных средств для автоматизации, приведено обоснование по выбору средств визуализации технологического процесса.

**Оценка основных требований к оборудованию.** При выборе типа средства визуализации для данного проекта был проведен тщательный анализ всех факторов, влияющих на его благоприятную работу, а именно:

1) требования производства, где необходимо учитывать, какие параметры производства необходимо отслеживать и контролировать, какие типы данных должны быть отображены, какие графики и диаграммы нужны для эффективной визуализации процесса;

2) требования пользователей, где нужно учитывать, какие данные нужны технологическому персоналу, обслуживающему данный участок, каким образом они будут взаимодействовать с системой визуализации, какой уровень доступа должен быть предоставлен пользователям;

3) совместимость с АСУТП, где необходимо учитывать совместимость существующей АСУТП-системы с системой визуализации. Система визуализации должна быть совместима с протоколами связи и интерфейсами, используемыми АСУТП;

4) надежность и стабильность, где необходимо учитывать, что система визуализации должна быть надежной и стабильной, чтобы избежать проблем с работой производственного оборудования. Также необходимо убедиться, что система визуализации имеет функции защиты от внешних факторов, присутствующих на конкретном производственном участке;

5) цена и сопутствующие расходы. При выборе системы визуализации необходимо учитывать ее стоимость, а также затраты на ее внедрение и дальнейшее обслуживание;

6) поддержка и развитие. Необходимо убедиться, что система визуализации имеет достаточную поддержку и возможности для развития в будущем, так как требования производства и пользователей могут меняться со временем.

После анализа всех вышеперечисленных факторов был сделан вывод, что в данном проекте рентабельнее осуществлять визуализацию посредством НМИ-панели. Такой выбор обосновывается следующими фактами:

1) сложность системы управления. Разрабатываемая система управления достаточно проста и не требует большого количества устройств ввода/вывода, следовательно, использование НМИ-панели будет более эффективным решением, чем ПК. В данном проекте автоматизируется лишь один контур регулирования, поэтому рентабельнее выбрать именно НМИ-панель;

2) требования к интерфейсу. Для оперативного реагирования операторам требуется быстрый доступ к определенным функциям, логично, что НМИ-панели могут предоставить более удобный и быстрый доступ к необходимым функциям, чем ПК;

3) место расположения оборудования. В картонно-бумажном цехе ограниченные пространственные условия, следовательно, НМИ-панель больше подходит для данного проекта, так как она более компактная;

4) требования к надежности. HMI-панели часто более надежны, чем ПК, так как они разработаны для установки в условиях производственной среды, которые могут включать в себя вибрации, пыль, влагу и другие факторы; по месту установки условия окружающей среды агрессивные, поэтому рентабельнее будет выбрать HMI-панель;

5) специально разработанный, интуитивно понятный интерфейс, которым обладают HMI-панели, позволяет быстро находить и отображать необходимую информацию, контролировать параметры и управлять технологическим процессом, следовательно, операторам будет проще с ними работать;

6) экономическая выгода. При проектировании системы автоматизации немаловажно учитывать и экономическую составляющую, HMI-панель по функционалу соответствует требованиям проекта, но ее стоимость в разы меньше ПК, следовательно, использование в данном случае HMI-панели будет более экономически эффективным решением.

После анализа и выбора программируемого логического контроллера, выбора типа средства визуализации необходимо определить, какая именно HMI-панель будет оптимальным решением для данного проекта. Согласно источнику [1], приводится диаграмма распределения рынка производителями SCADA-систем, из которой можно увидеть долю рынка, занимаемую определенной компанией, и выстроить их рейтинг: STEP7, WinCC, InTouch, PCS7, Genesis, WinCC Flexible, Trace Mode, Rsviver, Citect. Из данного рейтинга видно, что в сфере SCADA-систем компания Siemens занимает лидирующие позиции.

В публикации [2] представлена таблица со сравнительным анализом пакетов SCADA:

Сравнительный анализ SCADA-систем

| SCADA-пакет                                        | InTouch       | Genesis  | SIMATIC WinCC | Genie 3.0     |
|----------------------------------------------------|---------------|----------|---------------|---------------|
| Поддерживаемая ОС                                  | Windows       | Windows  | Windows       | Windows       |
| Способ взаимодействия с другими приложениями       | DDE, OLE, OPC | OPC, OLE | OPC, ActiveX  | DDE, OLE, OPC |
| Возможность подключения к СУБД                     | Да            | Да       | Да            | Да            |
| Используемые языки программирования                | LD, SFC, ST   | VBA      | ANSI C        | VBA           |
| Возможность отображения интерфейсов в веб-страницы | Нет           | Да       | Нет           | Нет           |

Из вышесказанного можно сделать вывод, что пакеты SCADA-систем для средств визуализации от компании Siemens обладают хорошими характеристиками и чаще используются в системах автоматизации. Рассмотрим пример использования такой системы, описанный в источнике [3]. В указанной статье описываются основные возможности WinCC:

- 1) визуализация техпроцесса (Graphic Designer);
- 2) конфигурирование и настройка связи с контроллерами различных производителей (Tag Management);
- 3) отображение, архивирование и протоколирование сообщений от технологического процесса (Alarm Logging);
- 4) отображение, архивирование и протоколирование переменных (Tag Logging);
- 5) расширение возможностей системы за счет использования скриптов на языках ANSI C, VBS и VBA;
- 6) проектирование системы отчетности (Report Designer);
- 7) взаимодействие с другими приложениями, в том числе и по сети, благодаря использованию стандартных интерфейсов OLE, ODBC и SQL обеспечивает простую интеграцию WinCC во внутреннюю информационную сеть предприятия;
- 8) простое построение систем клиент–сервер;
- 9) построение резервированных систем;
- 10) расширение возможностей путем использования элементов ActiveX;
- 11) открытый орс-интерфейс (OLE for Process Control);
- 12) взаимодействие с пакетом Simatic Step 7.

Проанализировав возможности оборудования и соотнеся их с требованиями разрабатываемого проекта, можно подытожить, что данный пакет программ SCADA полностью удовлетворяет требованиям проекта.

### **Библиографический список**

1. Современные SCADA-системы в химико-технологической промышленности [Электронный ресурс] / М.М. Андреева, И.Л. Шагапов, Н.В. Соловьев, И.И. Нуретдинов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2015. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-scada-sistemy-v-himiko-tehnologicheskoy-promyshlennosti> (дата обращения: 20.03.2023).

2. Слегтина В.А. Обзор и сравнение зарубежных SCADA-систем [Электронный ресурс] // Вестник науки. – 2022. – № 11 (56). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-sravnenie-zarubezhnyh-scada-sistem> (дата обращения: 24.03.2023).

3. Хмара Д.О., Паршина Г.И. Разработка SCADA-системы для научно-исследовательского комплекса [Электронный ресурс] // Форум молодых ученых. – 2021. – № 4 (56). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-scada-sistemy-dlya-nauchno-issledovatel'skogo-kompleksa> (дата обращения: 25.03.2023).

### **Сведения об авторах**

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pogudin\\_al@mail.ru](mailto:pogudin_al@mail.ru)

**Болотов Максим Вячеславович** – магистрант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ4-22-1м, г. Пермь, e-mail: [m.bolotov2011@yandex.ru](mailto:m.bolotov2011@yandex.ru)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:Fayzrakhmanov@gmail.com)

**С.А. Болотов, А.В. Тарутин**

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УЧЕТА  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ  
И РЕМОНТУ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ**

Исследуются способы разработки автоматизированной информационной системы на предприятии по обслуживанию и ремонту пожарной автоматики в целях экономии рабочего времени. Рассматривается анализ процессов работы организации, выбор программных средств для разработки информационной системы, построение логической модели для базы данных.

**Ключевые слова:** информационная система, техническое обслуживание, программное обеспечение, анализ, разработка.

**S.A. Bolotov, A.V. Tarutin**

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED INFORMATION  
SYSTEM FOR ACCOUNTING FOR THE MAINTENANCE  
AND REPAIR OF FIRE AUTOMATION**

This article explores the ways of developing an automated information system at an enterprise for the maintenance and repair of fire automation in order to save working time. The article discusses the analysis of the organization's work processes, the choice of software tools for the development of an information system, the construction of a logical model for a database.

**Keywords:** information system, maintenance, software, analysis, development.

Система пожарной сигнализации совместно с мерами организационного характера имеет основную цель – обеспечение безопасности жизни людей и сохранение материальных ценностей путем оперативного обнаружения и локализации огня, что приводит к минимизации ущерба [1].

Ввиду этого техническое обслуживание систем пожарной автоматики является важным подходом для бесперебойной и эффективной работы пожарной сигнализации.

Разрабатываемая информационная система предназначена для учета выполненных работ по техническому обслуживанию пожарной автоматики, сохранения информации и оформления документов по вы-

полненным работам для заказчика. Диаграмма вариантов использования с применением информационной системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Диаграмма вариантов использования (с применением АИС)

В рамках задачи сохранения информации о выполненных работах необходима информационная система, предполагающая наличие базы данных, способной сохранять и извлекать информацию для дальнейшего формирования документов для заказчика.

В качестве подходящей системы была выбрана СУБД PostgreSQL. Эта система представляет собой набор функций, предназначенных для создания приложений и управления данными любого размера или сложности, а также обеспечивает защиту целостности данных и создание отказоустойчивых сред. Одним из значительных преимуществ PostgreSQL является ее бесплатность и открытый исходный код. Благодаря высокой степени расширяемости данной системы пользователи могут самостоятельно определять типы данных, создавать свои собственные функции и даже писать код на разных языках программирования, не требующих перекомпиляции базы данных [2].

Кроме того, PostgreSQL стремится соответствовать стандарту SQL, однако при необходимости может использовать измененный синтаксис или функции, не противоречащие традиционной функциональности или архитектурным решениям. Большинство функций, необходимых по стандарту SQL, поддерживаются [2].

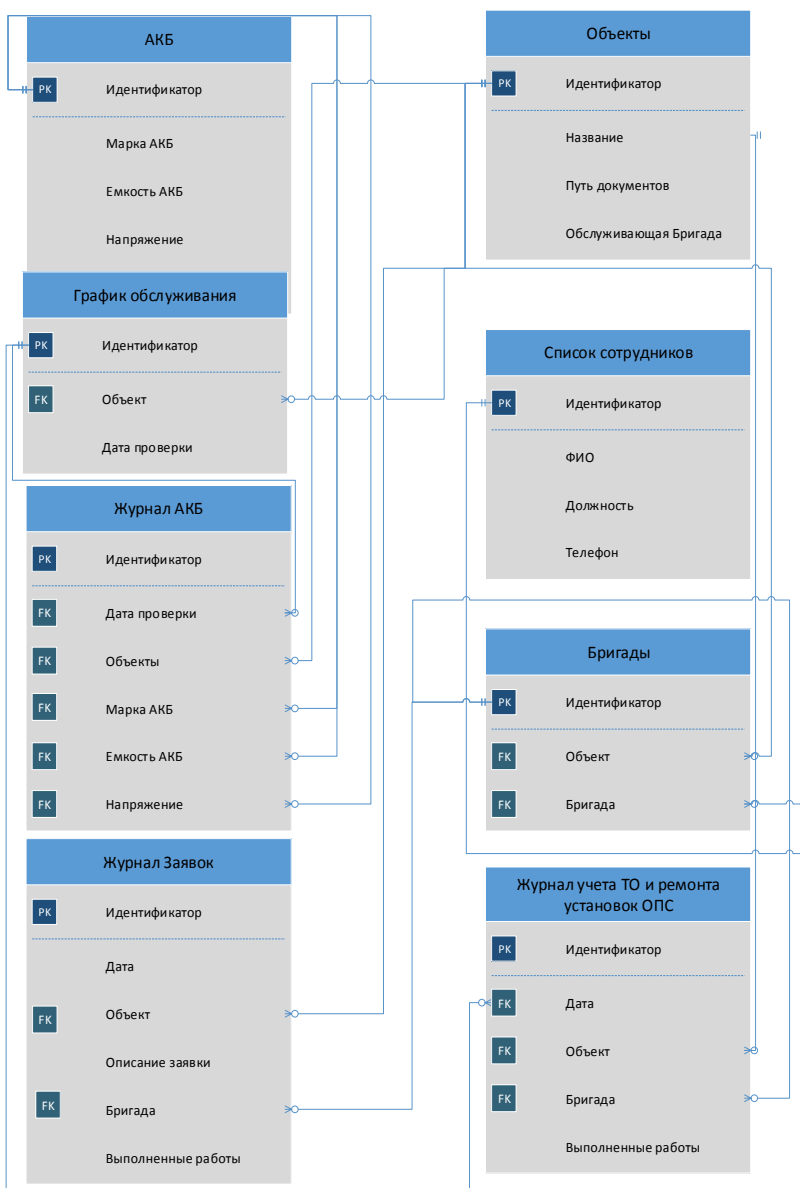


Рис. 2. Логическая модель базы данных

На рис. 2 показана логическая модель данных организации, разработанная на основе предшествующей деятельности, которая показывает, где будут храниться данные и как будут организованы таблицы в информационной системе.

Такие таблицы, как:

- журнал учета ТО и ремонта установок ОПС;
- журнал аккумуляторных батарей;
- журнал заявок;
- график обслуживания;
- бригады.

И дополнительные таблицы для хранения данных:

- объекты;
- аккумуляторные батареи;
- список сотрудников.

На основании логической модели создается физическая модель баз данных. С помощью инструмента Entity-Relationship Diagram (ERD) можно просто создать физическую модель базы данных.

Инструмент проектирования, называемый Entity-Relationship Diagram (ERD), используется для графического отображения таблиц, столбцов и взаимосвязей в базе данных. В процессе разработки и обслуживания базы данных администратор может использовать ERD для получения достаточной информации. Такое представление данных позволяет ему наметить соответствующие стратегии и действия. ERD представляет большую ценность в качестве инструмента для понимания и управления базами данных. Инструмент ERD позволяет:

- спроектировать таблицы базы данных и их взаимосвязи;
- добавлять примечания к схеме;
- выравнивать таблицы и ссылки для более четкой визуализации;
- сохранять схемы, чтобы позже продолжить работу над ними;
- создавать готовый к запуску SQL-код из проекта базы данных [3].

При разработке информационной системы одной из ключевых задач является определение формы представления информации. Для ее решения используются различные инструменты, среди которых Qt Designer занимает особое место.

QtDesigner обеспечивает возможность проектирования и создания графических пользовательских интерфейсов (GUI) с помощью QtWidgets. С его помощью можно создавать и настраивать окна или диалоговые окна в стиле «что вы видите, то и получаете», а также тестировать их, используя разные стили и разрешения.

Формы и виджеты, созданные с помощью QtDesigner, могут быть легко интегрированы с запрограммированным кодом, при использовании механизмов сигналов и слотов. Это обеспечивает возможность назначения определенного поведения графическим элементам. Также важно отметить, что все свойства, установленные в QtDesigner, можно динамически изменять в коде.

Таким образом, использование инструментов, таких как QtDesigner, позволяет разработчикам информационной системы создавать более удобный и функциональный интерфейс, а также значительно упрощает интеграцию с кодом и динамическое изменение свойств элементов.

Язык программирования выбран Python. Главное достоинство для разработки информационной системы – то, что формы из QtDesigner интегрируются в код Python, также был разработан функционал информационной системы. Основная функция, которая подключается к базе данных PostgreSQL, представлена в листинге 1.

Листинг 1 – Подключение к базе данных на Python

```
try:
    # Подключение к базе данных
    connection = psycopg2.connect(

host=host,user=user,password=password,database=db_name)
    connection.autocommit = True
    # функция курсор для выполнения различных операций
    with connection.cursor() as cursor:
        cursor.execute("SELECT * FROM AKB;")
        for row in cursor:
            print(row)
            self.tableWidget.setItem(tablerow, 0,
QtWidgets.QTableWidgetItem(str(row[0])))
            self.tableWidget.setItem(tablerow, 1,
QtWidgets.QTableWidgetItem(str(row[1])))
            self.tableWidget.setItem(tablerow, 2,
QtWidgets.QTableWidgetItem(str(row[2])))
            tablerow += 1
except Exception as _ex:
    print("[INFO] Ошибка", _ex)
finally:
    if connection:
        connection.close()
        print("[INFO] PostgreSQL закрыт")
```

Таким образом была разработана информационная система для учета деятельности по обслуживанию и ремонту пожарной автоматики. Пример формы информационной системы представлен на рис. 3, пример формы отчета для заказчика – на рис. 4.

|   | Дата       | Объект   | Бригада   | Выполненные работы     |
|---|------------|----------|-----------|------------------------|
| 1 | 11.02.2023 | Объект 1 | Бригада 2 | ТО согласно регламента |
| 2 | 15.02.2023 | Объект 2 | Бригада 1 | ТО согласно регламента |
| 3 |            |          |           |                        |
| 4 |            |          |           |                        |
| 6 |            |          |           |                        |

Рис. 3. Пример формы ИС (журнал учета ТО и ремонта установок ОПС)

АКТ выполненных работ(услуг) №1

От " " " " " "

Исполнитель: (Наименование или ФИО)

Исполнитель: (Наименование или ФИО)

| № | Наименование работы | Количество | Ед.изм. |
|---|---------------------|------------|---------|
| 1 |                     |            |         |
| 2 |                     |            |         |
| 3 |                     |            |         |
| 4 |                     |            |         |

Работы выполнены в соответствии с Договором от " " " " " "

Качество выполненных работ соответствует согласованным Сторонами требованиям

Исполнитель выполнил все обязательства в полном объеме в соответствии условиями работы.

Выполненные мероприятия:

Исполнитель: Заказчик:

Рис. 4. Пример формы отчета для заказчика

### **Библиографический список**

1. НВП Болид [Электронный ресурс] // Пожарная сигнализация. – URL: <https://bolid.ru/projects/iso-orion/fire-automatic/ps/> (дата обращения: 21.02.2023).
2. PostgreSQL // About. – URL: <https://www.postgresql.org/about/> (accessed 21 February 2023).
3. PgAdmin // ERD Tool – pgAdmin 4 7.1 documentation. – URL: [https://www.pgadmin.org/docs/pgadmin4/development/erd\\_tool.html](https://www.pgadmin.org/docs/pgadmin4/development/erd_tool.html) (accessed 21 February 2023).
4. Qt Designer // Manual. – URL: <https://doc.qt.io/qt-6/qtdesigner-manual.html> (accessed 21 February 2023).

### **Сведения об авторах**

**Болотов Сергей Алексеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-18-1БЗ, ООО «Инфраструктура ТК», г. Пермь, e-mail: bolotov-1994@mail.ru

**Тарутин Анатолий Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: itas-pnpu@yandex.ru

**С.А. Бусыгина**

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕТЕВОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

Целью исследования является разработка автоматизированной системы тестирования программного обеспечения. Рассматриваемое ПО представляет масштабное приложение с большим количеством бизнес-функций, разработанное на платформе .NET. Актуальность разрабатываемой системы обусловлена необходимостью применения новых эффективных методик тестирования ПО в текущих условиях рынка. Внедрение данной системы позволит получить преимущества, такие как снижение трудозатратности тестирования, повышение качества продукта и ускорение выхода новых версий на рынок.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, тестирование, автотест, автоматизация.

**S.A. Busygina**

## **DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR VIDEO SURVEILLANCE SOFTWARE TESTING**

The purpose of the article is to develop an automated software testing system. The software considered in the article is a large—scale application with a large number of business functions developed on the .net platform. The relevance of the system being developed is due to the need to apply new effective software testing methods in the current market conditions. The implementation of this system will allow you to get advantages, such as: reducing the labor cost of testing, improving the quality of the product and accelerating the release of new versions to the market.

**Keywords:** software, testing, autotest, automation.

Жизненный цикл разработки программного обеспечения (ПО), как правило, состоит из нескольких этапов. Приведем пример каскадной модели жизненного цикла ПО: планирование, анализ требований, проектирование, кодирование, тестирование и отладка, эксплуатация и сопровождение [1].

Разработка крупных программных продуктов может предполагать достаточно длительные циклы производства. С того момента, как вносятся изменения в код продукта, и до попадания версии с изменениями на работающую платформу может пройти длительное время.

Это время формируется из различных этапов тестирования. Тестированием является проверка соответствия между ожидаемым и реальным поведением программы, осуществляемая на конечном наборе тестов. Тестирование ПО влияет на повышение качества продукта.

Тестирование может проводиться как вручную, так и автоматически. Ручное тестирование, хотя и является необходимым, может отнимать много времени, ресурсов и приводить к человеческим ошибкам. Напротив, автоматизация тестирования предполагает использование программных средств для автоматизации выполнения тестовых сценариев, обеспечивая более быстрое выполнение, более широкий охват и более точные результаты [2].

Настоящее исследование посвящено автоматизации процессов тестирования ПО сетевого видеонаблюдения. ПО, которое мы тестируем, существует на рынке уже более десяти лет, имеет большое количество бизнес-функций и разработано на платформе .NET с использованием языка C#. Руководству компании очень важен быстрый выход новых версий ПО на рынок для удовлетворения потребностей клиентов и увеличения продаж.

При тестировании продукта на данный момент используется ручной подход, что подразумевает исполнение тестовых сценариев вручную и наблюдение за поведением программы. При несоответствии ожидаемых результатов поведения программы с фактическими заводится дефект в систему отслеживания дефектов Jira, который в дальнейшем будет исправлен разработчиком. На рис. 1 представлена диаграмма Use Case UML, описывающая процессы разработки и тестирования.

Тестирование каждой версии продукта состоит из двух этапов: приемочное тестирование и регрессионное тестирование. Суть приемочного тестирования заключается в проверке работоспособности новых функций, регрессионного – в проверке всего функционала на наличие деградаций после внесения изменений в код продукта [3]. Поскольку с выходом каждой версии функций в продукте становится все больше, регрессионное тестирование каждую версию увеличивается в объеме.

Оба этапа включают в себя проверку исправлений после внесенных разработчиками правок. Она необходима, чтобы удостовериться, что исправление действительно приводит к корректному прохождению тестового сценария и не вносит вторичные дефекты или деградации [3]. Таким образом, все тестовые сценарии, которые при исполнении вызывают ошибки, необходимо исполнить тестировщиком как минимум дважды.

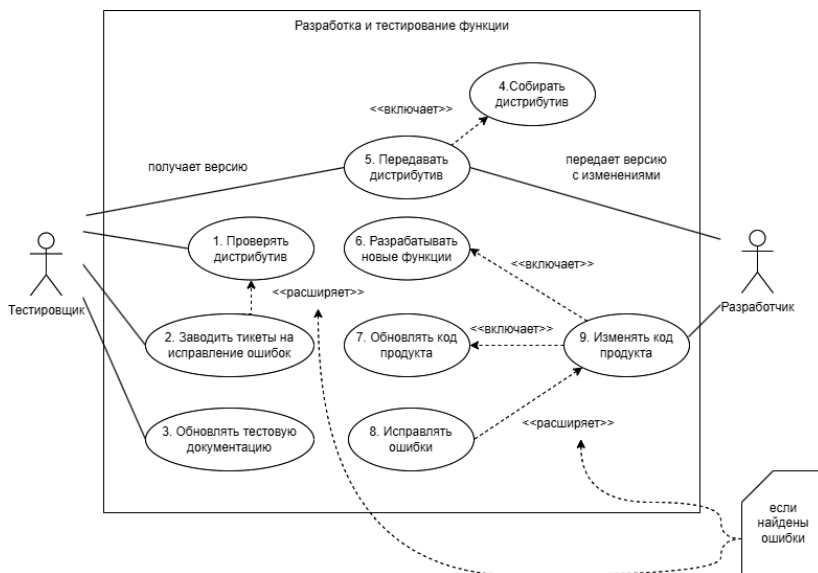


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования процессов программной реализации и тестирования

Кроме того, стоит отметить, что для тестирования новой функции или каждого отдельного исправления требуется взаимодействие разработчика, внесшего изменения, и тестировщика, поскольку новую версию продукта нужно собрать, передать тестировщику и установить на тестовое окружение. Это продемонстрировано на рис. 2.

На проверку одного тестового сценария вручную и настройку окружения (установку ПО) уходит порядка 5–10 минут. Поскольку бесконечно наращивать количество ресурсов, затрачиваемых на тестирование, невозможно, а сроки необходимо сокращать, как компромисс – сокращается охват тестирования.

В свою очередь попытка сократить охват тестирования для ускорения процесса приводит к рискам пропуска дефектов и общему снижению качества продукта, что приводит к экономическим и репутационным потерям.

Таким образом, исключительно ручное тестирование не способно соответствовать требованиям, предъявляемым к динамично развивающемуся и наращивающему количество функций продукту. Требуется найти подход, эффективно использующий время тестировщиков, по-

звоящий не искать компромиссов между временем тестирования, качеством и надежностью тестирования, а также сокращающим рутинную работу повторного тестирования.

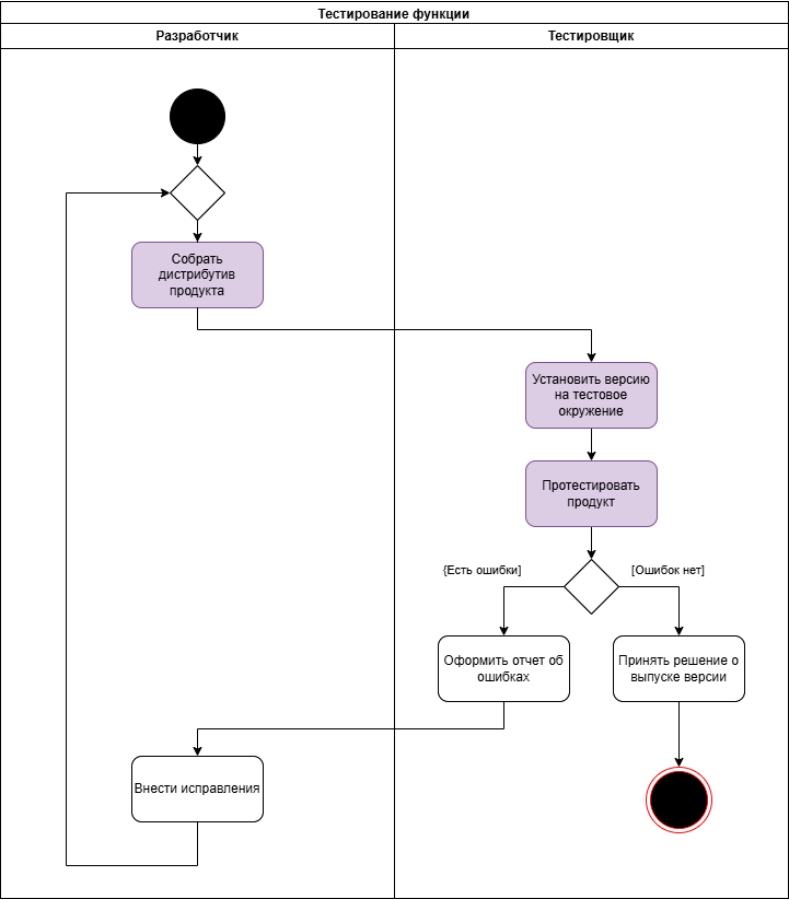


Рис. 2. Диаграмма активности ручного тестирования функции

Для ускорения процесса тестирования и повышения его эффективности было принято решение автоматизировать регрессионное тестирование, поскольку оно повторяется из версии в версию. Для создания автоматизированной системы (АС) тестирования ПО нужно выбрать подходящие инструменты, интегрированные с процессами разработки, написать автотесты и настроить их выполнение [2].

При использовании АС пользователи, включая тестировщиков и разработчиков, должны иметь возможность: создавать тестовые сценарии и автоматизировать их; изменять автоматизированные тестовые сценарии; анализировать результаты автоматизированного тестирования; создавать отчеты об ошибках на основе провалившихся тестовых прогонов. АС, в свою очередь, должна [2]: автоматически или по требованию исполнять автотесты; предоставлять данные о результатах выполнения автотестов; производить анализ результатов и создавать отчеты об ошибках.

Система автоматизированного тестирования будет обеспечивать возможность совместной работы нескольких пользователей, контроля версий тестовых сценариев и результатов, а также интеграцию с другими инструментами разработки и тестирования, такими как система управления версиями и инструменты непрерывной интеграции. На основании этого составлена диаграмма Use Case для автоматизированного тестирования продукта (рис. 3).

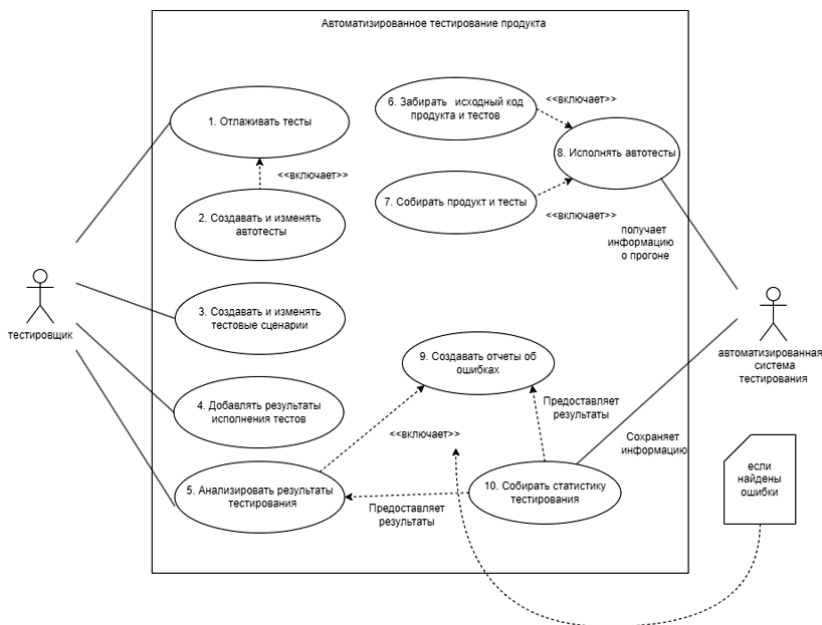


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования системы автоматизированного тестирования

Автоматическое исполнение тестовых сценариев занимает гораздо меньше время, чем ручное, один автотест выполняется не более минуты. Кроме того, стоит отметить, что так мы автоматизируем все повторные проверки. Если ранее требовалось взаимодействие разработчиков для сборки версии продукта и время для установки версии на тестовое окружение от тестировщика, сейчас эти действия производит АС тестирования. Продемонстрирован процесс на рис. 4.

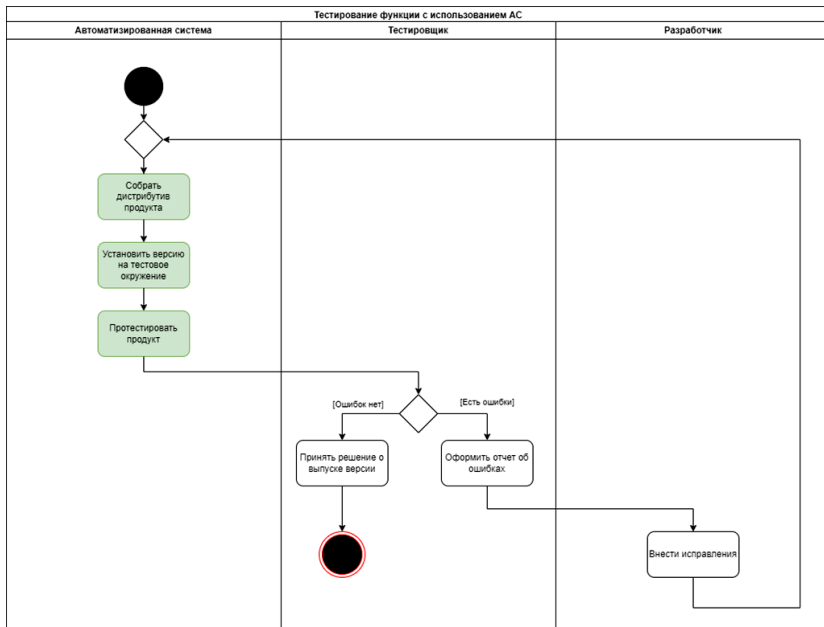


Рис. 4. Диаграмма активности автоматизированного тестирования

Для интеграции с уже существующим стеком разработки мы выбрали инструменты программной реализации:

1. Язык программирования C#: мы будем использовать C# для написания автоматизированных тестов, так как он является основным языком программирования на платформе Macroscop. IDE – Microsoft Visual Studio.

2. NUnit: мы выбрали фреймворк NUnit, так как он используется именно для автоматизации тестирования [4], с использованием языка C#.

3. Gitlab: веб-платформа для управления репозиториями Git и совместной разработки программного обеспечения [5]. Выбрана она на основе существующего стека.

4. VMWare ESXI – система виртуализации, или гипервизор [6], позволяющая по требованию запускать виртуальные машины из заранее подготовленного сохраненного состояния (образа). Уже используется в ручном тестировании.

5. AllureTestOps для хранения тестовой документации: тестовых сценариев, результатов их выполнения и отчетности. Этот инструмент был выбран, так как он поддерживает ведение автотестов и интеграцию с Jira [7].

Процесс создания, выполнения и получения результатов автотестов в нашей системе можно описать следующим образом:

1. Создание автотеста:

- тестировщики используют Visual Studio для написания кода автотеста. Они описывают шаги и ожидаемые результаты теста, используя специальные функции и команды;

- созданный код автотеста сохраняется в репозитории Gitlab, который служит для хранения кода и управления автотестами.

2. Запуск процесса автотестирования:

- когда необходимо выполнить автотесты, система использует раннеры, которые работают на VMWare ESXI. Раннеры представляют виртуальные машины, на которых выполняются автотесты;

- Gitlab запускает раннеры, которые загружают код автотестов и запускают их выполнение.

3. Выполнение автотеста:

- раннеры загружают необходимые зависимости и библиотеки, чтобы успешно выполнить автотест;

- когда автотест выполняется, он взаимодействует с тестируемым программным обеспечением, следуя заранее определенным шагам и проверкам;

- автотест проверяет, соответствуют ли фактические результаты ожидаемым результатам, и фиксирует результаты проверок.

4. Получение результатов:

- после завершения выполнения автотестов Allure сохраняет результаты тестирования и создает отчеты, которые содержат информацию о пройденных и неудачных тестах, ошибках и других деталях выполнения тестов;

– эти отчеты взаимодействуют с Jira, позволяя связывать результаты тестирования с соответствующими задачами и дефектами;

– команда разработки и тестирования может просматривать результаты тестирования, анализировать ошибки и принимать необходимые меры для исправления и улучшения ПО.

Таким образом, весь процесс создания, выполнения и получения результатов автотестов в нашей системе включает использование Visual Studio для написания тестов, Gitlab для хранения и запуска автотестов, Allure для хранения тестовой документации и интеграции с Jira, а также VMWare ESXI для работы раннеров, которые выполняют автотесты на виртуальных машинах. Схематично архитектура системы представлена на рис. 5.

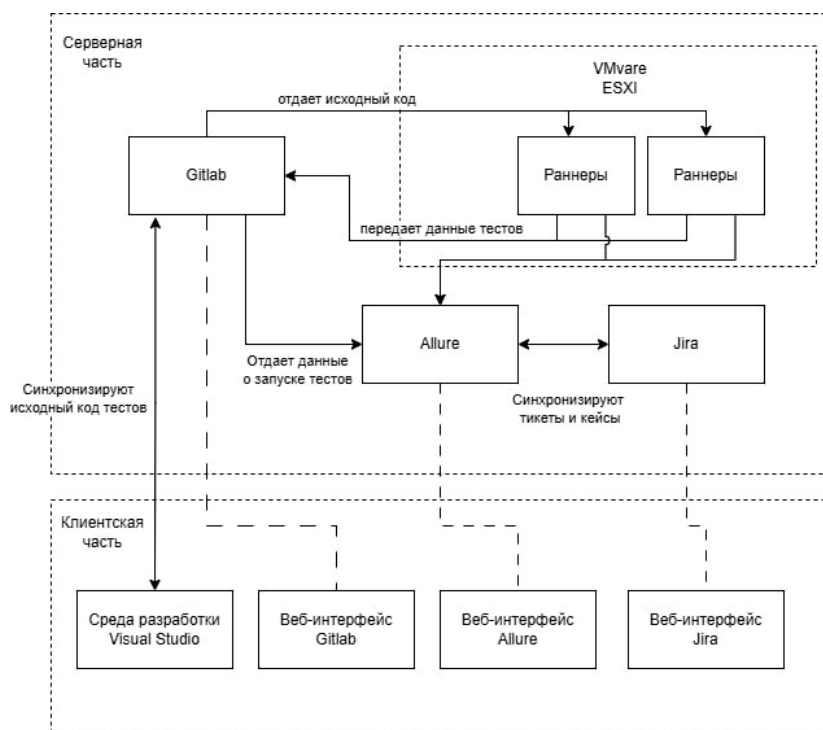


Рис. 5. Схема архитектуры системы автоматического тестирования ПО

В заключение, предлагаемая реализация АС тестирования с использованием выбранных технологий приведет к повышению качества

программного обеспечения, сокращению сроков вывода на рынок, уменьшению трудозатрат на тестирование и повышению экономической эффективности.

### **Библиографический список**

1. Roger S. Pressman. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – Moscow: McGraw Hill, 2014. – 976 p.
2. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. – Минск: Четыре четверти, 2017. – 312 с.
3. Greg Paskal. Test Automation in the Real World: Practical Lessons for Automated Testing. – Moscow: McGraw Hill, 2017. – 101 p.
4. NUnit Framework. – URL: <https://nunit.org/> (accessed 01 May 2023).
5. Gitlab. – URL: <https://gitlab.com/> (accessed 12 May 2023).
6. VMware – Delivering a Digital Foundation for Businesses. – URL: <https://www.vmware.com/> (accessed 12 May 2023).
7. Allure TestOps: Centralized Test Reporting. – URL: <https://qameta.io/> (accessed 01 May 2023).

### **Сведения об авторе**

**Бусыгина Софья Александровна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-18-1бз, QA-инженер, ООО «Сателлит-Инновация», г. Пермь, e-mail: s89519485956@yandex.ru

**И.А. Ваганов, А.В. Архипов**

## **ИНТЕГРАЦИЯ LOW-CODE- И NO-CODE-ПЛАТФОРМ С МЕЖДУНАРОДНЫМИ ПЛАТЕЖНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Демонстрируется один из возможных способов интеграции low-code и no-code-платформ с международными платежными системами. Сервис интернет-эквайринга является связующим звеном интеграции. Взаимодействие платформы с сервисом осуществляется посредством программного интерфейса. Приведен реальный кейс реализации архитектурного решения, описанного в виде схемы устройства интеграции.

**Ключевые слова:** low-code, no-code, международная платежная система, сервис интернет-эквайринга.

**I.A. Vaganov, A.V. Arhipov**

## **LOW-CODE AND NO-CODE PLATFORMS INTEGRATION WITH INTERNATIONAL PAYMENT SYSTEMS**

This article demonstrates one of the possible ways to integrate low-code and no-code platforms with international payment systems. The Internet acquiring service is the link of integration. The interaction of the platform with the service is carried out through a programming interface. The article presents a real case of the implementation of an architectural solution described in the form of an integration diagram.

**Keywords:** low-code, no-code, international payment service, Internet acquiring service.

В последнее время мир цифровых и информационных технологий становится все более дружелюбным к рядовому пользователю. То, что вчера с трудом могла реализовать команда из нескольких опытных разработчиков, сегодня с легкостью создается одним человеком на базе конструктора с интуитивно понятным графическим интерфейсом.

Подход к разработке программного продукта с помощью графических интерфейсов, снижающих профессиональные требования к написанию кода, носит название low-code или no-code. Руководствуясь данным подходом, процесс разработки осуществляют путем комбинирования и конфигурации готовых элементов, предоставляемых специальными платформами.

Клиентами данных платформ зачастую являются представители малого бизнеса. Их не интересует разработка собственного программного решения, им важно предоставить потребителям в кратчайшие сроки готовый программный продукт, посредством которого они будут реализовывать свою продукцию в сети Интернет. Для этого low-code- или no-code-платформа должна иметь готовое решение для проведения платежных операций.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что существует необходимость создания элемента, отвечающего за интеграцию с международными платежными системами (далее – МПС), для той или иной платформы.

МПС не предоставляет возможности взаимодействия с ней напрямую [1], но существует решение, позволяющее осуществить это через посредника – сервис интернет-эквайринга.

Интернет-эквайринг – это технология, позволяющая принимать к оплате банковские карты через интернет. А собственно сервис интернет-эквайринга – это посредник в платежных обязательствах в сети Интернет между покупателем и продавцом, взаимодействующий с МПС. Сервис интернет-эквайринга является программным продуктом, предоставляющим своим клиентам программный интерфейс для использования одноименной технологии.

На рис. 1 представлена схема устройства интеграции low-code- или no-code-платформ с международными платежными системами.

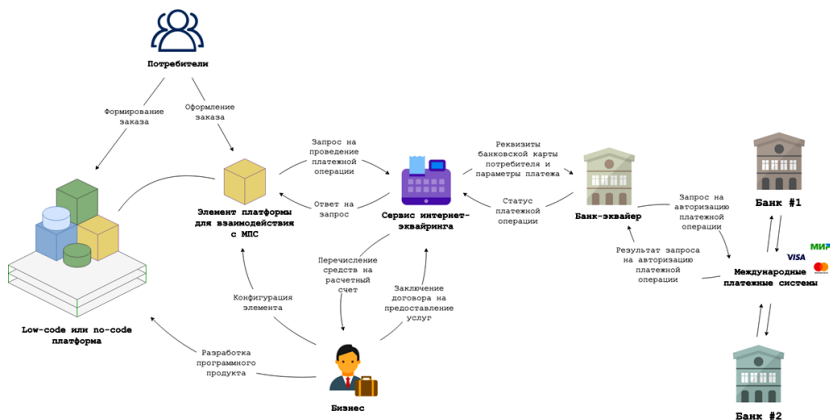


Рис. 1. Схема устройства интеграции low-code- или no-code-платформ с международными платежными системами

Архитектурное решение, схема которого представлена на рис. 1, было реализовано для одной из low-code-платформ, что значительно увеличило ее функциональную составляющую. Данной low-code-платформой оказался российский программный продукт GreenData.

В ходе реализации интеграции на платформу GreenData был добавлен новый элемент. Данный элемент размещается на визуальном представлении объектов, описывающих реализуемую продукцию. После размещения в настройках элемента определяются атрибуты объектов, хранящие значения стоимости, валюты и количества единиц приобретаемой продукции, а также указывается необходимая для авторизации запросов к программному интерфейсу сервиса интернет-эквайринга информация. На момент написания статьи платформа GreenData поддерживает подключение только одного сервиса интернет-эквайринга – CloudPayments. Настройка элемента доступна только бизнесу, потребителям же отображается платежная кнопка, нажатие по которой вызывает платежную форму подключенного сервиса интернет-эквайринга с параметрами платежа, определенными в соответствии с настройкой. На рис. 2 представлена пошаговая установка и использование по назначению интегрированного с МПС элемента платформы GreenData.

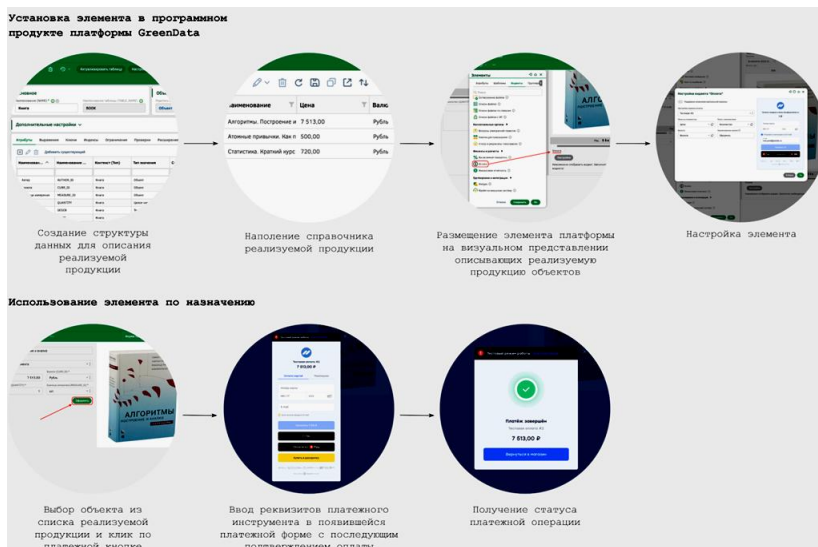


Рис. 2. Пошаговая установка и использование по назначению интегрированного с МПС элемента платформы GreenData

Таким образом, интеграция платформы GreenData с МПС открыла двери для создания взаимодействующих с финансовыми потоками программных продуктов, что, несомненно, найдет применение в эпоху развития сферы электронной коммерции [2].

В данной работе описан принцип интеграции low-code- и no-code-платформ с международными платежными системами, а также рассмотрен реальный кейс реализованной интеграции на примере low-code-платформы GreenData.

### **Библиографический список**

1. Усошкин В.М., Белоусова В.Ю. Платежные системы и организация расчетов в коммерческом банке [Электронный ресурс] / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – URL: [https://www.hse.ru/data/2016/03/01/1125271493/Belousova\(jan\).pdf?ysclid=li7aqv1vy1553956468](https://www.hse.ru/data/2016/03/01/1125271493/Belousova(jan).pdf?ysclid=li7aqv1vy1553956468) (дата обращения: 28.05.2023).
2. Веригина А.В., Коваль Д.В. Приоритеты развития электронной коммерции в 2022 г. // Экономика. Налоги. Права. – 2022. – № 15 (1). – С. 94–104. DOI: 10.26794/1999-849X-2022-15-1-94-104

### **Сведения об авторах**

**Ваганов Илья Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-1б, г. Пермь, e-mail: guardianoffaithll@gmail.com

**Архипов Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: arhipov@greendatasoft.ru

**И.А. Васенин, С.Ф. Тюрин**

## **ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА ПЛИС С КОМБИНИРОВАННЫМ КОДИРОВАНИЕМ ВХОДНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ**

Рассматривается возможность построения топологической модели автомата с одним активным состоянием (one hot encoding). Проведено проектирование и моделирование входных данных с унитарным кодированием и получены выходные данные с унитарным кодированием логического элемента LUT. Топологическое моделирование проводилось с помощью ПО Microwind. Описаны результаты, которые были получены с помощью топологического моделирования.

**Ключевые слова:** кодирование с одним активным состоянием, справочные таблицы состояния, ПЛИС, логические компоненты.

**I.A. Vasenin, S.F. Tyurin**

## **TOPOLOGICAL MODELING OF AN FPGA ELEMENT WITH COMBINED CODING OF INPUT VARIABLES**

This article discusses the possibility of constructing a topological model of an automaton with one active state (one hot encoding). As a result, the design and modeling of the input data with unitary coding was carried out, and the output data with unitary coding of the logical element LUT was obtained. Topological modeling was carried out using Microwind software. The results obtained using topological modeling are described.

**Keywords:** coding with one active state, status reference tables, FPGA, logical components.

В современной цифровой схемотехнике широко используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС, или PLD – programmable logic device). Такие схемы позволяют настраивать функции логических элементов и их взаимосвязи. Логическая емкость ПЛИС является существенной характеристикой, которая определяет сложность синтеза цифровых устройств. Ее показатель отражает количество функциональных блоков, которые могут быть размещены на кристалле [1]. FPGA – это реконфигурируемые микросхемы, состоящие из отдельных логических блоков, каждый из которых состоит из триггера и таблицы поиска (LUT – Look Up Table). В этой статье будут рассмотрены следующие области: LUT (справочная таблица), комбинирование кодирования для LUT, архитектура FPGA, топология схемы. Ра-

нее были разработаны самосинхронные логические элементы LUT, DC LUT [2], а также логические элементы, реализующие системы функций [3–6]. Предлагается адаптировать хорошо известный элемент LUT к принципам работы самосинхронизирующихся схем [7].

**Цель исследования.** Цель состоит в том, чтобы произвести топологическое моделирование логического элемента LUT с комбинированным кодированием входных переменных.

**Проектирование на ПЛИС.** Каждая микросхема на физическом уровне состоит из различных элементов, таких как транзисторы, резисторы и конденсаторы, которые воспроизведены на кристалле кремния, а на логическом уровне состоят из логических элементов и триггеров (рис. 1). У каждого типа микросхемы есть определенный набор функций, и он оптимизирован для исполнения конкретной задачи (вычисления, передача и обработка цифровых сигналов, хранение данных) [8].

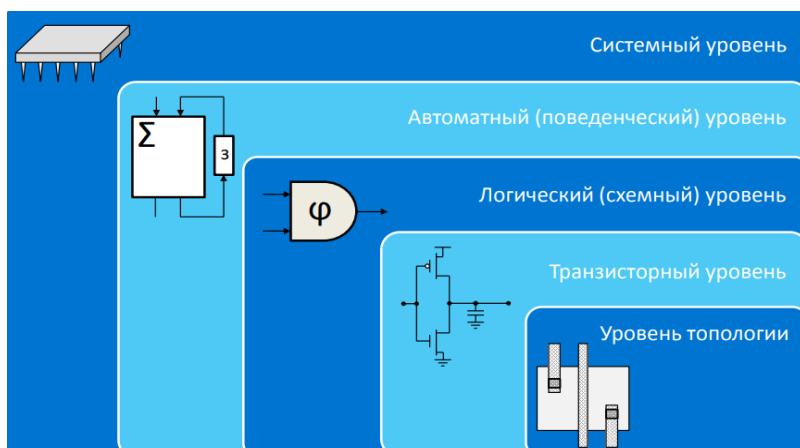


Рис. 1. Уровни абстракции при проектировании цифровых схем

**Моделирование топологии LUT с комбинированным кодированием входных переменных.** Топологическое размещение (Floorplanning) – размещение модулей и блоков из списка логических вентилей и соединений на площади кристалла. Программное обеспечение MICROWIND позволяет моделировать и проектировать интегральные схемы на уровне физического описания (топологический уровень). [9]. Использовалась технология 32 нм. Инвертор на рис. 2 состоит из полупроводников структуры MOS (metal-oxide semiconductor) или МОП

(металл–окисел–проводник). Топология инвертора состоит из сборки транзисторов *n*- и *p*-типов, которые объединены общим затвором, а выход реализуется с помощью общего стока.

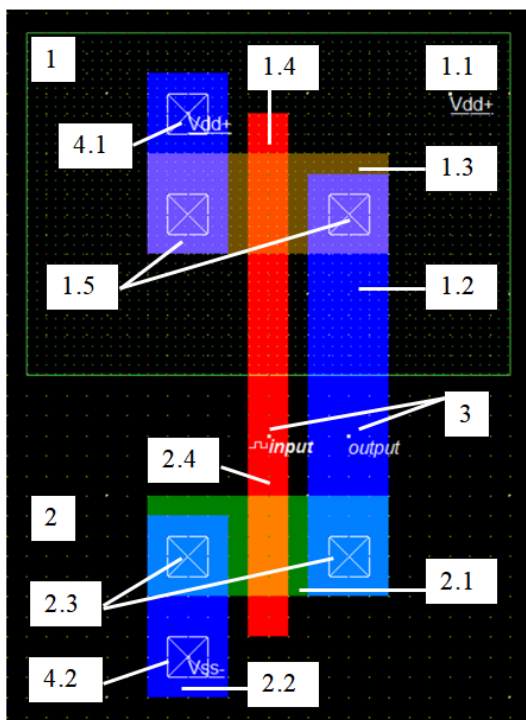


Рис. 2. Топология инвертора

На схеме инвертора: 1 – pMOS, где 1.1 – *n*-карман, 1.2 – металл (проводник), 1.3 – *p*-область проводимости, 1.4 – затвор, 1.5 – контакты (сток-исток); и 2 – nMOS, где 2.1 – *n*-область проводимости, 2.2 – металл (проводник), 2.3 – контакты (сток-исток), 2.4 – затвор; 3 – точки для снятия сигналов входа и выхода; 4.1 – Vdd – плюс питания, 4.2 – Vss – Земля, минус питания.

Моделирование было выполнено с помощью реальной модели BSim4. Время моделирования составляло 5 нс. Сигнальное напряжение было равно 0,6. Площадь, занимаемая LUT на кристалле, составляет 13,42 мкм<sup>2</sup> и использует 16 nMOS- и 12 pMOS-транзисторов (рис. 3, 4).

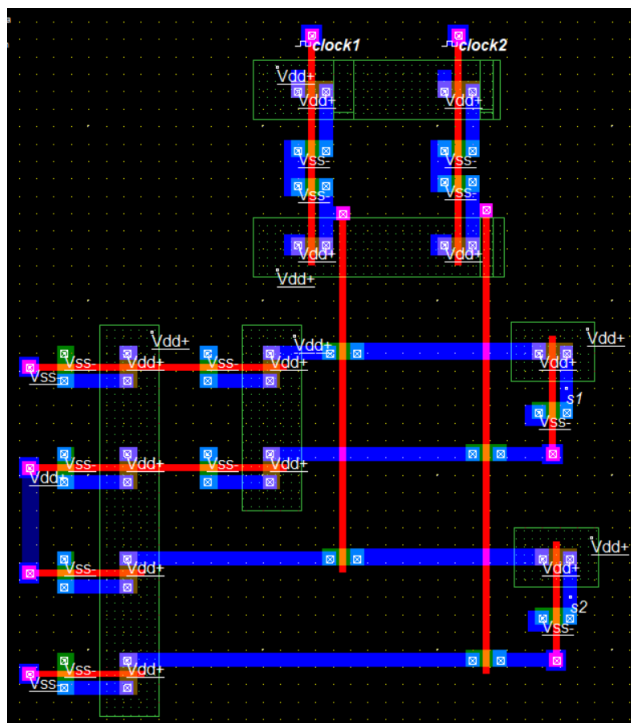


Рис. 3. Топология LUT с комбинированным кодированием входных переменных

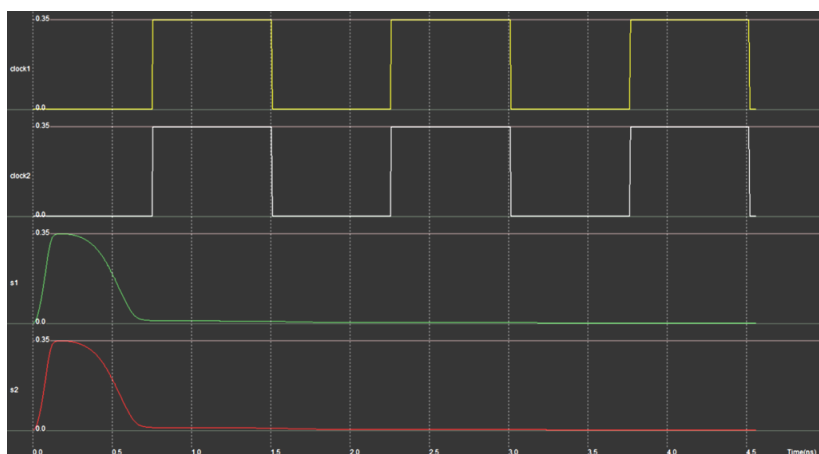


Рис. 4. График моделирования LUT

**Выводы.** Было проведено моделирование топологии LUT элемента ПЛИС с комбинированным кодированием входных переменных. Текущая выполненная реализация позволяет предположить работоспособность LUT элемента ПЛИС с комбинированным кодированием входных переменных. В следующих исследованиях и работах планируется провести оптимизацию использования площади и потребления мощности разных конфигураций.

### Библиографический список

1. Архитектура ПЛИС. Ч. 1. Логический элемент [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.labfor.ru/articles/fpga\\_arch\\_le](http://www.labfor.ru/articles/fpga_arch_le) (дата обращения: 21.05.2023).

2. Checkability Important for Fail-Safety of FPGA-based Components in Critical Systems [Возможности проверки важна для отказоустойчивости компонентов на базе ПЛИС в критически важных системах], (in Russian) / O. Drozd, O. Ivanova, K. Zashcholkina [et al.] // Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntellITSIS) 2021: International, 24–26 March 2021: proceedings. – Khmelnytskyi, Ukraine: IEEE, 2021. – P. 471–480.

3. Hidden fault analysis of FPGA projects for critical applications [Анализ скрытых неисправностей проектов ПЛИС для критически важных приложений], (in Russian) / O. Drozd., I. Perebeinos, O. Martynyuk., K. Zashcholkina, O. Ivanova, M. Drozd // IEEE International Conference TCSET. Lviv-Slavsko, Ukraine, 2020. – P. 142. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235591

4. Skornyakova A.Y., Vikhorev R.V. Self-Timed LUT Layout Simulation [Самосинхронное моделирование компоновки LUT], (in Russian) // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – IEEE, 2020. – P. 176–179. DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039374

5. Vikhorev R. Universal logic cells to implement systems functions [Универсальные логические ячейки для реализации системных функций], (in Russian) // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – IEEE, 2016. – P. 404–406. DOI: 10.1109/EIConRusNW.2016.7448197

6. Vikhorev R. Improved FPGA logic elements and their simulation [Улучшенные логические элементы ПЛИС и их моделирование], (in Russian) // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and

Electronic Engineering. – IEEE, 2018. – P. 275–280. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317080

7. Tyurin S.F. LUT's Sliding Backup [Скользкая резервная копия LUT], (in Russian) // IEEE TRANSACTIONS ON DEVICE AND MATERIALS RELIABILITY. Published: MAR 2019. – Vol. 19, iss. 1. – P. 221–225. DOI: 10.1109/TDMR.2019.2898724

8. Проектирование на ПЛИС [Электронный ресурс] – URL: <https://engineering.phys.msu.ru/ru/programmirovaniye-dlya-sstudentov-2-kursa/fpga-designing> (дата обращения: 19.05.2023).

9. Microwind. – URL: <https://www.microwind.net> (accessed 22 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Васенин Иван Андреевич** – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Vasenin.Ioann@yandex.ru

**Тюрин Сергей Феофентович** – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru; профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

**А.В. Вольский, А.А. Тютюных, Р.А. Файзрахманов**

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДВИЖЕНИЯ  
ЛОГИКО-ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ  
ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА КРАНОВЩИКА**

Рассмотрена задача разработки модуля движения логико-динамических объектов для компьютерного тренажера крановщика. Рассмотрены существующие подходы к организации движения транспорта в тренажерах. Предложен алгоритм построения маршрута на основе кривых Безье. Проведено тестирование предложенного алгоритма.

**Ключевые слова:** компьютерный тренажер, построение маршрута, кривая Безье.

**A.V. Volskiy, A.A. Tyutyunikh, R.A. Fayzrakhmanov**

**DEVELOPMENT OF A MOTION MODULE  
FOR LOGICAL-DYNAMIC OBJECTS FOR COMPUTER  
SIMULATOR OF A CRANE OPERATOR**

In this article presented the task of developing a module for the motion of logical-dynamic objects for a computer simulator of a crane operator. The existing approaches to the organization of traffic in simulators are considered. An algorithm for building a route based on Bezier curves is proposed. The proposed algorithm was tested.

**Keywords:** computer simulator, building a route, Bezier curve.

Тренажерные комплексы являются одним из наиболее эффективных инструментов обучения операторов [1]. При обучении с использованием таких комплексов очень важно смоделировать предметную среду, максимально приближенную к реальным условиям, поскольку опыт, полученный оператором, будет актуален в реальной жизни. Одним из аспектов создания реальных условий является моделирование движений динамических объектов виртуальной сцены тренажера. В данной работе будет уделено внимание созданию модуля движения для динамических объектов для компьютерного тренажера крановщика, разрабатываемого в рамках проекта кафедры ИТАС [2].

В Unity существует несколько вариантов для организации движения транспорта [3]: первый – моделирование с использованием физиче-

ской библиотеки, второй – расчет следующей позиции на основе текущей и заданной скорости движения. Также методы движения можно разделить на использующие заранее заданные траектории и рассчитывающие путь движения на основании собственного алгоритма.

В данной работе представлена реализация движения, которая совмещает в себе эти два метода, т.е. маршрут будет задан некой простой траекторией, но на основе предложенного алгоритма маршрут будет скорректирован. Начальная траектория маршрута будет задаваться контрольными точками, имеющими координаты в трехмерном пространстве  $(x, y, z)$ . Задачей алгоритма будет скорректировать траекторию так, чтобы она наиболее точно совпадала с профилем предложенной дороги.

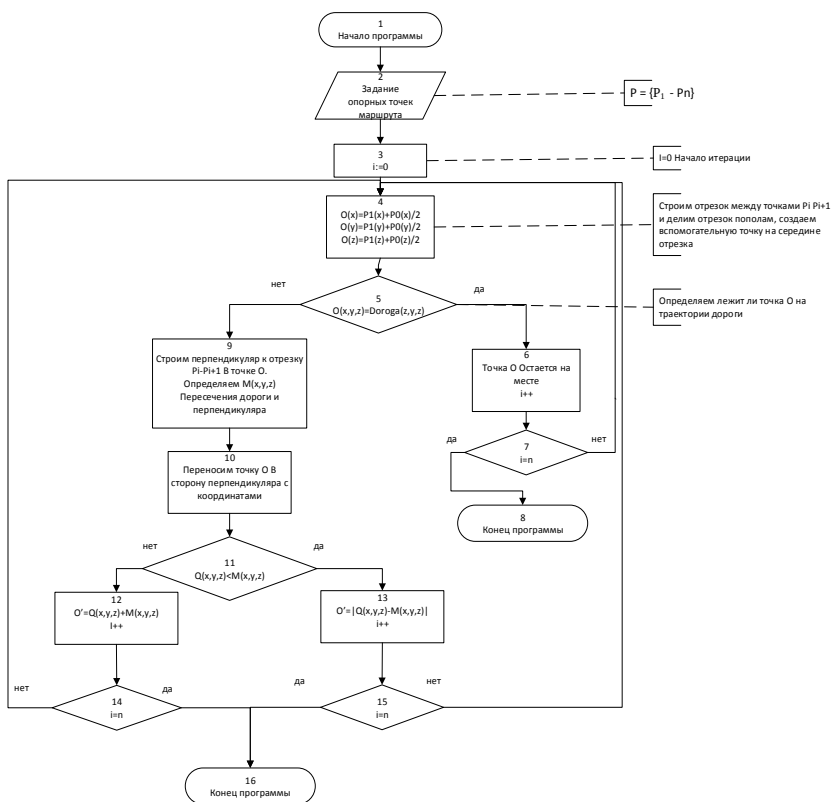


Рис. 1. Логическая схема работы алгоритма

Для решения этой задачи был выбран метод построения кубических кривых Безье [4]. Положение объекта, движущегося по такой кривой в определенный момент времени, можно описать формулой

$$B(t) = (1 - t)^3 P_0 + 2t(1 - t)P_1 + t^3 P_2, t \in [0,1].$$

Маршрут, который был задан, разбивается на отдельные участки – отрезки, состоящие из двух точек. Затем между этими двумя точками строится отрезок и находится его центр. В координатах центра отрезка создается еще одна дополнительная точка  $O$ , затем определяется, лежит ли точка  $O$  на дороге или нет. Если точка лежит на дороге, то переходим к следующему отрезку. Если же точка не лежит на дороге, то из нее строится перпендикуляр к существующему отрезку и определяется точка пересечения перпендикуляра с дорогой. Затем точка  $O$  перемещается в направлении точки пересечения перпендикуляра и дороги на расстоянии, в двое большее расстояния от точки  $O$  до пересечения перпендикуляра с дорогой. Алгоритм работы алгоритма представлен на рис. 1.

На примере из четырех заданных точек рассмотрим построение маршрута по предложенному алгоритму. Начальной точкой маршрута, который изображен на рис. 2, является точка  $P_0$ , а конечной – точка  $P_3$ .



Рис. 2. Тестовый маршрут

**Отрезок 1 от  $P_0$  до  $P_1$ .** Построим отрезок между точками  $P_0$  и  $P_1$ , разделим его пополам и создадим вспомогательную точку с координатами, равными середине отрезка, назовем эту точку  $O_1$  (рис. 3).

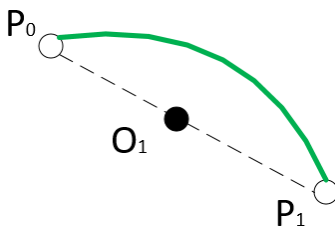


Рис. 3. Построение отрезка и определение его середины

Определяем, принадлежит ли точка  $O_1$  участку дороги; если принадлежит, то маршрут – прямая; если нет, то построим перпендикуляр к отрезку  $P_0$  и  $P_1$  (рис. 4).

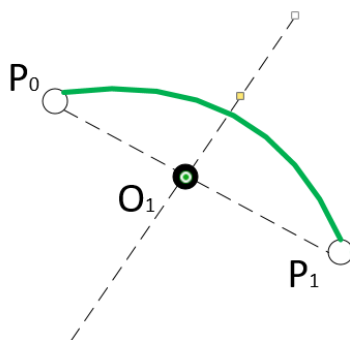


Рис. 4. Построение перпендикуляра

Переносим точку  $O_1$  вдоль перпендикуляра и в сторону пересечения на расстояние, в двое большее, чем расстояние от положения точки  $O_1$  до пересечения с дорогой (рис. 5).

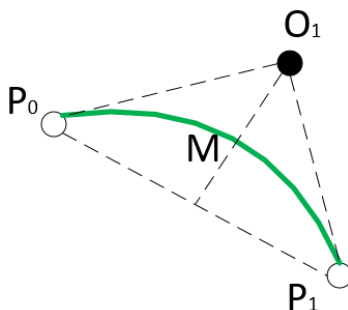


Рис. 5. Перенос точки  $O_1$

**Отрезок 2 от  $P_1$  до  $P_2$ .** Построим отрезок между точками  $P_0$  и  $P_1$ , разделим его пополам (рис. 6).



Рис. 6. Построение отрезка и определение его середины  $O_2$

Создадим вспомогательную точку с координатами, равными середине отрезка, назовем эту точку  $O_2$ . Далее определяем, принадлежит ли точка  $O_2$  участку дороги; если принадлежит, то маршрут – прямая; если нет, то построим перпендикуляр к отрезку  $P_0$  и  $P_1$ . В нашем случае принадлежит, значит, траектория остается прямой, вспомогательную точку  $O_2$  нет необходимости перемещать.

**Отрезок 3 от  $P_2$  до  $P_3$ .** Построим отрезок между точками  $P_2$  и  $P_3$ , разделим его пополам и создадим вспомогательную точку с координатами, равными середине отрезка, назовем эту точку  $O_3$  (рис. 7).

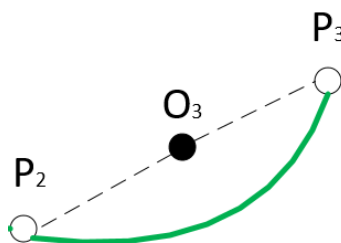


Рис. 7. Построение отрезка и определение его середины  $O_3$

Определяем, принадлежит ли точка  $O_3$  участку дороги; если принадлежит, то маршрут – прямая; если нет, то построим перпендикуляр к отрезку  $P_2$  и  $P_3$  (рис. 8).

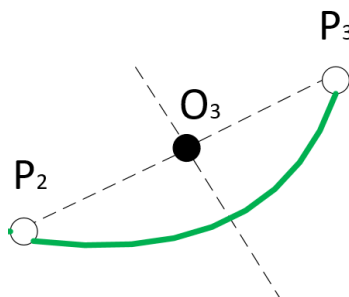


Рис. 8. Построение перпендикуляра

Переносим точку  $O_3$  вдоль перпендикуляра и в сторону пересечения на расстояние, в двое большее, чем расстояние от первоначального положения точки  $O_3$  и до пересечения перпендикуляра с дорогой (рис. 9).

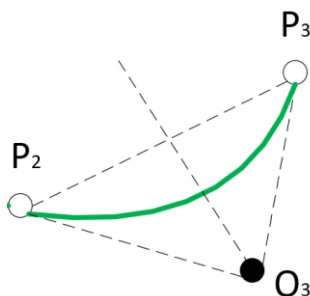


Рис. 9. Перенос точки  $O_3$

Протестируем предложенный алгоритм в Unity. На рис. 10 представлен результат работы алгоритма, белой линией обозначена траектория, по которой будет двигаться транспортное средство.

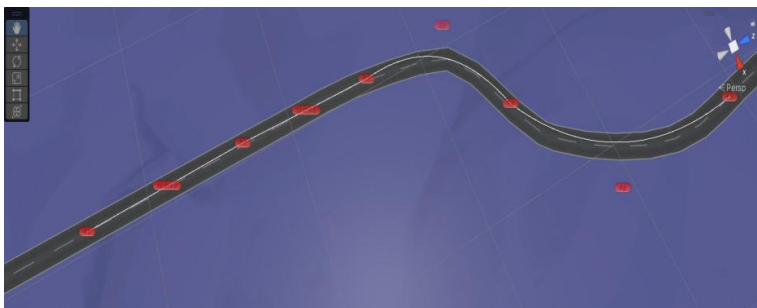


Рис. 10. Результат работы алгоритма в Unity

Как видно из рис. 10, полученная траектория полностью лежит на дороге. Таким образом, предложенный алгоритм подходит для построения маршрутов движения транспорта на сцене.

Представленный алгоритм был протестирован на различных вариантах дорог и подходит для дальнейшего использования в компьютерном тренажере крановщика.

### Библиографический список

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов: Теория, методология построения и использования: дис. ... д-р техн. наук: 05.13.01, 05.13.06. – М., 1999. – 449 с.

2. ANYCRANE: Towards a better Port Crane Simulator for Training Operators / R.A. Fayzrakhmanov, I.S. Polevshchikov, A.F. Khabibulin, F.I. Shklyayev, R.R. Fayzrakhmanov // 15th International industrial simulation conference. – 2017. – P. 85–87.

3. Unity User Manual. – URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (accessed 11 April 2023).

4. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Мир, 2001.

### **Сведения об авторах**

**Вольский Арсентий Васильевич** – магистрант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ6-22-1м, г. Пермь, e-mail: volskiy-av@mail.ru

**Тютюных Артем Александрович** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: artbox1g@gmail.com

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

**В.Ю. Воронин, Н.В. Смирнов**

## **БИНАРНЫЕ КЛАССИФИКАТОРЫ В ЗАДАЧЕ МНОГОКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СООБЩЕНИЙ**

Предложены и протестированы бинарные классификаторы в задаче многоклассовой классификации сообщений обезличенных диалогов. Классификаторы содержат модели на основе нейронной сети с архитектурой трансформер BERT. Предложено три алгоритма тестирования моделей и использовано два подхода к обучению моделей. Приведены полученные метрики качества предложенных классификаторов.

**Ключевые слова:** классификация текста, трансформер BERT.

**V.Y. Voronin, N.V. Smirnov**

## **BINARY CLASSIFIERS IN THE MESSAGE MULTICLASS CLASSIFICATION TASK**

In the article, binary classifiers are proposed and tested in the task of multiclass classification of messages from impersonal dialogues. The classifiers contain models based on a neural network with a transformer architecture BERT. Three algorithms of model testing are proposed and two approaches to model training are used. The obtained metrics of the proposed classifiers are presented in the article.

**Keywords:** text classification, transformers BERT.

Все большее количество организаций и сервисов внедряют автоматизированные средства обработки информации в свои программные продукты. Применение чат-ботов и интеллектуальных ассистентов может позволить освободить сотрудников компаний от необходимости отвечать на большое количество однообразных вопросов. Одной из задач, возникающей при разработке чат-ботов, является классификация входящих сообщений. Актуальность темы показывает большое количество работ по теме классификации [1–3]. В задаче классификации текстовых сообщений применяются различные методы машинного и глубокого обучения. Большое разнообразие предметных областей требует обучения моделей для конкретной задачи и поиска различных алгоритмов с целью повышения точности классификации. Работа посвящена разработке и тестированию классификаторов, которые используют бинарные модели для классификации сообщений восьми классов из диа-

логов диспетчеров управляющей компании и граждан. Модели можно разрабатывать на основе, например, нейронной сети с архитектурой трансформер BERT [4]. В табл. 1 приведен комплекс программных средств для реализации задачи.

Таблица 1

Средства разработки

| № п/п | Средство разработки | Описание                                                 |
|-------|---------------------|----------------------------------------------------------|
| 1     | Python 3.9.16       | Язык программирования                                    |
| 2     | Visual Code         | Интегрированная среда разработки                         |
| 3     | Transformers        | Библиотека, содержащая модели глубокого обучения         |
| 4     | Scikit-learn        | Модуль на Python, предназначенный для машинного обучения |

Для анализа результатов классификации были использованы метрики точность (1), полнота (2),  $f_1$ -мера (3):

$$\text{precision} = TP / (TP + FP), \quad (1)$$

$$\text{recall} = TP / (TP + FN), \quad (2)$$

$$f_1 = 2 / (\text{precision}^{-1} + \text{recall}^{-1}), \quad (3)$$

где TP – количество сообщений, верно классифицированных как относящиеся к целевому классу; FP – количество сообщений, ложно классифицированных как относящиеся к целевому классу; FN – количество сообщений, ложно классифицированных как относящиеся к нецелевому классу. Для анализа результатов классификации часто используются усредненные по всем классам метрики, при этом анализируют метрики с макроусреднением (каждому классу соответствует одинаковый вес) и взвешенным усреднением (оценка каждого класса пропорциональна его количественному присутствию в выборке), например  $f1\_macro$  и  $f1\_weighted$  соответственно.

Рассматриваемый набор сообщений содержит 5780 сообщений из диалогов граждан и диспетчеров управляющей компании. Диалоги были предварительно очищены от персональных данных, от прямых и косвенных указаний на физические лица участников разговора. В диалогах было выделено восемь классов сообщений, количество сообщений каждого класса приведено в табл. 2.

## Классы сообщений

| Номер класса | Название класса                | Количество сообщений |
|--------------|--------------------------------|----------------------|
| 1            | Разное                         | 120                  |
| 2            | Электрика                      | 216                  |
| 3            | Сантехника                     | 657                  |
| 4            | Водоснабжение и теплоснабжение | 52                   |
| 5            | Передача показаний             | 51                   |
| 6            | Диагностика неисправности      | 40                   |
| 7            | Другое                         | 4539                 |
| 8            | Благоустройство                | 105                  |

Для проверки на принадлежность сообщения каждому из указанных восьми классов было разработано и обучено восемь бинарных классификаторов на основе модели `gubert-base-cased` [5]. Каждый классификатор для каждого сообщения возвращает вектор вероятностей, который содержит вероятность принадлежности сообщения нецелевому классу 0 и вероятность принадлежности сообщения целевому классу  $cl$  ( $cl = 1, 2, \dots, 8$ ). Из вероятностей принадлежности сообщения целевым классам составим вектор  $U$ . При разработке классификаторов авторы предложили и апробировали три алгоритма классификации.

**Алгоритм 1.** Наибольшая вероятность в векторе  $U$  определяет класс сообщения. Результаты классификации представлены в матрице метрик и матрице неточностей на рис. 1 и 2 соответственно.

|              | precision | recall | f1-score | support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| класс 1      | 0.83      | 0.42   | 0.56     | 12      |
| класс 2      | 0.70      | 0.61   | 0.65     | 23      |
| класс 3      | 0.74      | 0.86   | 0.80     | 66      |
| класс 4      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 5      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 6      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 4       |
| класс 7      | 0.93      | 0.96   | 0.94     | 455     |
| класс 8      | 0.78      | 0.64   | 0.70     | 11      |
| accuracy     |           |        | 0.89     | 581     |
| macro avg    | 0.50      | 0.44   | 0.46     | 581     |
| weighted avg | 0.87      | 0.89   | 0.88     | 581     |

Рис. 1. Матрица метрик бинарного классификатора

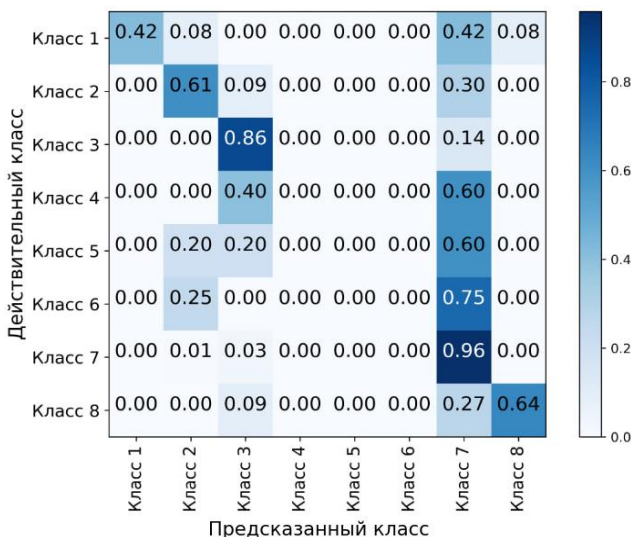


Рис. 2. Матрица неточностей бинарного классификатора

Предложено и протестировано два алгоритма, которые используют различные пороговые значения  $p_1$  и  $p_2$ .

**Алгоритм 2.** Находится наибольшая вероятность  $p_{\max}$ , входящая в вектор  $U$ . Если  $p_{\max} > p_1$ , то сообщению присваивается класс, соответствующий  $p_{\max}$ , иначе – класс 7. В табл. 3 приведены результаты применения этого алгоритма, а на рис. 3 приведена матрица метрик при пороговом значении  $p_1$ , которое обеспечило максимум метрики f1\_weighted.

Таблица 3

Результаты применения алгоритма 2

| $p_1$ | f1_macro | f1_weighted |
|-------|----------|-------------|
| 0.1   | 0.45     | 0.88        |
| 0.2   | 0.45     | 0.88        |
| 0.3   | 0.45     | 0.88        |
| 0.4   | 0.44     | 0.88        |
| 0.5   | 0.28     | 0.82        |
| 0.6   | 0.28     | 0.83        |
| 0.7   | 0.28     | 0.83        |
| 0.8   | 0.28     | 0.83        |
| 0.9   | 0.11     | 0.69        |

|              | precision | recall | f1-score | support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| класс 1      | 1.00      | 0.33   | 0.50     | 12      |
| класс 2      | 0.70      | 0.61   | 0.65     | 23      |
| класс 3      | 0.75      | 0.85   | 0.79     | 66      |
| класс 4      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 5      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 6      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 4       |
| класс 7      | 0.93      | 0.96   | 0.94     | 455     |
| класс 8      | 0.78      | 0.64   | 0.70     | 11      |
| accuracy     |           |        | 0.89     | 581     |
| macro avg    | 0.52      | 0.42   | 0.45     | 581     |
| weighted avg | 0.87      | 0.89   | 0.88     | 581     |

Рис. 3. Матрица метрик алгоритма 2 при  $p_1 = 0,1$

### Алгоритм 3

- находится наибольшая из вероятностей  $p_{\max 1}$  в  $U$ .
- если  $p_{\max 1} > p_1$  и эта вероятность не соответствует классу 7, то сообщению присваивается класс, у которого была наибольшая вероятность.
- пусть  $p_{\max 1}$  соответствует классу 7. Если  $p_{\max 1} > p_2$ , то сообщению присваивается класс 7. Иначе ищется наибольшая вероятность из  $U$  без класса 7  $p_{\max 2}$ ; если  $p_{\max 2} > p_1$ , то сообщению присваивается класс, соответствующий  $p_{\max 2}$ , иначе присваивается класс 7.

В табл. 4 приведены результаты тестирования алгоритма 3 при различных значения порогов  $p_1$ ,  $p_2$ . На рис. 4 приведены результаты применения этого алгоритма при пороговых значениях  $p_1$  и  $p_2$ , которые обеспечили максимум метрики  $f1\_weighted$ .

Таблица 4

Результаты применения алгоритма 3

| $p_1$ | $p_2$ | f1_macro | f1_weighted |
|-------|-------|----------|-------------|
| 0.5   | 0.5   | 0.28     | 0.82        |
| 0.55  | 0.9   | 0.28     | 0.82        |
| 0.6   | 0.5   | 0.28     | 0.82        |
| 0.65  | 0.5   | 0.28     | 0.82        |
| 0.7   | 0.5   | 0.28     | 0.82        |
| 0.75  | 0.5   | 0.28     | 0.82        |
| 0.8   | 0.5   | 0.28     | 0.83        |
| 0.85  | 0.5   | 0.28     | 0.83        |
| 0.9   | 0.5   | 0.28     | 0.83        |

|              | precision | recall | f1-score | support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| класс 1      | 1.00      | 0.33   | 0.50     | 12      |
| класс 2      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 23      |
| класс 3      | 0.77      | 0.83   | 0.80     | 66      |
| класс 4      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 5      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 6      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 4       |
| класс 7      | 0.88      | 0.97   | 0.92     | 455     |
| класс 8      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 11      |
| accuracy     |           |        | 0.86     | 581     |
| macro avg    | 0.33      | 0.27   | 0.28     | 581     |
| weighted avg | 0.79      | 0.86   | 0.82     | 581     |

Рис. 4. Матрица метрик алгоритма 3 при  $p_1 = 0,5$ ,  $p_2 = 0,5$

Анализ табл. 2 показывает сильную несбалансированность данных, большое количество сообщений класса 7 и малое количество сообщений других классов. Для уменьшения влияния несбалансированности данных обучено восемь бинарных классификаторов, при обучении каждого  $i$ -го бинарного классификатора на вход подавались все сообщения целевого  $i$ -го класса и в три раза больше сообщений нецелевого класса (составлены из сообщений не  $i$ -го класса). Тестирование проводилось по алгоритму 1. На рис. 5 и 6 представлены матрица метрик и матрица неточностей соответственно.

|              | precision | recall | f1-score | support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| класс 1      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 12      |
| класс 2      | 0.93      | 0.61   | 0.74     | 23      |
| класс 3      | 0.80      | 0.71   | 0.75     | 66      |
| класс 4      | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 5       |
| класс 5      | 0.29      | 0.40   | 0.33     | 5       |
| класс 6      | 0.10      | 0.75   | 0.18     | 4       |
| класс 7      | 0.98      | 0.94   | 0.96     | 455     |
| класс 8      | 0.37      | 1.00   | 0.54     | 11      |
| accuracy     |           |        | 0.87     | 581     |
| macro avg    | 0.43      | 0.55   | 0.44     | 581     |
| weighted avg | 0.90      | 0.87   | 0.88     | 581     |

Рис. 5. Матрица метрик классификатора

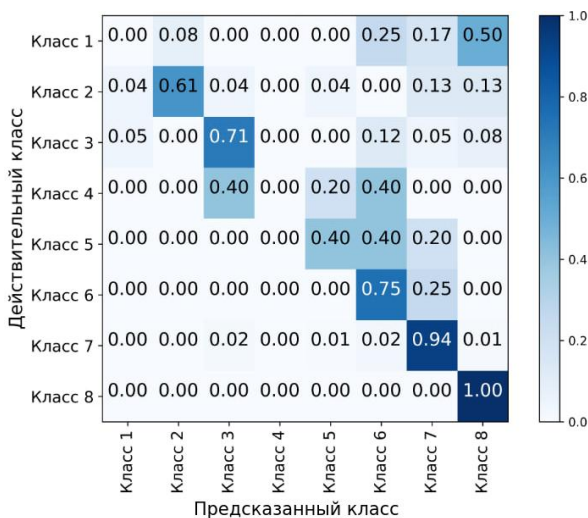


Рис. 6. Матрица неточностей классификатора

Матрицы на рис. 5 и 6 показывают, что классификатор, обученный на более сбалансированном наборе данных, начал верно классифицировать некоторые сообщения классов 5 и 6.

Исследование показало, что:

- разработанные классификаторы некоторые из классов сообщений находят с большой точностью;
- усредненная взвешенная метрика качества  $f1$  равна 0,88;
- сильная несбалансированность входного набора данных не позволяет классифицировать некоторые из классов сообщений. Ожидается увеличение метрик качества классификации при увеличении количества сообщений тех классов, которые представлены малым количеством сообщений во входном наборе данных.

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках реализации программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, финансируемой правительством Республики Карелия.

### Библиографический список

1. Amjad M., Kaimuldenov Z., Voronkov I. Text classification with deep neural networks // Proceedings of the International Conference on Actual Problems of System and Software Engineering. – 2017. – P. 364–370.

2. Mishra A., Jain S.K. A survey on question answering systems with classification // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. – 2016. – Vol. 28. – P. 345–361.
3. Kuchlous S., Kadaba M. Short Text Intent Classification for Conversational Agents // 2020 IEEE 17th India Council International Conference (INDICON). – 2020. – P. 1–4.
4. How to Fine-Tune BERT for Text Classification? / C. Sun, X. Qiu, Y. Xu, X. Huang // China National Conference on Chinese Computational Linguistics. – 2019. – P. 194–206.
5. DeepPavlov/rubert-base-cased. – URL: <https://huggingface.co/DeepPavlov/rubert-base-cased> (accessed 20 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Воронин Вениамин Юрьевич** – магистрант Петрозаводского государственного университета, гр. 22505, г. Петрозаводск, e-mail: voronin@cs.karelia.ru

**Смирнов Николай Васильевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория вероятностей и анализ данных» Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, e-mail: smirnovn@petsu.ru

**Бу Динь Хиеу, Р.А. Файзрахманов**

## **ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Обнаружение и обработка аномалий в данных является важной проблемой в области интеллектуального анализа данных в целом и в построении моделей на основе данных в частности. Результаты построения моделей на основе данных без исключения выбросов данных могут быть значительно искажены. Обнаружение аномалий в данных не только позволяет повысить качество построения модели на основе данных, но и ограничивает ошибки, которые могут возникнуть на ранней стадии. Представлен метод обнаружения аномалий в данных, получаемых от датчиков системы мониторинга технического оборудования в процессе эксплуатации с помощью алгоритма k-средних (k-means), и оценка влияния аномалий на качество построения моделей на основе данных для прогнозирования технического состояния оборудования. Результаты, представленные в статье, основаны на экспериментальных результатах с набором данных Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set от NASA.

**Ключевые слова:** аномалии (выбросы), обнаружение аномалий, алгоритм k-средних (k-means), качество построения моделей на основе данных.

**Vu Dinh Hieu, R.A. Fayzrakhmanov**

## **DETECTING ANOMALIES IN DATA IN THE PROBLEM OF FORECASTING THE STATE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS**

Detection and processing of anomalies in data is an important problem in the field of data mining in general and in building models from data in particular. Modeling results from data without eliminating data outliers can be significantly skewed. Anomaly detection in data not only improves the quality of building a model from data, but also limits the errors that can occur at an early stage. This article presents a method for detecting anomalies in data obtained from sensors of a technical equipment monitoring system during operation using the k-means algorithm and assessing the impact of anomalies on the quality of building on the quality of building models based on data to predict the technical condition of equipment. The results presented in the article are based on experimental results with NASA's Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set.

**Keywords:** anomalies, anomaly detection, k-means algorithms, the quality of building models based on data.

Сегодня мы вступаем в эпоху промышленной революции 4.0. Одной из областей, которая будет широко применяться в жизни, является область больших данных. Большие данные применяются во всех сферах жизни, таких как медицина, техника, сельское хозяйство, промышленность и т.д. В области техники большие данные могут быть использованы для обучения моделей прогнозирования технического состояния оборудования в процессе его эксплуатации. Важной задачей является прогнозирование технологических параметров оборудования в процессе эксплуатации по результатам измерения с помощью датчиков температуры, давления, влажности, скорости и т.д. Из-за влияния шумов на рабочий процесс измерительных датчиков в полученных данных могут появиться аномалии. Эти аномалии в данных могут повлиять на качество построения модели для прогнозирования технического состояния оборудования. Цели статьи – представление метода обнаружения аномалий в данных, получаемых от датчиков системы мониторинга технического оборудования в процессе эксплуатации с помощью алгоритма k-средних (k-means), и оценка влияния аномалий на качество построения моделей.

**Аномалии в данных.** Аномалии – это редкие данные, события или наблюдения, которые вызывают подозрения ввиду существенного отличия от большей части данных [1], выбросы, необычности, шум, отклонения или исключения.

Аномалии в данных подразделяются на три основных вида [2]: точечные аномалии, контекстуальные аномалии и коллективные аномалии. На рис. 1 показаны виды аномалий.

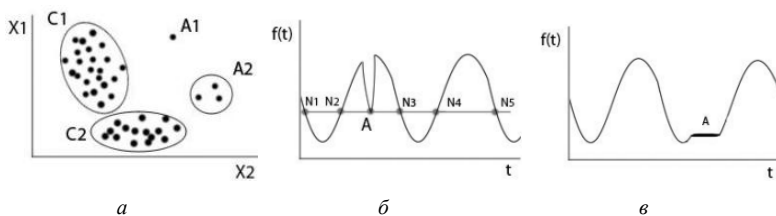


Рис. 1. Виды аномалий: *а* – точечные аномалии; *б* – контекстуальные аномалии; *в* – коллективные аномалии

Точечные аномалии – экземпляры данных, значения которых значительно отличаются от большинства значений остальных данных. На рис. 1, *а* A1 и A2 можно рассматривать как точечные аномалии.

Контекстуальные аномалии – экземпляры данных, значения которых незначительно отличаются, даже совпадают со значением большинства остальных данных. На рис. 1, б значение точки А не отличается от значений N1, N3 и N5, но в конкретном контексте является аномалией.

Коллективные аномалии – экземпляры данных, которые с точки зрения контекста полностью подчиняются правилам, но возникновение нескольких таких случаев одновременно рассматривается как коллективные аномалии. На рис. 1, в сегмент А можно считать аномалией.

**Обнаружение аномалий в данных с помощью алгоритма кластеризации k-средних.** Существует несколько методов обнаружения аномалий в данных, таких как метод классификации, метод кластеризации, метод статистического анализа, спектральные методы. В этой статье рассмотрены точечные аномалии и метод кластеризации с помощью алгоритма кластеризации k-средних.

Обнаружение аномалий строится в предположении, что количество нормальных экземпляров в данных будет значительно превышать количество аномалий, причем нормальные экземпляры будут находиться близко к центру кластера, а выбросы будут значительно дальше. Методология применения данного подхода на основе метода кластеризации приведена в работе [3]. Проверяется выполнение условия

$$\text{dist}(a, c) > \text{dist}(n, c), \quad (1)$$

где  $\text{dist}(a, c)$  – евклидово расстояние от аномальных экземпляров до центра кластера;  $\text{dist}(n, c)$  – евклидово расстояние от нормальных экземпляров до центра кластера;  $c$  – центр кластера находится по алгоритму k-средних [4].

Евклидово расстояние – это геометрическое расстояние в многомерном пространстве, вычисляемое по формуле

$$\text{dist}(x, x') = \sqrt{\sum_1^n (x_i - x'_i)^2}, \quad (2)$$

где  $\text{dist}(x, x')$  – расстояние между объектами  $x$  и  $x'$ ;  $x_i$  – числовое значение  $i$ -й переменной для объекта  $x$ ;  $x'_i$  – числовое значение  $i$ -й переменной для объекта  $x'$ ;  $n$  – число переменных, которыми описываются объекты (или количество данных характеристик).

Эксперимент проводился с набором данных о деградации турбовинтового двигателя, созданным NASA Ames Prognostic Center в 2008 г.

[5]. Набор данных фиксирует параметры рабочего процесса турбовинтового двигателя. Описание параметров, записываемых передатчиками, приведено в табл. 1.

Таблица 1

Описание значения и единицы параметров в наборе данных [5]

| Символ          | Описание                                                          | Единицы |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------|
| S <sub>1</sub>  | Диапазон высот от уровня моря до 40 000                           | ft      |
| S <sub>2</sub>  | Числа Маха от 0 до 0,90                                           | --      |
| S <sub>3</sub>  | Температура на уровне моря от -60 до 103                          | °F      |
| S <sub>4</sub>  | Суммарная температура на входе вентилятора                        | °R      |
| S <sub>5</sub>  | Суммарная температура на выходе компрессора низкого давления      | °R      |
| S <sub>6</sub>  | Суммарная температура на выходе компрессора высокого давления     | °R      |
| S <sub>7</sub>  | Суммарная температура на выходе турбины низкого давления          | °R      |
| S <sub>8</sub>  | Давление на входе вентилятора                                     | psia    |
| S <sub>9</sub>  | Суммарное давление в байпасном канале                             | psia    |
| S <sub>10</sub> | Суммарное давление на выходе компрессора высокого давления        | psia    |
| S <sub>11</sub> | Физическая скорость вентилятора                                   | rpm     |
| S <sub>12</sub> | Физическая скорость ядра                                          | rpm     |
| S <sub>13</sub> | Коэффициент давления двигателя (S <sub>10</sub> /S <sub>8</sub> ) | --      |
| S <sub>14</sub> | Статическое давление на выходе компрессора высокого давления      | psia    |
| S <sub>15</sub> | Отношение расхода топлива к S <sub>14</sub>                       | pps/psi |
| S <sub>16</sub> | Исправлена скорость вентилятора                                   | rpm     |
| S <sub>17</sub> | Исправлена скорость ядра                                          | rpm     |
| S <sub>18</sub> | Коэффициент байпаса                                               | --      |
| S <sub>19</sub> | Соотношение топлива и воздуха горелки                             | --      |
| S <sub>20</sub> | Энтальпия сгорания                                                | --      |
| S <sub>21</sub> | Требуемая скорость вентилятора                                    | rpm     |
| S <sub>22</sub> | Требуемая скорректированная скорость вентилятора                  | rpm     |
| S <sub>23</sub> | Сравнение охлаждающей жидкости турбины высокого давления          | lbm/s   |
| S <sub>24</sub> | Сравнение охлаждающей жидкости турбины низкого давления           | lbm/s   |

В наборе данных могут существовать аномалии из-за нарушения работы датчиков во время измерения параметров. Результаты обнаружения аномалий в данных параметров суммарной температуры на выходе компрессора высокого давления (S<sub>6</sub>) и сравнения охлаждающей жидкости турбины высокого давления (S<sub>23</sub>) представлены на рис. 2.

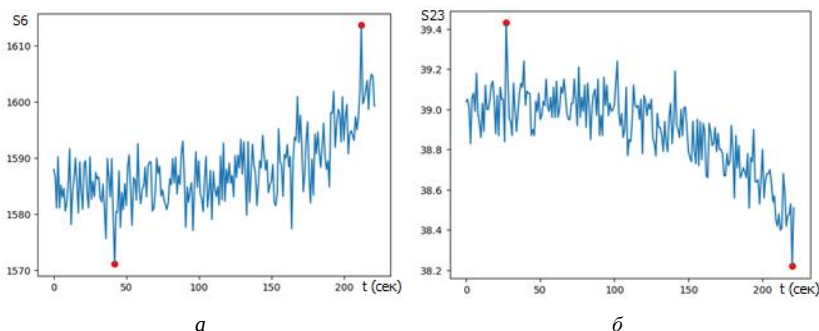


Рис. 2. Обнаружение аномалии в данных для параметров S6(a), S23(b)

На графике рис. 3 представлены данные по параметрам S6 и S23 после устранения аномалий.

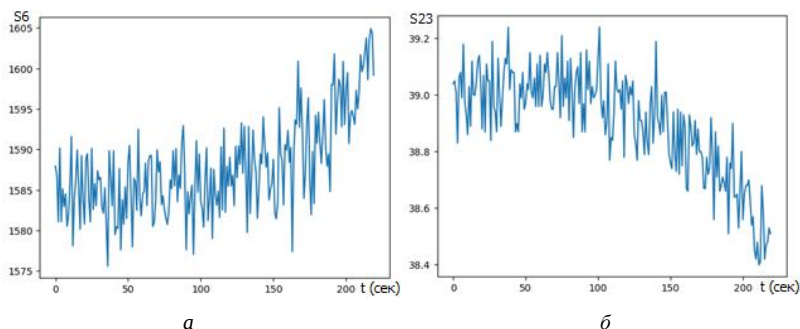


Рис. 3. Параметры S6(a) и S23(b) после устранения аномалий

**Оценка влияния аномалий на качество построения моделей на основе данных.** Проведен сравнительный анализ качества построения моделей на основе набора данных в случаях с обработкой аномалий и без обработки аномалий с использованием алгоритмов градиентного бустинга и случайного леса. В частности, данные в параметрах S1–S24 набора данных [5] будут использованы для построения модели машинного обучения, прогнозирующей техническое состояние турбовинтового двигателя в процессе эксплуатации.

Кратко проблему прогнозирования технического состояния турбовинтового двигателя можно описать следующим образом:

Дано: набор размеченных данных оборудования в виде  $\{x_i, y_i\}_{i=1}^N$ , где  $N$  – размер собранного набора данных;  $x_i$  – D-мерный вектор при-

знаков, описывающий характерные параметры турбовинтового двигателя в процессе эксплуатации;  $i = 1, \dots, N$ ;  $y_i$  – значение, характеризующее показатель технического состояния турбовинтового двигателя в процессе эксплуатации. Каждый признак  $x_i^{(j)}$ ,  $j = 1, \dots, D$  является действительным числом. Требуется: сконструировать модель  $f(\mathbf{x})$ , являющуюся комбинацией признаков образца  $\mathbf{x}$ . Модель будет использоваться для предсказания неизвестного целевого значения  $y$  для данного  $\mathbf{x}$ :  $y \leftarrow f(\mathbf{x})$ .

Точность прогностических моделей будет оцениваться на тестовой выборке и определяться по критерию средней квадратичной ошибки (Root Mean Square Error, RMSE), которая рассчитывается по формуле

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f(x_i) - y_i)^2}. \tag{3}$$

Чем меньше модель с индексом RMSE, тем точнее прогноз. Экспериментальные результаты представлены в табл. 2 и на рис. 4.

Таблица 2

Экспериментальные результаты

| Результат                     | RMSE (метод градиентного бустинга) | RMSE (метод случайного леса) |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Необработка аномалий в данных | 5,55                               | 5,35                         |
| Обработка аномалий в данных   | 4,85                               | 5,08                         |

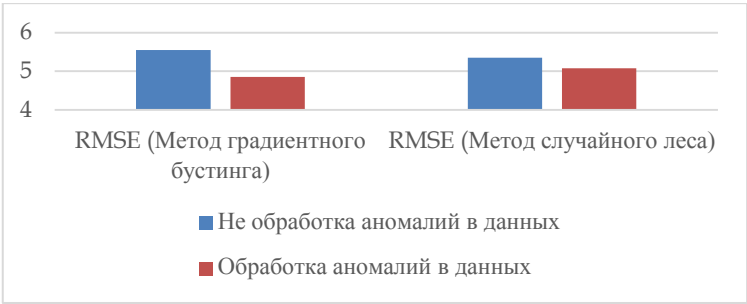


Рис. 4. Индекс RMSE в экспериментальных случаях

Из экспериментальных результатов видно, что качество моделей машинного обучения, построенных на наборе данных, обработанном от аномалий, будет лучше, чем при необработанных случаях аномалий в данных.

**Выводы.** В работе показано, что аномалии в данных влияют на качество построения моделей. Модель машинного обучения с обработкой аномалий данных дает более точные прогнозы, чем без обработки аномалий данных.

### Библиографический список

1. Выявление аномалий [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Выявление\\_аномалий](https://ru.wikipedia.org/wiki/Выявление_аномалий) (дата обращения: 15.04.2023).
2. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey // ACM Computing Surveys. – 2009. – Vol. 41 (3). – P. 1–58.
3. Portnoy L., Eskin E., Stolfo S.J. Intrusion Detection with Unlabeled Data Using Clustering / Columbia University. – New York, 2001.
4. Кокорева Я., Макаров А. Поэтапный процесс кластерного анализа данных на основе алгоритма кластеризации k-means // Молодой ученый. – 2015. – № 13. – С. 126–128.
5. Turbofan engine degradation simulation data set. – URL: <https://c3.nasa.gov/dashlink/resources/139> (accessed 16 December 2022).

### Сведения об авторе

**Ву Динь Хиеу** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [vudinhhie20051987@gmail.com](mailto:vudinhhie20051987@gmail.com)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:Fayzrakhmanov@gmail.com)

**В.О. Главатских, Д.С. Курушин**

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА A12-1450 ДЛЯ FDM-ПЕЧАТИ**

Исследуется возможность использования промышленного робота-манипулятора для FDM-печати. Описаны проблемы реализации. Рассматриваются некоторые подходы к реализации данного решения, рассмотрены достоинства и недостатки данного подхода. Рассмотрены текущие исследования, направленные на внедрение роботов-манипуляторов в FDM-печать.

**Ключевые слова:** робот-манипулятор, FDM, 3D-печать, ЧПУ.

**V.O. Glavatskih, D.S. Kurushin**

## **ON THE POSSIBILITY OF USING INDUSTRIAL ROBOT-MANIPULATOR A12-1450 FOR FDM-PRINTING**

This article explores the possibility of using an industrial robotic arm for FDM printing. Implementation problems are described. The article discusses some approaches to the implementation of this solution, considers the advantages and disadvantages of this approach. Some basic concepts in FDM printing are considered. Current research aimed at the introduction of robotic manipulators in FDM printing is reviewed.

**Keywords:** robotic arm, FDM, 3D printing, CNC.

Для того чтобы понять, какие преимущества имеют роботы-манипуляторы перед обычными ЧПУ-станками, которые повсеместно применяются для FDM-печати, нами было проведено исследование, в котором мы используем отечественный робот-манипулятор A12-1450 компании «Эйдос-Робототехника» для интегрирования в него экструдера. Робот-манипулятор A12-1450 создан российской компанией ООО «Эйдос-Робототехника». Используется в основном на производстве. При работе с крупногабаритными деталями работы, за счет исключения человеческого труда, ускоряет производственный процесс и позволяет избежать применения дополнительных грузоподъемных механизмов. При производстве мелких изделий существенно увеличивает скорость, точность и качество работы.

Подобный подход уже использовался в различных сферах, таких как производство металлических изделий [1], строительство [2]. В дан-

ной работе был использован робот-манипулятор в качестве управляющей системы FDM-печати.

Главным достоинством такого решения являются небольшие габариты всей системы при одинаковых объемах зоны печати. Помимо всего прочего, к достоинствам можно отнести гибкость данного решения, так как при использовании ЧПУ в качестве системы управления достаточно сложно интегрировать другие системы для иных целей, в то время как робот-манипулятор более универсален в своем функционале и может выполнять достаточно много различных функций, таких как лазерная резка, сварка, перемещение различных объектов и т.д.

Из недостатков можно выделить дороговизну данного решения по причине высокой стоимости промышленных роботов-манипуляторов, которая намного выше цен на оборудование для ЧПУ. Также к недостаткам можно отнести низкую доступность к документации к некоторым экземплярам роботов.

Одной из проблем, с которой мы столкнулись на данный момент, является плавное перемещение печатающей головки, так как получившаяся деталь не будет распечатана качественно при движении резкими рывками. Связано это с тем, что при использовании команд позиционирования по завершении команды робот останавливается и начинает ускоряться при начале следующей команды.

Для тестирования была написана программа, которая конвертирует команду G1 в команду lin\_rel. Поскольку обе команды используются для позиционирования печатающей головки, сама программа достаточно проста.

Листинг 1 – Функция перевода команды G-code в команды для робота на Python

```
def write_py_file(new_coord):
    text_file = open("new_file.py", "w")
    line = 0
    for line in range(len(new_coord_arr)):
        str2 = 'lin_rel([' + str(new_coord[line][0]) +
        ', ' + str(new_coord[line][1]) + ', ' +
        '0], [0,0,0], "pechat_plane", 30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")\n'
        text_file.write(str2)
```

На выходе программа предоставляет python-файл, в котором сгенерированы функции, прописанные для позиционирования робота.

## Листинг 2 – Примерный результат работы программы

```
lin_rel([0.512,                                -
0.262,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([1.738,                                -
0.81,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([0.732,                                -
0.297,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([0.545,                                -
0.167,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([1.852,                                -
0.496,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([0.772,                                -
0.166,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([0.563,                                -
0.07,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
lin_rel([1.91,                                 -
0.168,0],[0,0,0],"pechat_plane",30.0,1000.0,False,0.1,"Pen")
```

Команда `lin_rel` работает со смещением относительно начальной точки, в то время как команда `G1` использует абсолютное значение координат в заданной системе координат. Исходя из этого, была написана программа, которая вычисляет разницу между текущей командой `G1` и следующей, записывает эту разницу в команду `lin_rel` и далее в новый python-файл. В итоге на выходе мы имеем файл Python с множеством команд `lin_rel`.

Принцип взаимодействия программы и робота достаточно прост. Программа-обработчик генерирует файл с командами для робота, этот файл загружается в пульт управления, в котором уже можно запустить получившуюся программу в автоматическом режиме. Принцип взаимодействия программы с роботом представлена на рис. 1.

Помимо всего прочего, необходимо было решить то, как робот будет взаимодействовать с экструдером. Было разработано два решения.

Первое заключается в том, что экструдер будет напрямую подключен к управляющему шкафу и через управляющую программу будет передавать сигналы на экструдер.

Второе заключается в передаче данных на экструдер по Сети. Был выбран второй вариант из-за компактности итоговой установки и удобства последующей работы с роботом. Схемы обоих методов взаимодействия представлены на рис. 2.



Рис. 1. Схема взаимодействия программы и робота



Рис. 2. Взаимодействие напрямую (слева) и по Сети (справа)

Исходя из приведенных в статье данных и уже имеющихся разработок, можно сделать вывод о том, что использование роботоманипуляторов есть неплохая альтернатива ЧПУ-станкам, ввиду их

большей функциональности и гибкости. В свою очередь данное исследование может выявить актуальность такого решения как в промышленности, так и для простого энтузиаста. В дальнейшем нашим коллективом будет продолжаться разработка готового прототипа для выявления новых нюансов и исследования в этом направлении.

### **Библиографический список**

1. Передовые технологии аддитивного производства металлических изделий [Электронный ресурс] / А.А. Осколков, Е.В. Матвеев, И.И. Безукладников, Д.Н. Трушников, Е.Л. Кротова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2018. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/peredovye-tehnologii-additivnogo-proizvodstva-metallicheskih-izdeliy> (дата обращения: 11.04.2023).

2. Требухин А.Ф., Парри Д.Э. Современные трехмерные принтеры для аддитивного строительного производства [Электронный ресурс] // ИВД. – 2019. – № 8 (59). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-trehmernye-printery-dlya-additivnogo-stroitel'nogo-proizvodstva> (дата обращения: 20.04.2023).

### **Сведения об авторах**

**Главатских Владимир Олегович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: volodar2001@gmail.com

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru

**О.А. Глухова, Е.С. Малышева, К.А. Никитина**

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассматривается проблема нахождения оптимального метода измерения импеданса кожи человека с учетом электропроводимости кожного покрова. Биоимпедансный анализ – метод исследования биологических материалов, который позволяет оценить состав организма неинвазивным, безболезненным и безопасным путем. Использовались такие методы исследования, как анализ литературных источников, эксперимент. Проведена оценка методов из различных источников литературы, проработаны их преимущества и недостатки. В ходе исследования разработана модель устройства для измерения сопротивления кожи человека.

**Ключевые слова:** биоимпеданс, сопротивление, кожный покров, неинвазивные измерения.

**O.A. Glukhova, E.S. Malyseva, K.A. Nikitina**

## **ANALYSIS OF METHODS FOR MEASURING THE RESISTANCE OF BIOLOGICAL MATERIALS**

This article discusses the problem of finding the optimal method for measuring the human skin impedance, taking into account the electrical skin conductivity. Bioimpedance analysis is a method of studying biological materials that allows you to assess the composition of the body in a non-invasive, painless and safe way. Such research methods as analysis of literary sources, experiment were used. The evaluation of methods from various literature sources was carried out, their advantages and disadvantages were worked out. In the research, a model of a device for measuring the resistance of human skin was developed.

**Keywords:** bioimpedance, resistance, skin, non-invasive measurements.

Изучение состава тела человека на современном этапе является быстроразвивающимся направлением в медицине. Его используют для диагностики и оценки рисков развития заболеваний, построения тактики лечебных и реабилитационных мероприятий. Развитие подходов к диагностике, основанных на оценке состава тела, привело к появлению метода биоимпедансного анализа состава тела. Биоимпедансный анализ – это метод измерения электрической проводимости тканей человека, позволяющий оценить такие параметры организма, как жировая

масса, безжировая масса, активная клеточная масса, скелетно-мышечная масса, минеральная масса.

На данный момент многие измерения параметров организма человека можно произвести только инвазивным путем, что накладывает определенные сложности. Измерение такого параметра, как сопротивление кожи, позволило бы определять корреляции и влияние сопротивления кожи и исключать данную величину как погрешность из показаний неинвазивных устройств. Следовательно, задача исследования и разработки методов измерения сопротивления кожи является актуальной.

**Анализ существующих методов исследования биоимпеданса.** Первый прибор определяет сопротивление кожи биологического объекта путем измерения разности потенциалов и тока между установленными на биологическом объекте активным и неактивным электродами [1]. С целью устранения влияния внешнего электрического поля экранируют неактивный электрод, подключают токоприемный электрод над активным электродом и электрод, соединяющий биологический объект с нулевой шиной.

Второе устройство – скинометр [2]. Основой источника тока является двухканальный 12-разрядный ЦАП DAC2932. Однако ток от ЦАП нельзя подать непосредственно на выходные электроды по двум причинам. Во-первых, диапазон выходных напряжений ЦАП слишком мал. Во-вторых, на выходе ЦАП отсутствует возможность изменения направления протекания тока между электродами, поскольку выход ЦАП может служить только источником тока. Для решения перечисленных проблем были использованы каскады токовых зеркал, основанные на прецизионных комплементарных транзисторных парах.

**Недостатки существующих устройств.** Одним из минусов рассмотренных устройств является отсутствие возможности измерения отдельных компонентов кожи, таких как количество внутриклеточной и внеклеточной воды, обезжиренной и жировой массы. При создании модели устройства планируется учесть этот недостаток.

**Предлагаемый вариант устройства для измерения сопротивления кожи.** Сопротивление биологических тканей включает в себя две составляющие. Первая – реактивное сопротивление, создаваемое емкостью, которая образуется на границах тканей и клеточных мембран. Клетки действуют как конденсаторы, накапливающие электроны. Данная составляющая показывает безжировую массу тела и внутриклеточный объем. Вторая – активное сопротивление, которое создается

внутриклеточной и внеклеточной жидкостями. Предлагается устройство на основе платы AD5933 или ее аналогов. Данная плата имеет широкий диапазон частот, при которых можно измерять биоимпеданс. Для первой итерации экспериментов планируется использовать RLC-метр, для определения в первом приближении зависимостей частоты от сопротивления. Схема подключения устройства представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема устройства

**Одночастотный анализ.** Используется фиксированная частота 50 кГц. Электрический ток инжектируется через электроды, приложенные к участкам кожи. Данное исследование позволяет оценить средневзвешенную сумму внеклеточной и внутриклеточной воды, свободную массу жира.

**Многочастотный анализ.** Проводится на частотах 20 кГц. Использует эмпирические модели линейной регрессии. Используется для оценки обезжиренной массы, общего количества воды в организме, объемов внутриклеточной и внеклеточной воды.

**Анализ диапазона частот стабилизации сопротивления.** Гипотеза. При определенной частоте сопротивление на разных участках кожи станет равным.

Для первого приближения была разработана схема стенда и методика измерения сопротивления кожи человека при различных частотах (рис. 2). Тестовый стенд состоит из источника питания, магазина сопротивлений с диапазоном 1–10 000 Ом.

**Методика проведения эксперимента:** человек берется за электроды, вместо сопротивления  $Z_x$ . Далее с помощью магазина подбирается сопротивление таким образом, чтобы напряжение  $V_0$  было в два раза меньше, чем  $V_x$ . Для набора статистики эксперимент проводился на двух людях.

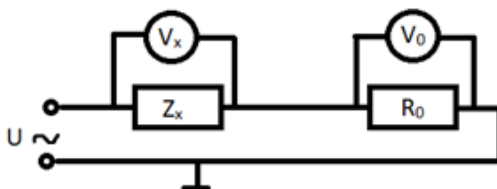


Рис. 2. Схема для измерения сопротивления человека

В таблице приведены результаты измерения для двух людей. Измерения проводились на различных частотах при использовании одной руки человека и двух рук. На рис. 3 приведены соответствующие графики для этих измерений.

Результаты измерения сопротивления кожи

| Частота, кГц | 1-й человек    |               | 2-й человек    |               |
|--------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
|              | Одна рука, кОм | Две руки, кОм | Одна рука, кОм | Две руки, кОм |
| 20           | 1,5            | 2,4           | –              | –             |
| 30           | 1,2            | 1,9           | –              | –             |
| 40           | 1,1            | 1,8           | –              | –             |
| 50           | 0,81           | 1,7           | 0,7            | 1,7           |
| 60           | 0,7            | 1,6           | 0,7            | 1,7           |
| 70           | 0,7            | 1,6           | 0,7            | 1,6           |
| 80           | 0,7            | 1,7           | 0,7            | 1,6           |
| 82           | 0,6            | 1,7           | 0,52           | 1,6           |
| 85           | 0,61           | 1,6           | 0,5            | 1,7           |
| 87           | 0,61           | 1,8           | 0,56           | 1,6           |
| 90           | 0,6            | 1,6           | –              | –             |
| 100          | 0,7            | 1,8           | –              | –             |

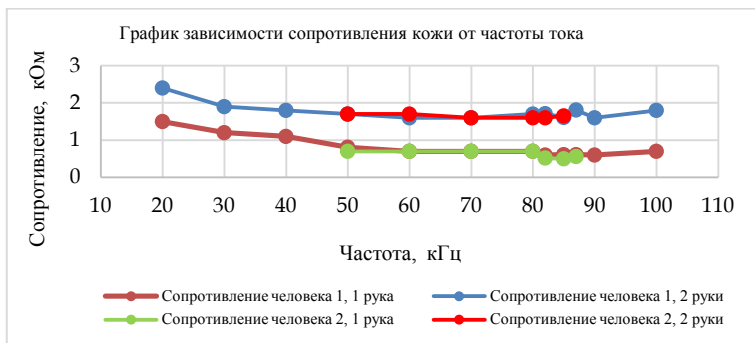


Рис. 3. Графики результатов эксперимента

F-тест на равенство дисперсий. Предположим, что выборки однородны и их закон распределения нормальный. Имеется две выборки объемом 14 и 9 измерений. Дисперсии выборок для сопротивления первого человека при измерении через одну руку  $S_{1.1}^2 = 0,175$ , через две руки –  $S_{1.2}^2 = 0,523$ . Дисперсии выборок для сопротивления второго человека при измерении через одну руку  $S_{2.1}^2 = 0,105$ , через две руки –  $S_{2.2}^2 = 0,673$ . Статистика теста для первого человека  $F_1 = 2,997$ . Статистика теста для второго человека  $F_2 = 6.435$ . Оба значения статистики теста меньше табличного  $F_{\text{табл}} = 19$ , следовательно, выборки однородны.

В результате исследования в требуемом диапазоне частот не удалось найти частоту, при которой сопротивление было бы одинаковым. На графиках заметны значительные отклонения, приблизительно в два раза. Соответственно, для данного случая решить проблему различных сопротивлений частотным способом не представляется возможным. В последующих исследованиях планируется доработать методику проведения эксперимента, рассмотреть больший диапазон частот.

### **Библиографический список**

1. Немировский А.Б., Соколов А.Г., Марков В.А. Способ измерения сопротивления кожи биологического объекта.
2. Высокочувствительный сенсор электрического сопротивления кожи человека / А.К. Платонов, Н.С. Сербенюк, О.В. Трифонов, В.С. Ярошевский. – Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2012. – 20 с.

### **Сведения об авторах**

**Глухова Ольга Андреевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРРС-20-16, г. Пермь, e-mail: ogluk02@mail.ru

**Малышева Елена Сергеевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРРС-20-16, г. Пермь, e-mail: elenamalyseva349@gmail.com

**Никитина Ксения Андреевна** – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: ksu2317@yandex.ru

**Г.Ф. Масич, Н.А. Добрынин**

## **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МОДЕРНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРИИ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАФЕДРЫ ИТАС**

Анализируется процесс выполнения практических работ группой студентов на существующем в лаборатории сетевом оборудовании и на основе выявленных проблем предлагаются организационно-технические способы их решения. Данный материал продолжает серию работ, посвященных повышению качества образовательного процесса по сетевой тематике.

**Ключевые слова:** шаблон, командный интерфейс, маршрутизатор, коммутатор, модернизация, сетевая лаборатория, визуализация.

**G.F. Masich, N.A. Dobrynin**

## **DEVELOPMENT OF THE PROJECT FOR MODERNIZATION OF THE LABORATORY OF NETWORK TECHNOLOGIES OF THE DEPARTMENT ITAS**

Nowadays, great attention is paid to the training of qualified personnel, including in the IT industry. To train such specialists, educational institutions must have specially designed laboratories that use the most modern technologies and equipment. However, it is necessary to take into account that they remain relevant to modern needs, it is necessary to regularly upgrade equipment and software. In this paper, we will consider the process of upgrading a network laboratory, including the selection of optimal technologies and equipment, the laying of a new cable infrastructure, as well as the introduction of new features and capabilities.

**Keywords:** template, command interface, router, switch, upgrade, network lab, visualization.

**Существующий подход к выполнению лабораторных работ.** Понятно, что практические занятия могут выполняться как на реальном сетевом оборудовании, так и на симуляторах или эмуляторах. В статье [1] также отмечается, что в разработанном способе проведения лабораторных работ, апробированном в рамках классического курса в вузах «Сети и телекоммуникации», используется шаблонный подход, который позволяет без знания синтаксиса и семантики языка конфигурирования сетевого оборудования выполнять лабораторные работы. Существенный плюс шаблонного подхода – отсутствие затрат времени на изучение языка конфигурирования, который для устройств разных

производителей разных, позволяет в рамках отведенных на курс часов выполнить работы по основным протоколам второго и третьего уровней модели OSI. Основные требования к студенту – знание излагаемой на лекциях теории предметной области и четкое следование инструкциям в заготовленных шаблонах при проведении лабораторных работ. Основная цель подхода – стимулировать у студента интерес к изучаемому предмету.

**Суть группового выполнения одной лабораторной работы.** Сеть передачи данных (СПД) – это совокупность коммутаторов и маршрутизаторов, связанных физическими средствами соединений. В учебной лаборатории для работы с сетью необходимо обеспечить каждому студенту доступ к активному устройству, с которым он будет взаимодействовать. Как правило, это 4 коммутатора и 4 маршрутизатора, плюс 4–6 компьютеров, подключенных к СПД. Итого 12 активных устройств, за которыми закреплено 12 студентов. Важнейшим элементом успешного выполнения учебной задачи является грамотно организованная работа студентов, в которой каждый из участников обладает ясным пониманием своей роли и задачи. Каждый студент должен правильно настроить свое сетевое устройство в соответствии со своим заданием и видеть состояние настроек, выполняемых другими студентами, а также результаты тестирования функционала СПД. Исходя из этого, необходимо обеспечить согласованную работу студентов, предоставив каждому из них возможность видеть работу каждого члена группы и четко знать, что делать в каждый момент времени. Это можно сделать путем создания удобной и эффективной системы визуализации, которая обеспечит любому участнику доступ к необходимой информации и даст ясное представление об общей работе коллектива.

**Опыт группового выполнения лабораторных работ** (на примере ауд. 128 кА). Крайне важно, чтобы каждый студент понимал свою роль в процессе обучения. Студенты должны иметь четкое представление о целях лабораторных работ.

**Визуализация.** Одного проекционного экрана, независимо от его характеристик, недостаточно для вывода конфигурационной информации для каждой задачи и для управления процессом выполнения коллективной работы. Эту проблему нехватки систем отображения часть студентов решала посредством своих ноутбуков, не понимая при этом, что делают другие студенты. Не имеющие своих ноутбуков студенты были наблюдателями и не участвовали в процессе конфигурирования

сетевого оборудования, поэтому критичными являются системы отображения. В рамках проведенных работ найдено решение для установки двух больших экранов в сетевой лаборатории. Их установка позволит, скорректировав существующий информационный материал, найти место и время его отображения с целью внятного, приятного и осознанного соучастия в коллективной практической работе по настройке сети передачи данных.

**Топология СПД.** Всегда хочется в рамках одной работы осветить как можно больше аспектов сетевых сервисов посредством вариации сетевой топологии. Дооснащение маршрутизаторов дополнительными интерфейсными платами позволит создавать различные варианты заданий/топологий и проводить более сложные исследования, в том числе посредством механизма «зеркалирования» портов с целью анализа сетевого трафика. Например, путем использования анализатора протоколов типа Wireshark. Когда студенты видят потоки битов и их интерпретацию посредством анализаторов протоколов, это помогает им лучше понять, как функционируют сети и почему они надежны. Способствует дооснащению импортного оборудования в нашей сетевой лаборатории импортозамещение, поскольку относительно дешево можно купить сетевые устройства фирм Cisco, D-Link и т.д. Частично эту задачу кафедре ИТАС решила.

**Время.** Двух часов, отводимых на одну лабораторную работу, недостаточно, поэтому было предложено отводить на лабораторную работу 4–6 ч в день. Этот факт нашел понимание в корректировке расписании занятий.

**Работоспособность оборудования.** Интернет в целом и наш накопленный опыт проведения занятий подтверждают известную истину – сеть всегда должна работать. Неисправность оборудования может остановить учебный процесс, следовательно, наличие персонала с инженерно-техническими знаниями для обеспечения функциональности лабораторного сетевого оборудования имеет решающее значение. В случае неисправности проектора был использован спонсорский подход, чтобы оживить образовательный процесс.

**Пример топологии СПД.** Пример сети, ориентированной на групповое выполнение лабораторной работы, изображен на рис. 1. СПД состоит из четырех маршрутизаторов, связанных как по физическим линиям, так и через L2-облако из четырех коммутаторов. Ранее проводимые согласно учебному материалу [3, 4] лабораторные работы выполнялись

каждым студентом по отдельным темам (VLAN, Trunk, LACP, RIP, BGP4 и т.д.) и требовали от каждого студента огромных временных затрат на конфигурирование / настройку оборудования СПД. Предлагается распределить функционал настройки между участниками группы, с возможностью трансляции необходимого лекционного и методического материала на двух больших экранах, а также отображения необходимых конфигурационных шаблонов у каждого участника на его компьютере.

Для повышения эффективности группового выполнения лабораторных работ предлагается установить в компьютеры сетевую карту с двумя портами. Один порт будет обеспечивать доступ к консольному порту сетевого устройства, а второй порт будет использоваться для подключения к интернету и просмотра необходимого методического материала, такого как конфигурационные шаблоны, согласно роли студента в групповом проекте.

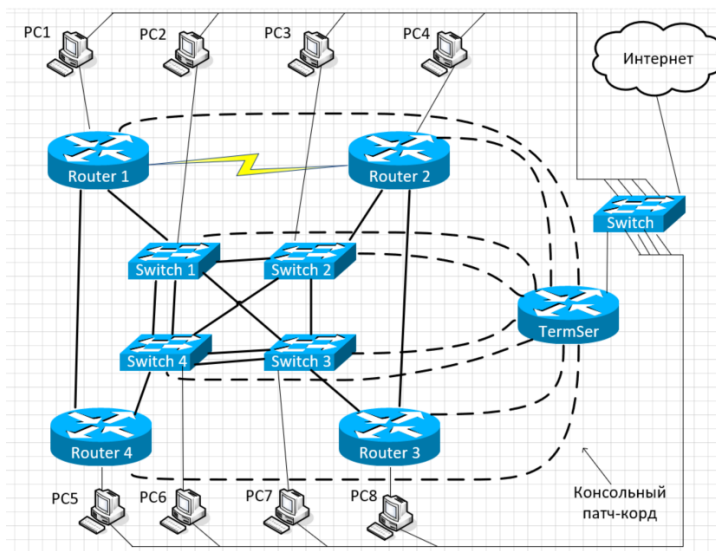


Рис. 1. Пример топологии сети для группового выполнения

### Предлагаемые технические решения

1. **Визуализация.** Предлагается приобрести проектор ViewSonic PA503W, который будет соответствовать размерам существующего проекционного полотна 355×200 см, что обеспечит максимальную четкость картинки. На противоположной стене аудитории (рис. 2) разме-

щается рекомендованный к покупке светодиодный экран 480×160 см с шагом пикселя 2,5 мм.

2. **Планировка.** Рабочие места студентов и экранов, размещенные согласно планировке на рис. 2, обеспечат студентам визуальный доступ к обоим экранам для отслеживания процесса выполнения работы.

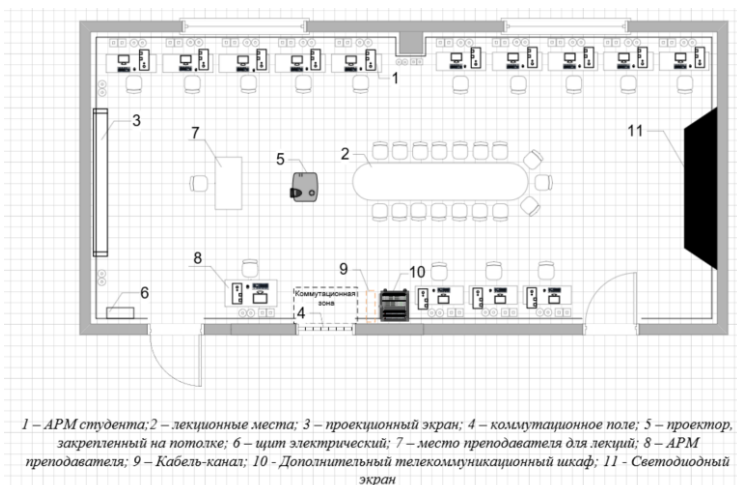


Рис. 2. Предлагаемая планировка лаборатории

3. **Компьютеры.** Как ранее упоминалось, необходимо каждый компьютер оснастить сетевыми картами ORIENT XWT-INT82L2PE, где один порт будет использоваться для подключения к консольным портам конкретного конфигурируемого устройства сети через терминальный сервер (см. рис. 1), а второй порт – для доступа через интернет к требуемому шаблону конфигурирования этого устройства.

4. **Топология.** Маршрутизирующее оборудование дооснастить интерфейсными платами Cisco HWIC-D-9ESW для обеспечения гибкости формируемых топологий сети передачи данных. Помимо этого, предлагается установка дополнительного настенного телекоммуникационного шкафа с активным сетевым оборудованием от производителя D-Link в целях тактильного восприятия сетевого оборудования, а студентам приобрести опыт работы с сетевым оборудованием D-Link. Данный шкаф оснащен коммутаторами 2-го и 3-го уровней, а компоновка стойки представлена на рис. 3.

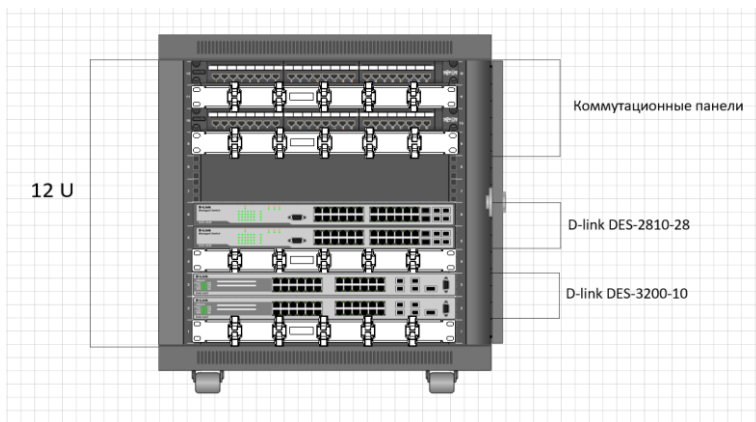


Рис. 3. Предлагаемая компоновка телекоммуникационного шкафа

**5. Финансовые затраты.** Ориентировочная стоимость модернизации сетевой лаборатории составляет 1 561 498 руб., в том числе средства визуализации общей стоимостью ~1 508 298 руб.

**Выводы.** Предложен групповой способ конфигурирования оборудования сети передачи данных, используемый при проведении лабораторных работ по сетевой тематике. Отличительные особенности подхода – распределение функций шаблонного конфигурирования сети между студентами, а также визуализация необходимой информации на больших экранах для координации совместной работы над проектом.

### Библиографический список

1. Масич Г.Ф., Морохин С.А. Шаблонный подход к выполнению лабораторных работ по сетевым технологиям на примере программных симуляторов и эмуляторов компании CISCO // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы Всерос. науч.-техн. конф., Пермь, 09–11 июня 2021 г.: в 2 т. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2021. – Т. 2. – С. 190–199.

2. Масич Г.Ф., Шерстобитов И.А. Анализ программного эмулятора сетевого оборудования GNS3 для дистанционного проведения лабораторных работ по сетевым технологиям // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы всерос. науч.-техн. конф., Пермь, 09–11 июня 2021 г.: в 2 т. – Пермь: изд-во

Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2021. – Т. 2. – С. 210–215.

3. Масич Г.Ф. Сети передачи данных: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. – 191 с.

4. Масич Г.Ф. Лабораторные работы [Электронный ресурс]. – URL: <https://masich.ru/lab-joob.html> (дата обращения: 22.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Масич Григорий Федорович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, заведующий лабораторией Института механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, e-mail: [masich@icmm.ru](mailto:masich@icmm.ru)

**Добрынин Никита Александрович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: [nikitadobrynin56@gmail.com](mailto:nikitadobrynin56@gmail.com)

**А.В. Духанин, Д.С. Курушин**

## **О ВОЗМОЖНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАГОТОВКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НА РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ CNC-СТАНКА**

Рассматривается возможный подход к решению задачи об интеллектуальной идентификации местоположения контура заготовки печатной платы на рабочей области CNC-станка. Описываются другие методы позиционирования заготовки. Приводится пример решения задачи на платформе CNC-станка под управлением Raspberry Pi. Разработанный алгоритм позволит сократить время получения координат заготовки для работы станка.

**Ключевые слова:** изготовление печатных плат, CNC-станок, идентификация рабочей области, OpenCV, Canny, Python, Raspberry Pi.

**A.V. Dukhanin, D.S. Kurushin**

## **ABOUT A POSSIBLE APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF INTELLIGENT IDENTIFICATION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD BLANK ON THE WORKING AREA OF A CNC MACHINE**

A possible approach to solving the problem of intelligent identification of the location of the circuit of the printed circuit board blank on the working area of the CNC machine is considered. Other methods of positioning the workpiece are described. An example of solving the problem on the platform of a CNC machine running Raspberry Pi is also given. Practical significance: the developed algorithm will reduce the time to obtain the coordinates of the workpiece for the operation of the machine.

**Keywords:** PCB manufacturing, CNC-machine, Workspace identification, OpenCV, Canny, Python, Raspberry Pi.

При мелкосерийном или штучном изготовлении электронного оборудования одним из этапов является изготовление печатной платы – изделия, состоящего из плоского изоляционного основания с отверстиями, пазами, вырезами и системой проводников, которое используют для установки компонентов в соответствии с электрической принципиальной схемой. Достаточно часто на этом этапе заготовку печатной платы изготавливают методом фрезеровки и сверления на CNC-станке. Для наилучшего качества полученной платы требуется точное

определение координат расположения заготовки. Высокая точность определения позволяет производить обработку детали с двух сторон, что необходимо для большинства изделий.

**Обзор аналогов.** Исследователи из Орхусского университета [1] разрабатывают систему ЧПУ для лазерного резака на основе комбинирования маркеров и дополненной реальности. Система основана на подходе WYSIWYG (*от англ. What You See Is What You Get* – что видите, то и получаете), где проектор используется для отображения текущих контуров, а маркеры используются для установки его положения в рабочей области. Наряду с этим специалисты университета Кейо [2] расширяют функциональность фидуциальных маркеров для лазерного резака. Чтобы установить параметры резки, они размещают набор маркеров опорных точек рядом с заготовкой, в том числе метки, связанные с материалом, порядком операций и командами. В работе [3] описан способ обнаружения ошибок контура на основе машинного зрения. Разработан специальный измерительный прибор с нанесенными на него маркерами, который позволяет измерять погрешность контура без сетчатого датчика. В работе [4] предлагается метод прямой симуляции обрабатывающего инструмента станка. Здесь маркеры используются для определения положения инструмента и заготовки; дополненная реальность – для моделирования траектории инструмента при обработке.

**Обзор трехкоординатной установки CNC-станка для производства печатных плат.** Помимо стандартных компонентов трехкоординатной системы (шаговые двигатели, рабочий стол, инструмент) на установке (рис. 1) присутствуют две камеры – общего вида и уточняющая, которые являются компонентами системы технического зрения для определения координат заготовки. Камера общего вида жестко закреплена на станке и обозревает рабочую область целиком, что обеспечивает повторяемость обработки. Уточняющая камера жестко закреплена на хоботе станка, что позволяет проводить измерения в произвольном месте рабочего стола и обеспечивает неизменность расстояния от оптической оси камеры до оси вращения инструмента.

Все вычисления и управление шаговыми двигателями выполняются на микрокомпьютере Raspberry Pi [7]. Система разрабатывалась на языке программирования Python 3.9 [8] при использовании библиотеки OpenCV 4.1.8 [9] для работы с техническим зрением, библиотека RPi.GPIO [11] для работы с универсальными портами ввода-вывода

микрокомпьютера, которые управляют механикой станка. Вышеописанные инструменты и средства продиктованы условиями технического задания.

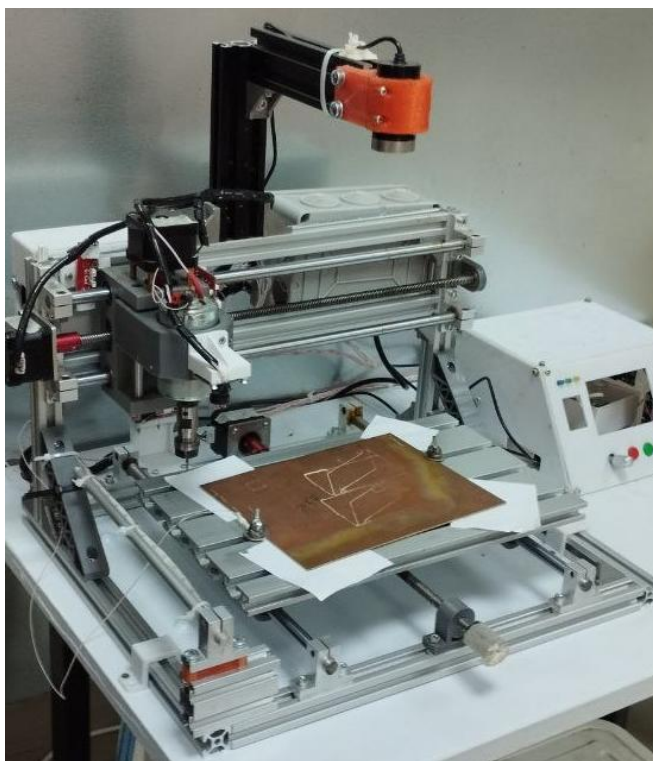


Рис. 1. Трехкоординатная установка CNC-станка  
для производства печатных плат

**Алгоритм работы системы.** С учетом поставленной задачи и имеющихся средств был разработан алгоритм работы системы идентификации заготовки печатной платы (рис. 2).

На первом этапе происходит исправление перспективы изображения общего вида рабочей области.

Для исправления перспективы съемка велась таким образом, чтобы рабочий стол помещался в поле зрения камеры с достаточными «полями», затем в графическом редакторе были получены фактические координаты четырех углов стола и требуемые координаты для исправления

перспективы, из полученных данных строилась матрица преобразования при помощи функции `cv2.getPerspectiveTransform (src, dst)` [9]. При ее применении к изображению, а также пропустив изображение через функцию `cv2.warpPerspective (src, M, dsize)` [9], мы получаем изображение в нужной проекции. Остается только обрезать изображение по контуру рабочего стола и передать его следующим функциям системы.

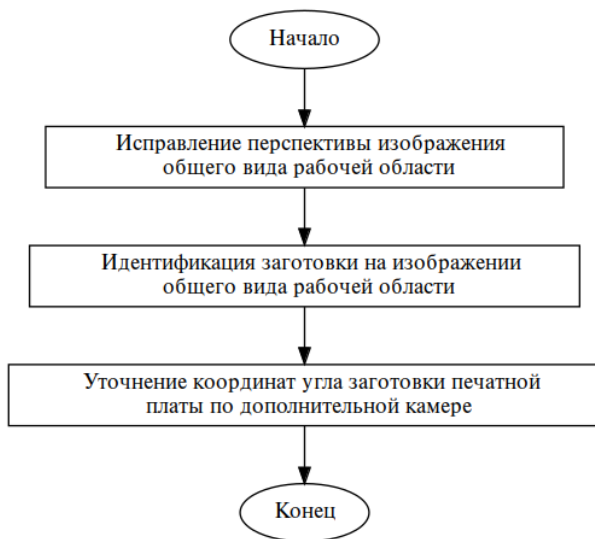


Рис. 2. Алгоритм работы системы идентификации заготовки печатной платы

На втором этапе выполняется идентификация положения заготовки на изображении общего вида рабочей области. В работе [5] рассмотрено решение подобной задачи, но в условиях нашей задачи мы можем упростить работу, так как мы знаем размер заготовки (заготовки печатных плат имеют известные параметры ширины, высоты и толщины) [10]. Применяв функцию `cv2.findContours()` [9], мы получим список всех найденных на изображении контуров. Посчитав диагональ, меньшую и большую стороны каждого контура, и зная диагональ, меньшую и большую стороны искомого, выбираем нужный контур и передаем координаты углов контура следующим функциям системы (рис. 3).

На последнем этапе необходимо выполнить уточнение координат угла заготовки печатной платы по дополнительной камере. Получив на

предыдущем шаге координату угла контура, необходимо переместить центр камеры по этой координате и получить снимок. Последующие алгоритмы потребуют работу с изображением в двухканальном представлении. Для этого применим к исходному изображению функцию `cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)` [9], где `img` – это исходное изображение, а `cv2.COLOR_BGR2GRAY` – требуемый цветовой фильтр.

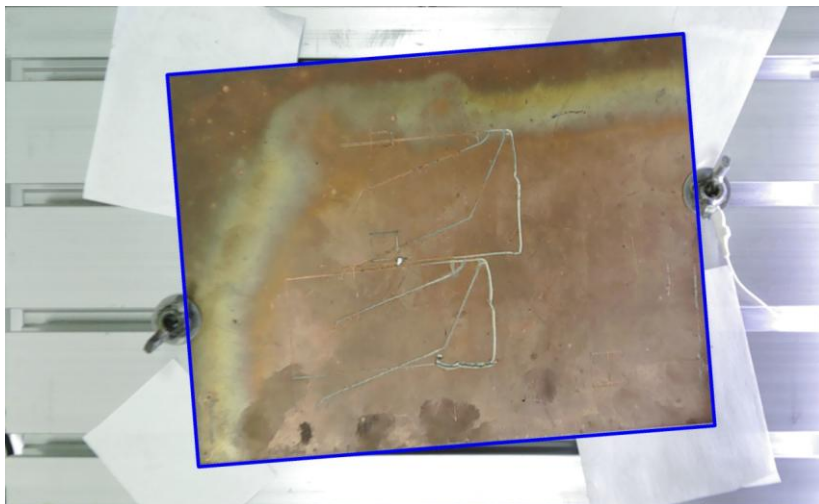


Рис. 3. Результат идентификации контура заготовки печатной платы по изображению с камеры общего вида

В работе [5] приведено преимущество использования метода сегментации Канни [6], который мы и применим к нашему изображению, получив изображение с краями. Эту информацию необходимо отдать на обработку функции `cv2.HoughLinesP` [9], которая отдаст нам все линии на изображении. Далее разделим линии на две группы: те которые «более горизонтальные», и те, которые «более вертикальные». Мы можем так поступить, так как заготовка изначально имеет прямоугольную форму. Из каждой группы необходимо методом кластеризации выбрать линию, вокруг которой будет больше всего точек, образующих контуры. Эти линии и будут образовывать вертикальный и горизонтальный края заготовки. Наконец, надо определить точку пересечения этих линий – это угол платы, а также посчитать смещение относительно центра снимка.

Далее, переместив камеру на найденное смещение, повторяем вышеописанную процедуру, пока смещение не составит меньше, чем одна десятая доля миллиметра. Повторяем все это с остальными углами, получая уточненное значение углов заготовки (рис. 4). Полученные координаты передаются следующим системам управления CNC-станка.

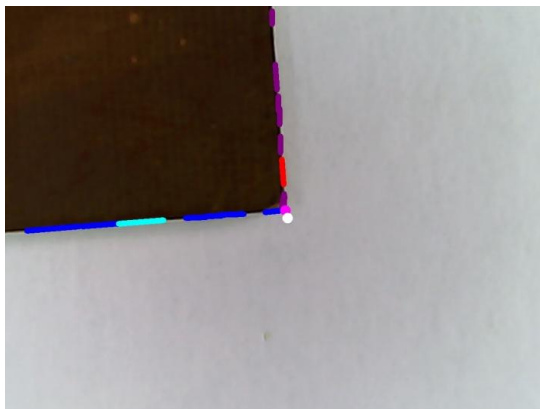


Рис. 4. Результат идентификации угла заготовки печатной платы по изображению с уточняющей камеры

**Выводы.** В данной работе было рассмотрено решение задачи идентификации положения заготовки печатной платы на рабочей области CNC-станка. Точность определения координат составила менее одной десятой миллиметра, что достаточно для создания большинства мелкосерийных изделий. Алгоритм работает полностью в автоматическом режиме, а полученной точности достаточно для обработки детали с двух сторон.

### Библиографический список

1. Winge K., Haugaard R., Merritt T. Val: Visually augmented laser cutting to enhance and support creativity // IEEE Intern. Symp. on Mixed and Augmented Reality – Media, Art, Social Science, Humanities and Design (ISMAR-MASH'D). – 2014. September. – P. 31–34.
2. Marcut: Marker-based laser cutting for personal fabrication on existing objects / T. Kikuchi, Y. Hiroi, R. Smith, B. Thomas, M. Sugimoto // TEI 2016 – Proc. of the 10th Anniversary Conf. on Tangible Embedded and Embodied Interaction. Association for Computing Machinery. – 2016. – P. 468–474.

3. A monocular-vision based contouring error detection method for CNC machine tools / X. Li, W. Liu, Y. Pan, H. Li, X. Ma, Z. Jia // IEEE Intern. Instrumentation and Measurement Technology Conf. (I2MTC). – 2018. May. – P. 1–6.
4. Kiswanto G., Ariansyah D. Development of augmented reality (ar) for machining simulation of 3-axis cnc milling // Intern. Conf. on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS). – 2013. – P. 143–148.
5. Зайникова В.Р., Зыкин С.А., Файзрахманов Р.А. Алгоритм нахождения контура делового остатка нестандартной формы по цифровой фотографии средствами языка программирования Python на основе библиотеки компьютерного зрения Opencv // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 35. – С. 133–151.
6. Canny J.E. A computational approach to edge detection // IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – No. 8. – P. 679–698.
7. Raspberry Pi Documentation. – URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/> (accessed 16 May 2023).
8. Our Documentation | Python.org. – URL: <https://www.python.org/doc/> (accessed 16 May 2023)
9. OpenCV: OpenCV-Python Tutorials. – URL: [https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial\\_py\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html) (accessed 16 May 2023).
10. Макетные платы и стеклотекстолит | купить в розницу и оптом [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/breadboards> (дата обращения: 16.5.2023).
11. Rpi.GPIO. – URL: <https://sourceforge.net/projects/raspberry-gpio-python/> (accessed 16 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Духанин Алексей Владиславович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: [duhanin.av0404@gmail.com](mailto:duhanin.av0404@gmail.com)

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [dan973@ya.ru](mailto:dan973@ya.ru)

**Г.А. Килин, К.Г. Зайцев**

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Исследуется архитектура построения программного комплекса для дефектоскопии крупных и длинномерных технологических систем. Основой комплекса служат отдельные блоки, базирующиеся на библиотеках компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Поясняются основные моменты, касающиеся алгоритмов работы и компоновки программы.

**Ключевые слова:** нейронные сети, сети свертки, распознавание объектов, дефектоскопия.

**G.A. Kilin, K.G. Zaitsev**

## **SOFTWARE COMPLEX FOR DEFECTOSCOPY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

In this article explores the architecture of building a software package for flaw detection of large and lengthy technological systems. The complex is based on separate blocks based on computer vision and artificial intelligence libraries. The main points concerning the algorithms of work and the layout of the program are explained.

**Keywords:** neural networks, convolution networks, object recognition, flaw detection.

На данный момент количество нейронных сетей и способов их применения увеличивается с огромной скоростью. И любой человек, имеющий доступ в интернет, в той или иной мере контактирует с данной технологией в виде голосовых помощников, алгоритмов подбора контента и рекламы, алгоритмов создания картинок по описанию, анализу рукописного текста и голоса, а также распознавания лиц. Но помимо этих вариантов возможно применение нейронных сетей и в других областях. Например, для дефектоскопии и распознавания объектов, применимых на различных предприятиях для автоматизации и стандартизации выпуска продукции [3], ускорения участков производства, связанных с проверкой продукции на дефекты. Помимо всего прочего, очень сложной промышленной операцией по количеству вложенных средств, человеко-ресурсов и времени является инспекция длинномерных технологических конструкций, к которым относятся ЛЭП, газо- и нефтепроводы, автодорожные и мостовые конструкции и т.д. Ввиду этого все чаще для решения дан-

ных задач применяются нейронные сети. И на основе этой технологии нами ведутся разработки автоматизированного программного комплекса, способного с помощью изображений с камер фиксации делать выводы о наличии или отсутствии дефектов на таких технологических объектах, как ЛЭП, нефте- и газопроводы.

Весь программно-аппаратный комплекс можно разбить на основные блоки, контактирующие между собой по определенным алгоритмам. Для начала следует аппаратное разбиение: на устройство фиксации, представляющее собой любое оборудование, оснащенное камерой, будь то беспилотные / пилотируемые аппараты, спутники дистанционного зондирования и т.п.; и рабочую станцию с программным комплексом. Подобная компоновка позволяет не ограничиваться вычислительными мощностями носителя камеры, а выполнять все вычисления на внешней ЭВМ. Это позволяет использовать абсолютно любой способ фиксации, и, как следствие, увеличивается универсальность применения. В силу данных аппаратных решений между камерой и программой не существует особого протокола связи, и информация передается либо в видеопакете в формате MP4, либо в фотопакете в формате JPG. И вот здесь стоит уточнить, что для работы нейронной сети необходима информация в числовом виде в промежутке от 0 до 1. А мы имеем фото или видео.

Следовательно, нам нужно превратить изображение в последовательность, принадлежащую искомому промежутку. Для этой цели прекрасно подходит библиотека с открытым исходным кодом OPEN CV и ее производные. Но также следует отметить, что при работе с видео быстроедействие программы может уменьшаться в силу следующих факторов: преобразования каждого кадра (а при частоте 30 кадров/с и длительности в 3 минуты это порядка 5400 изображений), при преобразовании также применяется ресурсоемкое преобразование типа данных из Mat в BufferedImage, занимающее львиную долю времени; также перед блоком преобразования изображения в массив типа double (а именно его мы должны получить для дальнейшей работы) существует возможность подключения блока с использованием библиотеки BOOFCV, также базирующегося на OPEN CV. Этот код позволяет преобразовать потоковую фото- или видеосъемку в так называемые сшитые изображения с возможным повышением качества отснятого материала. Но наиболее оптимальным является применение фотофиксации по следующим причинам: отсутствие дополнительных шагов в обра-

ботке, возможность записи в метаданные координат снимка и другие необходимые данные, уменьшение количества повторяющихся кадров и, как следствие, увеличение быстродействия программного комплекса. После этапа преобразования изображения в массив типа `double` данные можно «скармливать» нейронной сети. Но перед этим, помимо наличия самой нейронной сети самописной или из популярных библиотек искусственного интеллекта, необходимо эту самую сеть обучить на примере уже промаркированных данных [1, 2]. Вследствие обучения мы сводим бесконечное количество псевдослучайных значений  $N$ -го количества весов к допустимым по итогам тестов значениям. И так как каждую итерацию обучения значение весов меняется к концу, мы имеем множество работающих конфигураций нейронной сети; по среднеквадратичному отклонению мы определяем наиболее продуктивную и работоспособную версию, которую мы сохраняем и используем в дальнейшем. На вход нейронной сети подается массив типа `double`, полученный из изображения, причем количество пикселей изображения равно количеству ячеек массива и количеству входных нейронов. Количество выходных нейронов выбирается еще на фазе обучения и зависит от выбранного количества параметров, по которым будет происходить распознавание и классификация изображения.

По итогу экспериментов основными архитектурами, подходящими для наших целей, являются нейронные сети обратного распространения и сети свертки [4]. Первый вид представляет собой древовидную структуру, где от входных нейронов к выходным уменьшается их число в слое, а между слоями во время обучения создаются необходимые связи. Второй вид можно представить в виде объемной четырехгранной пирамиды, где входной слой – двумерная развертка, идентичная изображению [5, 6]. В соответствии с координатой пикселя, на нейрон с теми же координатами подается числовое значение. Уменьшение количества значений из входного слоя происходит благодаря объединению рядом расположенных значений в одно посредством перемещающегося по слою ядра сумматора, которое передает на следующий нейронный слой эти усредненные значения, и, сведя количество данных до необходимого, мы получаем выходной слой [7]. По результатам экспериментов вследствие большего количества изменяемых параметров в сетях свертки скорость их обучения и необходимое количество итераций значительно выше по сравнению с сетями обратного распространения. Соответственно, и время для введения нейронной сети в строй повышается. При этом скорость

работы в режиме анализа изображения отличается незначительно, и существенно отличается только на больших объемах данных.

Однако получение выходных данных из нейронной сети – это не конец процесса обработки. Поскольку возможны ложные срабатывания, необходимо провести фильтр-анализ выходного массива. Основывается эта процедура на наложении изображений, т.е. одно и то же место должно находиться на нескольких снимках, и если нейронная сеть показывает, что на одной из фотографий существует проблема, то в большинстве случаев это ложное срабатывание, которое следует проанализировать (также возможно дообучить сеть на этих данных) и исключить из выхода. И после этого блока уже чистые данные можно предоставить человеку. А если быть точнее, то человеку не обязательно видеть все данные, необходимыми для предоставления являются данные, в которых блок нейронных сетей нашел ошибку и блок анализа это подтвердил, и также в случае, если сеть не смогла отнести данные к той или иной категории или же перевес незначителен, то такие данные подлежат проверке человеком.

Таким образом, на данной архитектуре мы можем получить работающий универсальный программный комплекс, способный выполнять задачи класса распознавания и идентификации. При этом за счет применения готовых библиотек кода время создания программного продукта сокращается в разы. И за сравнительно небольшой промежуток времени мы можем создать полностью функционирующий комплекс, способный решать широкий спектр задач.

### **Библиографический список**

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008.
2. Роберт К. Основные концепции нейронных сетей: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001.
3. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления / Н.Д. Егупов [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
4. Друки А.А. Применение сверточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном // Известия Томск. политехн. ун-та. – 2014. – Т. 324, №. 5. – С. 85–92.

5. Солдатов О.П., Гаршин А.А. Применение сверточной нейронной сети для распознавания рукописных цифр // Компьютерная оптика. – 2010 – Т. 34, № 2. – С. 252–259.

6. Дорогой Я.Ю. Архитектура обобщенных сверточных нейронных сетей // Вісник Національного технічного університету України. – 2011. – №. 54. – С. 229–234.

7. Нгуен Т.Т.К. Обнаружение и распознавание текстов на изображениях сложных графических сцен с помощью сверточных нейронных сетей // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – № 13. – С. 125–130.

### **Сведения об авторах**

**Килин Григорий Александрович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: thisisforasm@rambler.ru

**Зайцев Кирилл Германович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭЭ-21-46, г. Пермь, e-mail: zayzewkirill03@gmail.com

**Р.А. Зиятдинов, О.Л. Викентьева**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
КОМАНДНОЙ РАБОТОЙ СТУДЕНТОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ  
ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ**

В процессе обучения при разработке программных проектов студентам часто приходится работать в команде. Преподавателю в такой ситуации важно осуществлять контроль и мониторинг за ходом выполнения проекта с целью получения информации об итоговом вкладе студента в командную разработку. Рассматривается анализ предметной области работы преподавателя со студентами в ходе командной разработки программных проектов и проектирование прототипа информационной системы для управления командной работой студентов.

**Ключевые слова:** информационная система, командная работа, студент, преподаватель, менеджер, проект, роль, задача, диаграмма прецедентов, диаграмма последовательности.

**R.A. Ziyatdinov, O.L. Vikentieva**

**INFORMATION SYSTEM PROTOTYPE DESIGN  
AND DEVELOPMENT FOR MANAGEMENT THE TEAM  
WORK OF STUDENTS IN THE IMPLEMENTATION  
OF SOFTWARE PROJECTS**

Students often have to work in teams during the process of learning when developing software projects. In such a situation it is important for a teacher to control and monitor the progress of the project in order to obtain information about the student's final contribution to the team work. The subject area of teacher's work with students during team development of software projects and designing a prototype of an information system to manage students' teamwork is analyzed in this article.

**Keywords:** information system, teamwork, student, teacher, manager, project, role, task, use case diagram, class diagram.

В процессе обучения при разработке проекта студентам часто приходится работать в команде. Преподавателю в такой ситуации сложно персонально оценивать студента, когда неизвестно, выполнением каких задач занимался каждый участник команды и сколько времени тратил на реализацию. Для этого необходим инструмент, который мог бы автоматизировать процессы создания, мониторинга, распределения и вы-

полнения задач, а также позволил бы преподавателю получать подробную информацию о вкладе каждого студента в командный проект.

Актуальность данной темы продиктована следующими целями:

- контроль и мониторинг хода выполнения проекта преподавателем;
- верификация требований к разрабатываемому проекту между преподавателем и студентами;
- возможность распределения задач между студентами и проверки их выполнения преподавателем на основе согласованных требований.

На первом этапе необходимо выполнить анализ существующих бизнес-процессов в работе преподавателя со студентами. Объектом исследования является процесс работы преподавателя со студентами в ходе командной разработки программных проектов.

На рис. 1 приведена модель бизнес-процессов командной работы студентов на момент исследования.

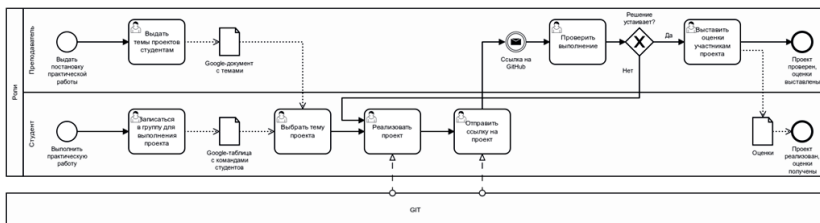


Рис. 1. AS-IS модель командной работы студентов над проектом в нотации BPMN

Основная существующая проблема заключается в невозможности преподавателя проконтролировать ход выполнения проекта студентами и оценить итоговый вклад в проект каждого участника команды.

В результате анализа действующего процесса также выявлены следующие недостатки:

- отсутствие процесса верификации требований к разрабатываемому проекту между преподавателем и командой студентов;
- процесс разработки не декомпозируется на задачи для поэтапной реализации проекта;
- отсутствие учета затраченного времени.

Существующие программные продукты, например, такие как Asana, Todoist, Trello, предлагают обширный функционал по распределению задач и фиксации затраченного времени. Данные инструменты работают по одному принципу – менеджер проекта формирует задачи

для команды, участники команды выполняют назначенные задачи и фиксируют время. В командной работе студентов выделяется три роли: преподаватель, менеджер и студент.

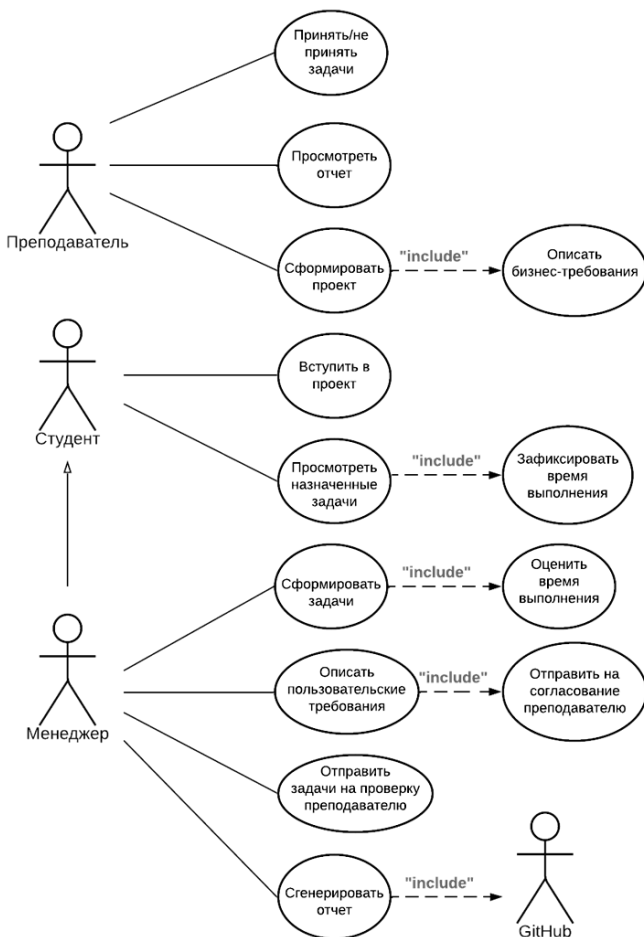


Рис. 2. Диаграмма прецедентов разрабатываемой системы для управления командной работой студентов

Преподаватель выступает в качестве руководителя проекта, который формирует проблему и обозначает бизнес-требования к проекту. В качестве менеджера выступает один из студентов, в функции которого входит формирование пользовательских требований к проекту и согласо-

ние их с преподавателем, а также создание и распределение задач между участниками проекта и их дальнейшая отправка на проверку. Участники команды проекта – студенты – выступают в качестве исполнителей задач. Важной составляющей в процессе командной работы студентов над проектом является верификация требований. Менеджер проекта формирует и согласовывает пользовательские требования в соответствии с бизнес-требованиями, которые определил преподаватель.

Таким образом, по выявленным требованиям на этапе анализа была спроектирована диаграмма прецедентов разрабатываемой системы, представленная на рис. 2. Подробное описание одного из прецедентов «Сгенерировать отчет с GitHub» представлено в виде диаграммы последовательности на рис. 3.

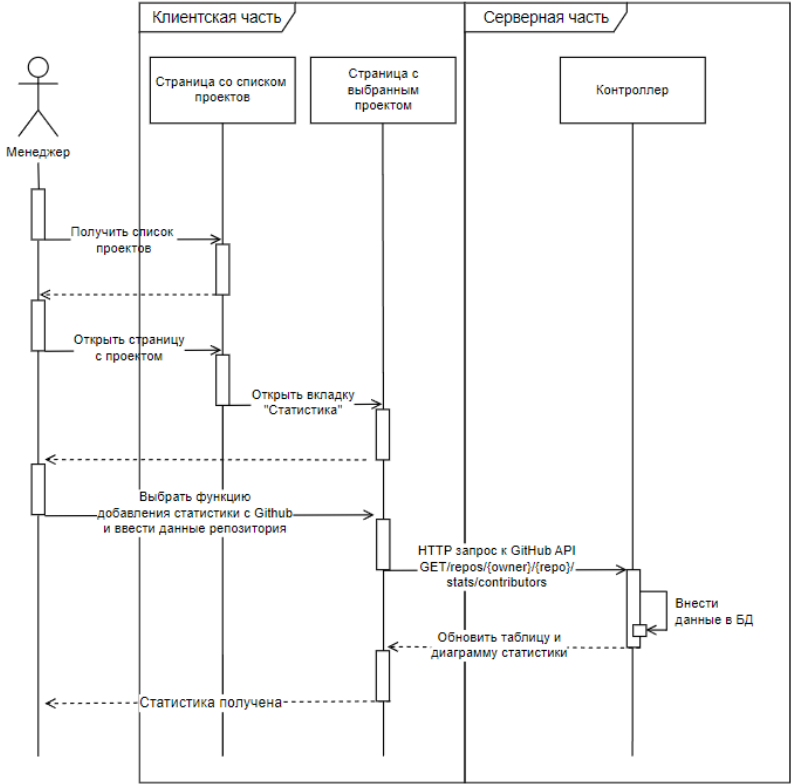


Рис. 3. Диаграмма последовательности «Получение статистики с GitHub» в нотации UML

На рис. 4 приведен пример интерфейса системы – статистика команды с репозитория на GitHub.

Статистика включает количество коммитов, количество добавленных и удаленных кодов, а также процент изменений каждого участника команды.

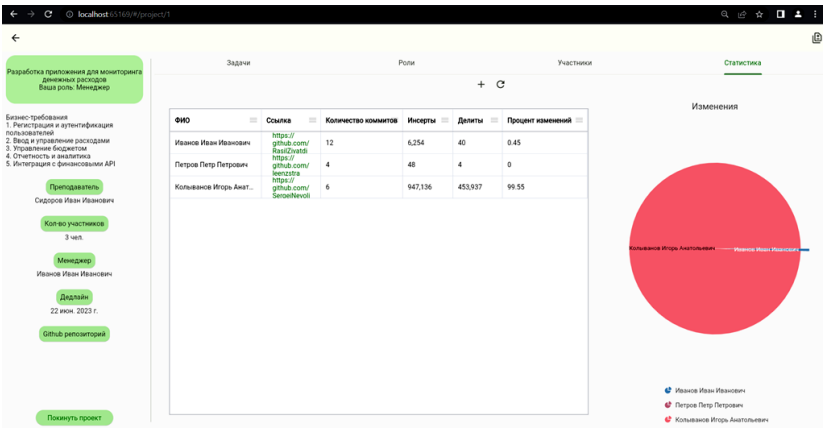


Рис. 4. Статистика команды проекта с репозитория на GitHub

На рис. 5 приведен пример интерфейса системы – статистика состояния задач и затраченного времени студентов на разработку.

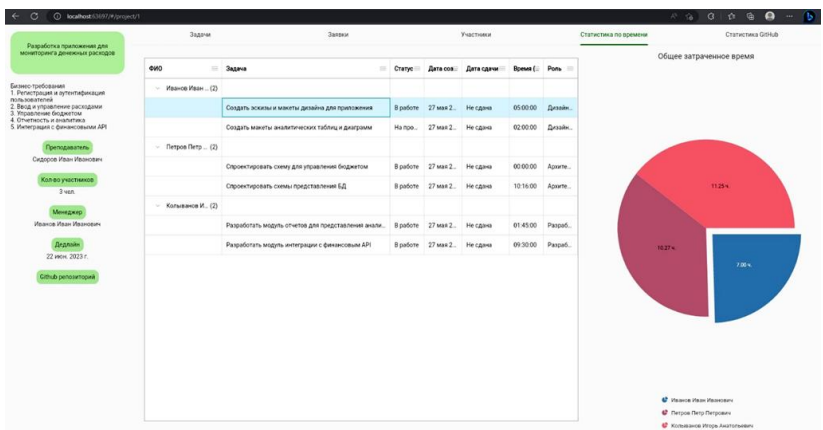


Рис. 5. Статистика состояния задач и затраченного времени студентов

У преподавателя есть возможность принять или отклонить требования к проекту, сформированные студентами. На рис. 6 представлено диалоговое окно с пользовательскими требованиями к проекту.

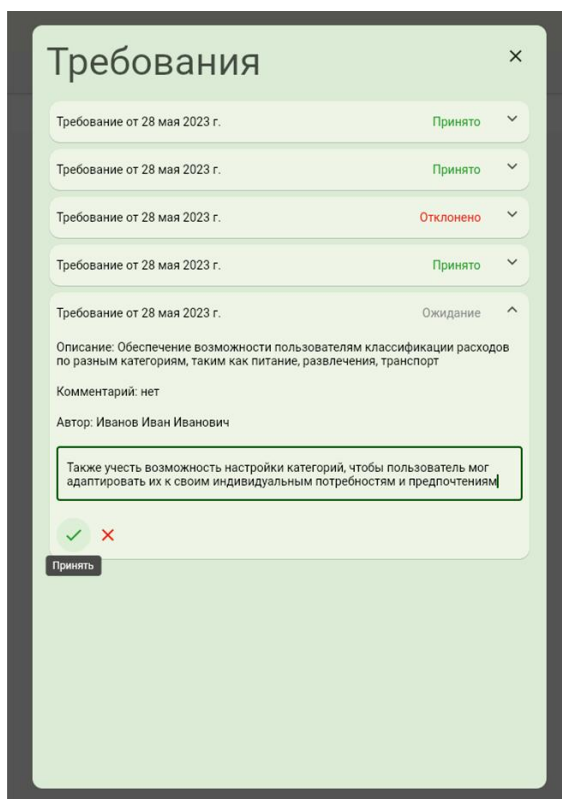


Рис. 6. Окно пользовательских требований к проекту

Система разрабатывается согласно трехзвенной архитектуре информационных систем «клиент – сервер обновления – сервер БД». Клиентская часть представляет собой веб-приложение, разработанное на языке программирования Dart с помощью платформы Flutter SDK. Серверная часть системы представляет собой Rest API, разработанное с использованием платформы ASP.NET Core Web API на языке программирования C#. В качестве СУБД использована PostgreSQL.

Таким образом, разрабатываемый продукт направлен на возможность контроля и мониторинга преподавателем хода выполнения про-

екта студентами, распределения задач между студентами и проверки их выполнения преподавателем на основе согласованных требований к разрабатываемому проекту.

### **Библиографический список**

1. Коул Р., Скотчер Э. Блистательный Agile. Гибкое управление проектами с помощью Agile, Scrum и Kanban / пер. с англ. М. Сидорова. – СПб.: Питер, 2015. – 170 с.

2. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Введение в UML от создателей языка / пер. с англ. Н. Мухина. – 2-е изд. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 496 с.

3. Томас К., Каролин Б. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2003. – 1440 с.

4. Тиммс С., Пэккетт Д., Чамберс Д. ASP.NET Core. Разработка приложений. – СПб.: Питер, 2018. – 464 с.

### **Сведения об авторах**

**Зиятдинов Расиль Артурович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: ziyatdinov.rasil@mail.ru

**Викентьева Ольга Леонидовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: oleovic@rambler.ru

**А.Л. Погудин, И.Б. Иванов, В.А. Ладыгин, В.А. Ладыгин**

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO**

Рассмотрены технологии, используемые в процессе разработки учебно-тренировочного мобильного погрузочно-разгрузочного комплекса. Проанализированы существующие решения. Разработано программное обеспечение, блок-схемы алгоритмов функций. Построена модель системы в программе схемотехнического моделирования. Разработан прототип устройства.

**Ключевые слова:** робот конструктор, мобильная платформа, блок-схемы алгоритмов, погрузочно-разгрузочный комплекс, модель системы, тестирование, среда разработки, параметры элементов модели, 3D-моделирование, схемотехническое моделирование.

**A.L. Pogudin, I.B. Ivanov, V.A. Ladygin, V.A. Ladygin**

## **DEVELOPMENT OF TRAINING LOADING AND UNLOADING MOBILE ROBOTIC COMPLEX BASED ON ARDUINO MICROCONTROLLER**

The article discusses the technologies used in the process of developing a "training mobile loading and unloading complex", analyzes existing solutions, develops software, block diagrams of function algorithms, builds a model of the system in a circuit and 3D modeling program, develops a device prototype.

**Keywords:** robot constructor, mobile platform, flowcharts of algorithms, loading and unloading complex, system model, testing, development environment, parameters of model elements, 3D modeling, circuit modeling.

Робототехника – отрасль науки, занимающаяся проектированием, конструированием и эксплуатацией роботов. В данной работе особое внимание уделяется роботам, которые используют электричество для своей работы.

Такое направление, как робототехника, является очень интересным для изучения детьми любой возрастной категории. В процессе изучения робототехники дети развивают такие качества, как работа в команде, лидерские качества, мелкую моторику рук, логику, а также творческое мышление [1].

Выбор темы обусловлен завышенной стоимостью готовых изделий в совокупности с примитивным и малофункциональным креативно-сборочным потенциалом существующих конструкторов. Повысить интерес к данному направлению и качество обучения можно, только сократив денежные затраты на создание конструктора, используя модульную технологию, позволяющую на основе одинаковых компонентов создавать различные решения, а также автоматизировать процесс создания. Использование учебно-тренировочных комплексов при освоении робототехники способствует развитию инженерного мышления. Также конструкторы могут применяться для выполнения научных работ по определенным направлениям.

Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения заинтересованности среди детей школьного и дошкольного возраста с целью привития инженерно-проектировочных навыков в моделировании и разработки программного обеспечения базового уровня сложности с использованием языка программирования на базе микроконтроллеров Arduino.

Цель проекта – разработать учебно-тренировочный мобильный погрузочно-разгрузочный комплекс на базе Arduino.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

- 1) провести обоснование выбора программной среды моделирования,
- 2) провести обоснование выбора элементной базы робота,
- 3) разработать проект аппаратной части робота,
- 4) разработать проект программной части робота,
- 5) спроектировать радиоуправляемую мобильную платформу на месапит-колесах,
- 6) собрать и протестировать получившийся продукт,
- 7) рассчитать социально-экономическую эффективность.

**Мобильные роботы.** Разработка нового решения подразумевает проведение исследовательской деятельности для изучения текущих решений. Описана полная спецификация роботов по типу механической части, таких как мобильные роботы, включающие в себя наземных, водных и воздушных роботов, манипуляционных и мобильно-манипуляционных. Разгрузочно-погрузочный комплекс является наземным, в работе сделан акцент на наземных роботов, а также описаны их достоинства: высокая проходимость, маневренность и точность маневрирования, и недостатки: многокомпонентная и нагруженная конструкция, сложность в написании программного обеспечения [2].

В процессе исследования мобильных роботов выявлены и описаны основные критерии мобильных платформ. На их основе составлен список требований к разрабатываемому комплексу:

- 1) модель движения – всенаправленная,
- 2) типы и количество моторов – четыре 12-вольтовых асинхронных компактных мотора для тележки и четыре сервопривода для манипулятора,
- 3) расположение элементов относительно общей конструкции – расставлены с развесовкой 50/50 % для соблюдения стабильности и управляемости,
- 4) стабильность – высокая, даже при выполнении разгрузочно-погрузочных работ,
- 5) тип передвижения – на месапум-колесах,
- 6) вид приводов – электродвигатели и серводвигатели,
- 7) степеней свободы робота – 4,
- 8) вид конструкции – модульная платформа,
- 9) алгоритм передвижения – алгоритм с заранее сконфигурированными параметрами,
- 10) алгоритм движения – независимое управление всеми четырьмя колесами.

После проведения анализа рынка мобильных платформ было решено взять за основу радиоуправляемую машину, оснатив ее месапум-колесами, 4-звенным манипулятором. Для создания наглядной схемы подключения электронных компонентов была выбрана программа Fritzing. После анализа среды разработки (IDE) была выбрана среда Arduino IDE [3]. После анализа систем управления (микроконтроллеров) выбрана для основной работы робота микроконтроллер Arduino Uno.

**Схемотехника и моделирование.** В процессе проектирования необходимо опираться на расчеты и физику работы будущего устройства. Для построения оптимальной конструкции описаны расчетные формулы для вычисления движений, где описана кинематика, траектории движения и последовательное движение, с частичным описанием кода. После проделано схематическое описание и схематично отображена базовая конструкция (рис. 1) и физика движения (рис. 2).

Спроектировано схемотехническое обеспечение робота (рис. 3, 4), после чего была проделана работа по оформлению и описанию спецификации робота, где были выбраны и полностью описаны все электронные компоненты.

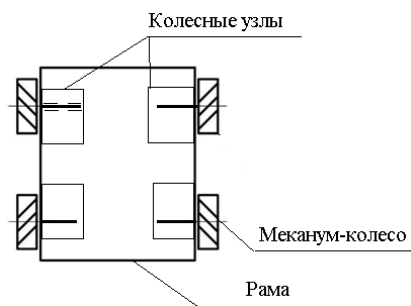


Рис. 1. Базовая конструкция робота

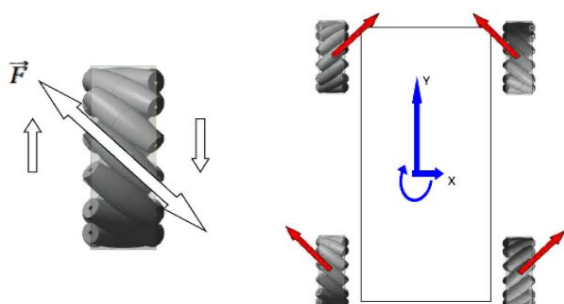


Рис. 2. Схема физики движения

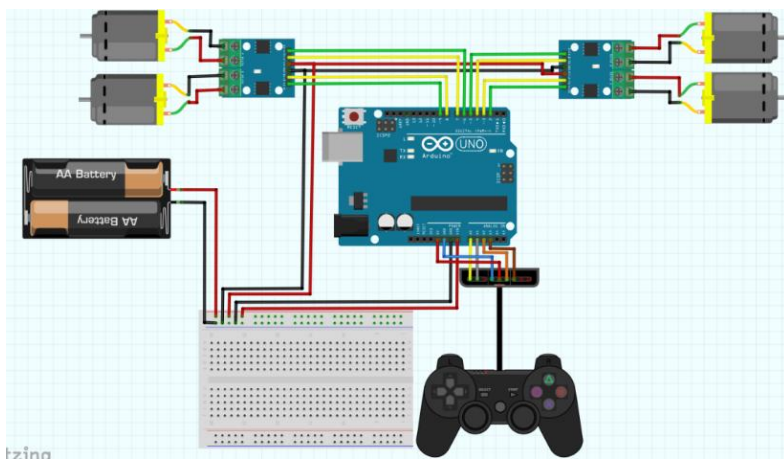


Рис. 3. Принципиальная схема робота

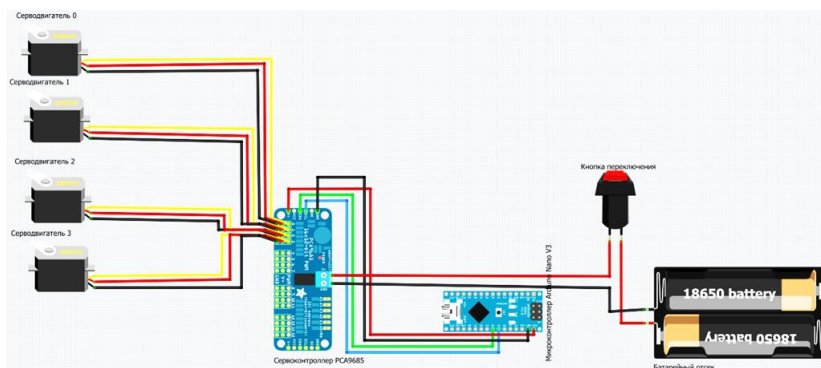


Рис. 4. Принципиальная схема манипулятора

Для создания тележки на всенаправленных колесах потребуется: Arduino Uno, драйверы управления моторов, моторы 12 v, аккумуляторный отсек с аккумуляторами 18650 и геймпад ps2.

Для создания манипулятора потребуется: Arduino Nano V3, сервоконтроллер Adafruit на 16 каналов, четыре серводвигателя MG90, аккумуляторный отсек с аккумуляторами 18650.

**Разработка методических рекомендаций.** Процесс создания учебно-тренировочных роботов подразумевает написание инструкции и методических рекомендаций для эффективного проведения уроков. В ходе разработки описан процесс создания робота с пошаговой инструкцией по сборке мобильного комплекса и схмотехнические соединения телеги (см. рис. 3), манипулятора (см. рис. 4), а также сервоконтроллера, на основе которых были соединены все электронные компоненты.

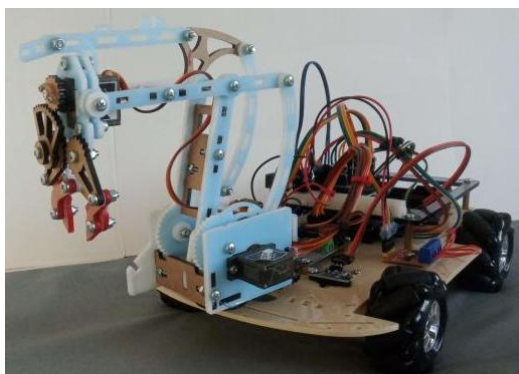


Рис. 5. Робот мобильный разгрузочно-погрузочный

Представлено описание комплекта проводки для подключения дополнительных портов и датчиков, по которым они были подключены к роботу. Итогом разработки стало создание робота, показанного на рис. 5.

В ходе анализа экономической целесообразности разработки прототипа и развертывания производства произведены экономические расчеты. В результате этих расчетов были получены следующие показатели:

- 1) затраты на оплату труда работников – 20 452 руб.,
- 2) затраты на материалы для изготовления комплекса – 13 025 руб.,
- 3) амортизация оборудования – 158 руб.

Общая стоимость разрабатываемого учебно-тренировочного погрузочно-разгрузочного комплекса составила 33 635 руб.

Данные расчеты были произведены только для изготовления одного комплекта комплекса, при создании небольшого малосерийного производства затраты на изготовление некоторых деталей уменьшатся из-за изготовления комплекса партиями.

### **Библиографический список**

1. Описание Arduino uno [Электронный ресурс]. – URL: <https://cleverdiy.ru/opisanie-arduino-uno> (дата обращения: 06.04.2023).
2. Момот М.В. Мобильные роботы на базе Arduino. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 336 с.
3. Гайд для новичков Arduino [Электронный ресурс]. – URL: <https://alexgyver.ru/arduino-first/> (дата обращения: 12.04.23).

### **Сведения об авторах**

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pogudin\\_al@mail.ru](mailto:pogudin_al@mail.ru)

**Иванов Илья Борисович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, гр. КС-19-1б, e-mail: [IlyaIvanov2019@yandex.ru](mailto:IlyaIvanov2019@yandex.ru)

**Ладыгин Владимир Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, гр. КС-19-1б, e-mail: [ladawowa@mail.ru](mailto:ladawowa@mail.ru)

**Ладыгин Владислав Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, гр. ИТХ-19, e-mail: [wladyou@mail.ru](mailto:wladyou@mail.ru)

**О.А. Полякова, Н.А. Иванов**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ЗАЯВЛЕНИЙ НА ПОЛУЧЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПОСОБИЙ ГРАЖДАНАМИ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Определена проблема работы существующей системы обработки заявлений на получение социальных пособий гражданами Пермского края. Рассмотрен существующий бизнес-процесс обработки межведомственных запросов по определенному заявлению на осуществление государственной услуги и спроектирована соответствующая модель, по которой выявлены недостатки. Приведен метод автоматизации существующей модели. Разрабатываемая автоматизированная система позволит повысить гибкость и эффективность процесса отправки межведомственных запросов, устранить ошибки, вызванные человеческим фактором, и увеличить эффективность работы специалистов.

**Ключевые слова:** модель, система, автоматизация, социальные пособия, заявление, государственная услуга.

**O.A. Poliakova, N.A. Ivanov**

## **AUTOMATION OF PROCESSING APPLICATIONS FOR SOCIAL BENEFITS TO CITIZENS OF THE PERM REGION**

The article defines the problem of the existing system of processing applications for social benefits by citizens of the Perm Region. The existing business process of processing interdepartmental requests for a specific application for the implementation of a public service is considered and an appropriate model is designed, according to which shortcomings are identified. The method of automation of the existing model is given. The automated system being developed will increase the flexibility and efficiency of the process of sending interdepartmental requests, eliminate errors caused by the human factor and increase the efficiency of specialists.

**Keywords:** model, system, automation, social benefits, declaration, public service.

Система обработки заявлений на получение социальных пособий гражданами Пермского края является подсистемой единой автоматизированной информационной системы «Социальный регистр населения» (далее – ЕАИС «Соцрегистр»), которая предназначена для автоматизации процессов предоставления мер социальной поддержки, социального обслуживания и социальной помощи (далее – МСП) отдельным категориям граждан в соответствии с законодательством Российской Фе-

дерации. Система обеспечивает формирование, ведение и использование информации, содержащейся в базе данных регионального регистра лиц, имеющих право на получение МСП отдельными категориями населения в Пермском крае [1].

Для автоматизации системы обработки заявлений необходимо автоматизировать процесс пакетной отправки межведомственных запросов (далее – МВЗ).

Основная цель автоматизированной системы – исключение человеческого фактора при обработке заявления на предоставление государственной услуги (далее – ГУ), повышение эффективности и гибкости процесса отправки МВЗ.

**Описание модели системы обработки заявления AS-IS.** «ЕАИС Соцрегистр» имеет клиент-серверную архитектуру, где клиентская часть реализована с использованием фреймворка Ember.js посредством стандартной модели ModelView-Controller (MVC), предоставляемой фреймворком. В соответствии с этой моделью приложение разделено на три основных компонента: модели (Model), представления (View) и контроллеры (Controller).

Модели содержат данные приложения, представления отображают эти данные на экране, а контроллеры обеспечивают взаимодействие между моделями и представлениями [2], а серверная – с использованием языка программирования C# и фреймворка ASP.NET, который предоставляет API для взаимодействия между клиентской и серверной частями приложения [3].

В качестве дополнительных инструментов используется Flexberry Designer, который позволяет создавать и модифицировать информационные модели, генерировать код для создания объектной модели приложения, проектировать пользовательские интерфейсы, создавать и модифицировать бизнес-логику, а также управлять процессом разработки [4].

Для построения моделей AS-IS и TO-BE используются диаграммы деятельности – это один из пяти видов диаграмм, применяемых в UML для моделирования динамических аспектов систем. По сути, диаграмма деятельности представляет собой блоксхему, которая показывает, как поток управления переходит от одной деятельности к другой. В отличие от традиционной блоксхемы диаграмма деятельности показывает параллелизм так же хорошо, как и ветвление потока управления [5].

Для наглядного представления модели AS-IS была разработана диаграмма деятельности, которая показывает последовательность выполнения операций в рамках процесса пакетной отправки межведомственных запросов (рис. 1).

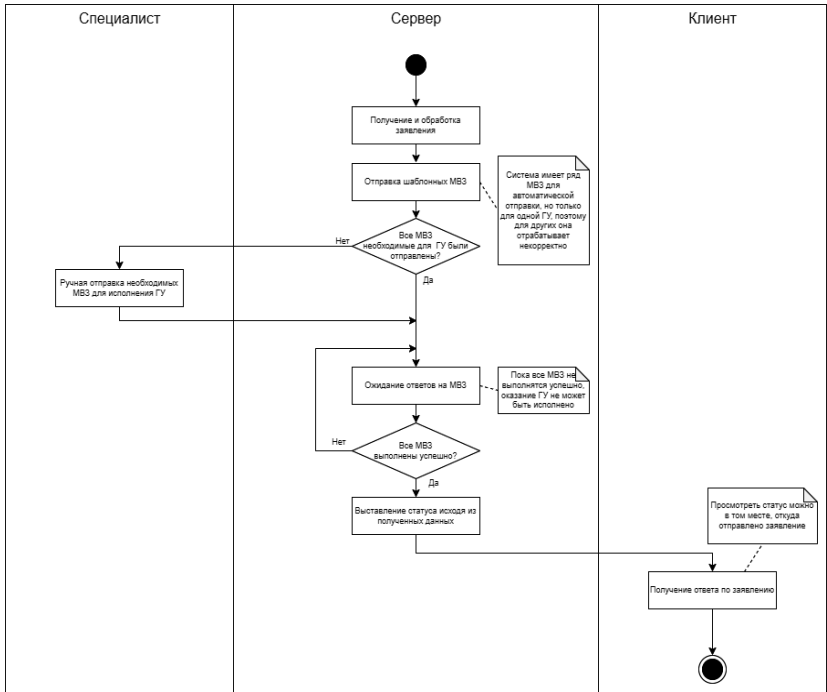


Рис. 1. Диаграмма деятельности алгоритма обработки полученного заявления

Заявления поступают в систему, затем обрабатываются для возможности дальнейшего взаимодействия с ними. После проведения ряда манипуляций необходимо запустить процесс отправки шаблонных запросов, которые прописаны в коде только для одной государственной услуги. Но определенная ГУ может иметь разные необходимые МВЗ для исполнения, поэтому происходит подключение специалиста, который вручную должен отправить ряд необходимых МВЗ. Далее система ожидает ответы на отправленные МВЗ и отправляет статус по заявлению обратно, чтобы клиент мог увидеть ответ на заявление.

Главным недостатком алгоритма является то, что пакетная отправка проработана только для одной ГУ и по своей сути является недина-

мичной. А так как список МВЗ для определенной ГУ может изменяться, то постоянно менять существующие настройки неудобно. Также необходимо автоматизировать ручную работу специалиста для ускорения процесса отправки заявок и отсеечения ошибок, вызванных человеческим фактором.

**Описание модели системы обработки заявления ТО-ВЕ.** На основании анализа модели AS-IS и учета недостатков разработанная диаграмма деятельности системы обработки полученного заявления ТО-ВЕ.

Таким образом, новая система должна устранить следующие недостатки:

- нединамичность пакетной отправки МВЗ;
- ручной труд специалиста при формировании запросов;
- устранение ошибок, вызванных человеческим фактором.

Исходя из этого, для автоматизации системы пакетной отправки МВЗ принято решение о разработке следующих разделов:

- для повышения гибкости и эффективности процесса отправки запросов разработать новый алгоритм пакетной отправки межведомственных запросов, который сможет работать с любым списком МВЗ и для каждой ГУ;
- для сокращения необходимости ручной настройки системы и устранения ошибок, вызванных человеческим фактором, реализовать автоматическую настройку системы на основе списка МВЗ для каждой ГУ;
- для снижения рисков возникновения ошибок внедрить систему автоматической проверки корректности заполнения запросов.

Диаграмма деятельности для модели ТО-ВЕ представлена на рис. 2.

Существенным изменением является то, что в случае невыполнения условия всплывает уведомление об ошибке и отправляется сообщение с соответствующей ошибкой в базу данных. Кроме того, список необходимых МВЗ для отправки заполняется на вкладке ГУ, и система автоматически включит их в перечень МВЗ для пакетной отправки.

В результате внедрения модели ТО-ВЕ уменьшается время процесса пакетной отправки межведомственных запросов и увеличивается эффективность работы специалистов.

Автоматизация процесса позволяет снизить вероятность возникновения ошибок, а новые модули более гибко настраивают систему под запросы компании.

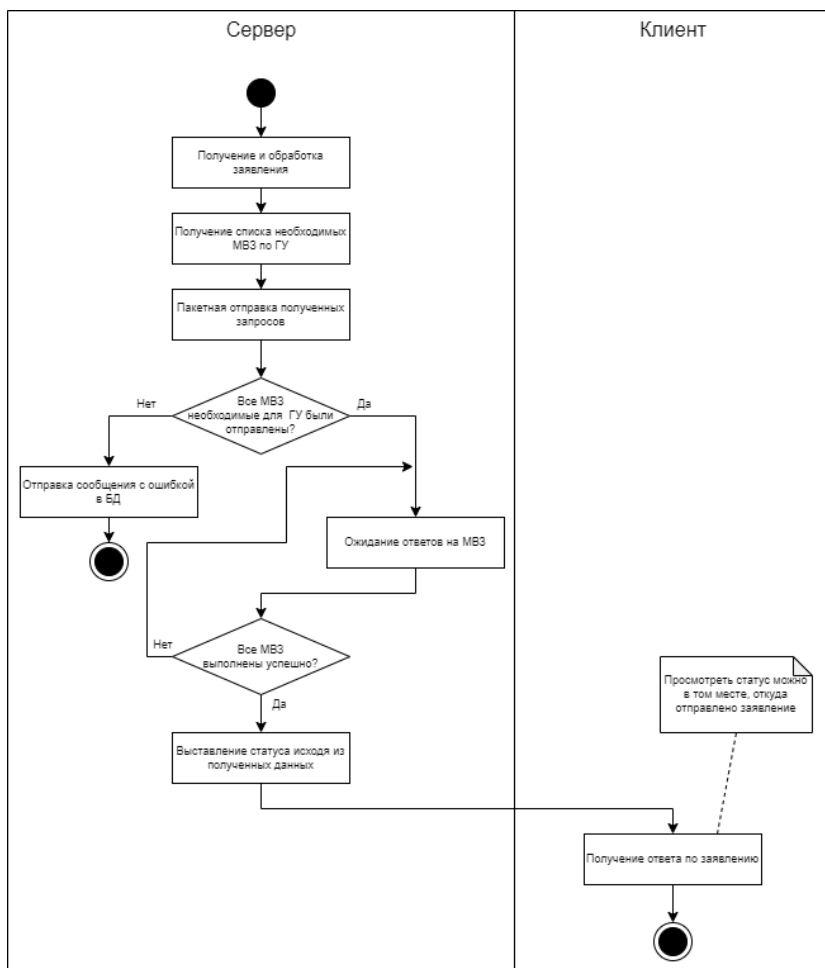


Рис. 2. Диаграмма деятельности нового алгоритма обработки полученного заявления

**Выводы.** В ходе разработки системы разработаны и построены диаграммы деятельности AS-IS и TO-BE.

В результате автоматизации специалист больше не вынужден сам отправлять межведомственные запросы и следить за ошибками, так как автоматизированная система справляется с этим сама. Таким образом, система стала более гибкой и эффективной, так как работает с любой

государственной услугой и сама определяет и классифицирует возникшие ошибки, а специалист может заниматься другой работой, тем самым повышая эффективность работы.

### **Библиографический список**

1. ЕАИС «Социальный регистр населения» [Электронный ресурс] / Министерство социального развития Пермского края. – URL: <https://minsoc.permkrai.ru/o-vedomstve/perechni-informatsionnykh-sistem-bankov-dannykh-reestrov-registrov/eais-sotsialnyy-registr-naseleniya> (дата обращения: 06.02.2023).
2. Ember JS [Электронный ресурс]: офиц. справочник. – URL: <https://emberjs.com/> (дата обращения: 06.02.2023).
3. Фримен Адам. ASP.NET MVC 5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов. – 5-е изд. – М.: Вильямс, 2014. – 736 с.
4. Платформа для разработки Flexberry [Электронный ресурс]. – URL: <https://flexberry.net/ru/> (дата обращения: 06.02.2023).
5. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. – 2-е изд. – М.: ДМК-Пресс, 2007. – 496 с.

### **Сведения об авторах**

**Полякова Ольга Андреевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [olgastratum@mail.ru](mailto:olgastratum@mail.ru)

**Иванов Никита Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-16, г. Пермь, e-mail: [nivanovqq@mail.ru](mailto:nivanovqq@mail.ru)

**Д.Я. Ивченко, С.Ф. Тюрин**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОГРАММНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ С ДВУМЯ ТИПАМИ МИКРОКОМАНД**

Рассматривается моделирование микропрограммного устройства управления с двумя типами микрокоманд, которое является упрощенным вариантом современных микроконтроллеров. Отличие от предыдущего варианта модели заключается в наличии схемы с одновибратором, что позволяет отказаться от двухфазной синхронизации. Моделирование проводилось в САПР Electronic Workbench компании National Instruments. Продемонстрирована работоспособность модели с помощью временной диаграммы.

**Ключевые слова:** микропрограммное устройство управления, два типа микрокоманд, логическая функция, состязание сигналов, одновибратор.

**D.Ya. Ivchenko, S.F. Tyurin**

## **MODELING OF A MICROCOMMAND CONTROL DEVICE WITH TWO TYPES OF MICROCOMMANDS**

The article considers the modeling of a microcommand control device with two types of microcommands, which is a simplified version of modern microcontrollers. The difference from the previous version of the model is the presence of a circuit with a monostable multivibrator, which allows you to abandon two-phase synchronization. The simulation was made in the CAD "Electronic Workbench" of the company "National Instruments". The operability of the model is demonstrated using a time diagram.

**Keywords:** Microcommand Control Device, two microcommand types, logic function, logic race, monostable multivibrator.

Рассмотренная в учебном пособии «Вычислительная техника и информационные технологии. Цифровые автоматы и микроконтроллеры» С.Ф. Тюрин модель микропрограммного устройства управления (далее – МПУУ) с двумя типами микрокоманд [1] имеет недостаток в виде дополнительных буферных ячеек памяти (D-триггеров), удерживающих состояние автомата во время синхроимпульса и решающих проблему гонки сигналов при адресации микрокоманд. Несмотря на надежность данного решения, данный вариант требует большего количества триггеров и наличия двухфазного синхронизирующего сигнала, что увеличивает габариты данного устройства на кремниевом кристалле, сложность синхронизации и понижает быстродействие схемы.

**Краткие теоретические сведения.** Следующая модель МПУУ будет построена по алгоритму, представленному на рис. 1

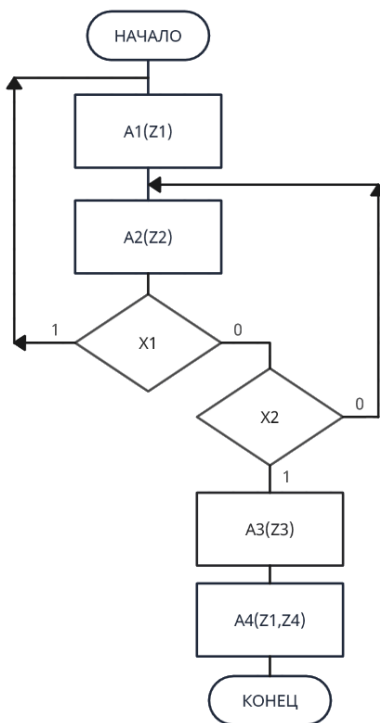


Рис. 1. ГСА алгоритма для моделирования

Можно заметить, что количество микрокоманд меньше восьми, поэтому адрес можно кодировать с помощью 3 бит.

Данное устройство моделируется на основе принстонской архитектуры [2], поэтому данные для микрокоманд хранятся в самом массиве бит микрокоманды. Кроме того, в данном МПУУ присутствует два типа микрокоманд:

А. Операционная микрокоманда.

Операционная микрокоманда состоит из уникального адреса, признака микрокоманды, указывающего на ее тип (операционная микрокоманда) и набор выдаваемых значений. В данном примере существует только четыре выдаваемых значения, поэтому 5 бит не используется (табл. 1).

Таблица 1

Значение битов операционной микрокоманды ( $X = 0$  или  $1$ )

|                    |     |     |    |                                |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|-----|-----|----|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $X$                | $X$ | $X$ | 1  | –                              | $X$                | $X$                | $X$                | $X$                |
| Адрес микрокоманды |     |     | ПМ | $M_5$<br>(не является выходом) | $M_4$<br>( $Z_4$ ) | $M_3$<br>( $Z_3$ ) | $M_2$<br>( $Z_2$ ) | $M_1$<br>( $Z_1$ ) |
|                    |     |     |    | Выдача значений                |                    |                    |                    |                    |

## Б. Специальная микрокоманда.

Специальная микрокоманда состоит из уникального адреса, признака микрокоманды, адреса перехода (т.е. адреса, куда будет выполнен переход при соблюдении условий) и условия перехода (эти данные отправляются в виде адреса на входной мультиплексор – значение 00 зарезервировано для безусловного перехода). При невыполнении условий перехода выполнение программы продолжается с команды по следующему адресу (табл. 2).

Таблица 2

Значение битов специальной микрокоманды ( $X = 0$  или  $1$ )

|                    |     |     |    |                  |       |                |       |       |
|--------------------|-----|-----|----|------------------|-------|----------------|-------|-------|
| $X$                | $X$ | $X$ | 0  | $X$              | $X$   | $X$            | $X$   | $X$   |
| Адрес микрокоманды |     |     | ПМ | $M_5$            | $M_4$ | $M_3$          | $M_2$ | $M_1$ |
|                    |     |     |    | Условия перехода |       | Адрес перехода |       |       |

Таблица программирования МПУУ представлена в табл. 3.

Таблица 3

Таблица программирования МПУУ

| №<br>п/п | Адрес |       |       | ПМ | Микрокоманда |       |       |       |       | Комментарий                                |
|----------|-------|-------|-------|----|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------|
|          | $Y_3$ | $Y_2$ | $Y_1$ |    | $M_5$        | $M_4$ | $M_3$ | $M_2$ | $M_1$ |                                            |
| 0        | 0     | 0     | 0     | 1  | 0            | 0     | 0     | 0     | 1     | Выдача $Z_1$                               |
| 1        | 0     | 0     | 1     | 1  | 0            | 0     | 0     | 1     | 0     | Выдача $Z_2$                               |
| 2        | 0     | 1     | 0     | 0  | 0            | 1     | 0     | 0     | 0     | Переход к 0 микрокоманде при $X_1$         |
| 3        | 0     | 1     | 1     | 0  | 1            | 0     | 0     | 0     | 1     | Переход к 1 микроком. при $\overline{X_2}$ |
| 4        | 1     | 0     | 0     | 1  | 0            | 0     | 1     | 0     | 0     | Выдача $Z_3$                               |
| 5        | 1     | 0     | 1     | 1  | 0            | 1     | 0     | 0     | 1     | Выдача $Z_1$ и $Z_4$                       |
| 6        | 1     | 1     | 0     | 0  | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | Безуслов. переход к 0 микроком.            |
| 7        | 1     | 1     | 1     | 0  | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | Не используется                            |

**Синтез блока управления.** Ниже представлена таблица программирования для входного мультиплексора (табл. 4).

Таблица 4

Таблица программирования входного мультиплексора

| № п/п | Адрес условия |   | Входное условие         |
|-------|---------------|---|-------------------------|
| 0     | 0             | 0 | 1 (Безусловный переход) |
| 1     | 0             | 1 | $X_1$                   |
| 2     | 1             | 0 | $\overline{X}_2$        |
| 3     | 1             | 1 | 0 (не исп.)             |

Поскольку в САПР Electronic Workbench отсутствует ПЗУ, моделирование будет выполнено на основе модели демультимплексора 74154, которая является заменой логического элемента LUT-3 [3]. Ниже представлены переключательные функции для ПМ, М<sub>5</sub>, М<sub>4</sub>, М<sub>3</sub>, М<sub>2</sub> и М<sub>1</sub> в символической форме:

$$\text{ПМ} = 0,1,4,5,[2,3,6,7],$$

$$\text{М}_5 = 3,[0,1,2,4,5,6,7],$$

$$\text{М}_4 = 2,5,[0,1,3,4,6,7],$$

$$\text{М}_3 = 4,[0,1,2,3,5,6,7],$$

$$\text{М}_2 = 1,[0,2,3,4,5,6,7],$$

$$\text{М}_1 = 0,3,5,[1,2,4,6,7].$$

Переключательная функция Па, указывающая на необходимость перехода по адресу (т.е. функции перезаписи значения счетчика), примет следующий вид:

$$\text{Па} = \overline{\text{ПМ}} \cap \overline{\text{МВ}} = \overline{\text{ПМ} \cup \text{МВ}},$$

где  $\overline{\text{МВ}}$  – инвертированный выход входного мультиплексора.

Переключательная функция выдачи значений имеет вид

$$Z_i = \text{ПМ} \cap \text{М}_i, \text{ где } i \in [1, 4].$$

Для выдачи адреса микрокоманды используется модель счетчика 74191, для ввода данных – модель мультиплексора 74151.

**Построение схемы и моделирование.** Модель создана в САПР Electronic Workbench компании National Instruments [4] и представлена на рис. 2.

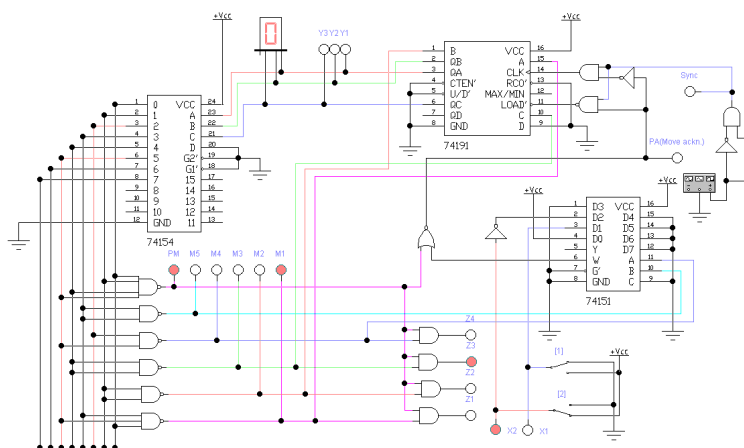


Рис. 2. Модель МПУУ в САПР Electronic Workbench

В данной схеме отсутствуют дополнительные буферные D-триггеры, а проблема состязания сигналов решена с помощью одновибратора, в течение импульса которого все состояния МПУУ статичны [6].

Результат работы МПУУ можем видеть на диаграмме (рис. 3).

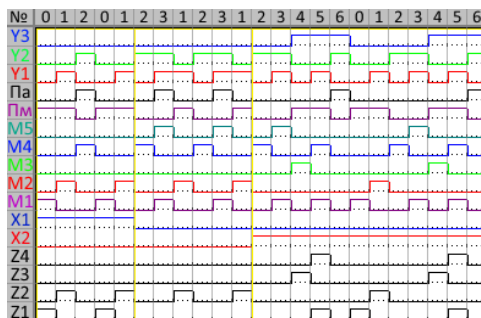


Рис. 3. Диаграмма работы МПУУ (желтым прямоугольником выделены состояния с одинаковыми входными условиями)

**Выводы.** В статье предложена модель МПУУ с двумя типами микрокоманд, отличающаяся отсутствием буферных D-триггеров, удерживающих состояние во время синхроимпульса. Продемонстрирована работоспособность данной модели с помощью САПР Electronic Workbench компании NI. Существующая реализация позволяет уменьшить количество D-триггеров более чем в два раза с помощью использования схемы с

одновибратором, что позволяет отказаться от буфера на входе счетчика. Кроме того, отсутствие двухфазной синхронизации позволяет увеличить максимальное быстродействие схемы в два раза ввиду отсутствия необходимости сохранять данные в буфер между синхроимпульсами.

### **Библиографический список**

1. Тюрин С. Вычислительная техника и информационные технологии. Цифровые автоматы и микроконтроллеры. Руководство к лабораторным работам в системе Proteus 7.2 [Электронный ресурс]. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 135 с. – URL: <https://elib.pstu.ru/docview/4992> (дата обращения: 28.05.2023).

2. Тюрин С., Гончаровский О., Громов О. Вычислительная техника и информационные технологии. Аппаратные средства вычислительной техники [Электронный ресурс]: конспект лекций. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 61 с. – URL: <https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4993> (дата обращения: 28.05.2023).

3. Тюрин С.Ф. Схемотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 73 с. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/160716> (дата обращения: 28.05.2023).

4. Electronics Workbench Group. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/National\\_Instruments#Electronics\\_Workbench\\_Group](https://en.wikipedia.org/wiki/National_Instruments#Electronics_Workbench_Group) (accessed 28 May 2023).

5. Тюрин С. Вычислительная техника и информационные технологии. Цифровая схемотехника [Электронный ресурс]. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 72 с. – URL: <https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4231> (дата обращения: 28.05.2023)

### **Сведения об авторах**

**Ивченко Даниил Янович** – студент Пермского национально исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-21-16, г. Пермь, e-mail: [ya.danmail@yandex.ru](mailto:ya.danmail@yandex.ru)

**Тюрин Сергей Феофентович** – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, e-mail: [tyurinsergfeo@yandex.ru](mailto:tyurinsergfeo@yandex.ru); профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета.

**В.К. Калинин, С.Ф. Тюрин**

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ В САПР QUARTUS**

Рассматривается автоматическое резервирование проектов на ПЛИС конечного автомата с последующим мажоритированием. Предлагается модифицировать VHDL-файл, являющийся программным кодом ПЛИС. Описана сущность и правила работы с ним для выполнения резервирования.

**Ключевые слова:** ПЛИС, VHDL, резервирование, Quartus, мажоритирование.

**V.K. Kalinin, S.F. Tyurin**

## **AUTOMATIC RESERVATION IN THE QUARTUS CAD**

The article discusses the automatic reservation of projects on the FPGA of a finite automation with subsequent majorization. It is proposed to modify the VHDL file, which is the FPGA program code. Entities and rules for working with them for performing reservations are described.

**Keywords:** FPGA, VHDL, reservation, Quartus, majorization.

В настоящее время крайне актуально импортозамещение электронной компонентной базы цифровых устройств и систем, в том числе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Повышение отказоустойчивости является приоритетным направлением для систем критического применения, особенно в военной области.

ПЛИС – электронный компонент, используемый для создания цифровых интегральных схем [1]. Ближайшие электронные компоненты для ПЛИС: универсальные микропроцессоры, микроконтроллеры, сигнальные микропроцессоры, большие интегральные схемы, специализированные интегральные схемы. ПЛИС отличается от описанных конкурентов большим количеством портов ввода-вывода и вторым местом по быстродействию. Чаще всего ПЛИС используют в компьютерных и космических областях.

В РФ для программирования ПЛИС наиболее распространены системы автоматизированного проектирования (САПР) Vivado и Quartus II с преимуществом последнего.

В САПР Quartus II для программирования ПЛИС можно использовать несколько языков программирования. В работе будем использовать VHDL.

Резервирование предполагает создание избыточных элементов со схожим функционалом. Резервирование помогает повысить надежность электронного компонента [2], поскольку один и тот же функционал выполняет несколько логических блоков, представленных начальным и резервированными автоматами. При сбое в одном логическом блоке остальные продолжают работать в штатном режиме. Обычно вместе с резервированием используют мажоритарные функции, решающие проблему различных конечных выходных значений автоматов. В Quartus нет аппаратных и программных средств резервирования.

Самым простым и распространенным методом мажоритарного резервирования является метод вычисления среднего значения, голосования по большинству. Для битовых значений рассматриваемый в работе метод выдает за ответ мнение большинства. Так, для пяти входных значений функцию можно описать формулой, в которой приводятся все сочетания без повторов из 5 по 3:

$$F(A, B, C, D, E) = ABC \vee ABD \vee ABE \vee ACD \vee ACE \vee ADE \vee \\ \vee BCD \vee BCE \vee BDE \vee CDE$$

Рассмотрим резервирование и мажоритарное резервирование автомата в САПР Quartus II для файла VHDL, полученного из представления BDF. В BDF есть 11 встроенных классов объектов, из которых в исследовании резервирования принимали участие только два: `primitives / logic` и `primitives / pin`. Класс `pin` включает в себя вводные-выводные сигналы, имя которых должно быть уникально. Класс `logic` включает в себя основные функции, операции, для работы с другими классами имен нет. Если выходной сигнал получается комбинацией из более одной функций, то появляется новая сущность `wire`, относящаяся к классу `primitives / buffer`. `Wire` служит промежуточным логическим значением после вычисления одной логической функции, имеет уникальное имя. Без `wire` нельзя покрыть все варианты автоматов.

В ходе исследования было обнаружено, что при полном копировании сигналов, операций и промежуточных значений с последующей заменой копируемых имен сигналов и промежуточных значений уникальными именами получается резервированный автомат.

Рассмотрим автомат с двумя входами `X1`, `X2` и двумя выходами `Z1`, `Z2`. `Z1` и `Z2` выводятся двумя разными функциями `XOR` и `OR2` соответственно. Схема функциональных элементов автомата с двойным резервированием представлена на рис. 1. При сбое в одном из логиче-

ских блоков, обозначенных LOGIC\_CELL\_COMB, произойдет сбой только в отдельном автомате, не затрагивающем работу остальных.

В большинстве ситуаций необходимо конкретное значение выходного сигнала, вычисляемого по резервным копиям сигналов, а не  $N$  выходных сигналов разного значения. Для объединения значений необходим мажоритар.

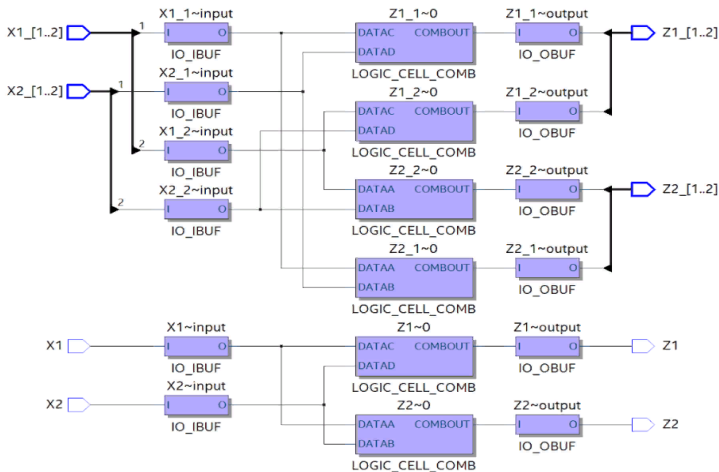


Рис. 1. Схема функциональных элементов автомата с двойным резервированием

Мажоритироваться будут все выходные сигналы по отдельности, значит, количество выходных сигналов равно количеству мажоритаров. Функции мажоритирования по большинству нет в Quartus, поэтому создать функцию нужно самостоятельно. Для мажоритирования изначального выходного сигнала Z1 необходимо:

1. Найти все резервированные копии сигнала – Z1\_1, Z1\_2, которые вместе с Z1 заменить промежуточными значениями с уникальными именами (wZ1, wZ1\_1, wZ1\_2).

2. Зафиксировать  $n$  и  $m$  для сочетаний без повторов, где  $n$  – общее количество автоматов (3);  $m$  – минимальное количество для большинства (2).

3. Создать логические функции на основе сочетаний без повторов из  $n$  по  $m$ . Для wZ1, wZ1\_1, wZ1\_2 функция голосования по большинству представлена на формуле

$$F(wZ1, wZ1_1, wZ1_2) = Z1 \wedge wZ1_1 \vee wZ1 \wedge wZ1_2 \vee wZ1_1 \wedge wZ1_2.$$



названия будут SYNTHESIZED\_WIRE\_Z1, SYNTHESIZED\_WIRE\_Z2 и т.д. Заменяются выходные сигналы из начальных и резервированных автоматов новыми промежуточными значениями. Новые промежуточные значения идут в процессы latch, выходные сигналы из которых будут wZ1, wZ2 и так далее, которые непосредственно задействованы в мажоритировании. Схема функциональных элементов для резервированного автомата с мажоритированием представлена на рис. 2. На схеме переименованы промежуточные значения wZ1, wZ2 и так далее по шаблону: latch\_SYNTHESID\_WIRE\_Z1, latch\_SYNTHESID\_WIRE\_Z2 и т.д.

В ходе исследования разработана программа, генерирующая файл VHDL автомата по описанному выше алгоритму.

Предоставляется возможность генерировать резервированный или мажоритарно резервированный  $N$  раз автомат. На вход алгоритму подается:  $N$  – степень резервирования, mask – маска переименования существующих сущностей, file – исходный файл VHDL-автомата.

### **Библиографический список**

1. Тюрин С.Ф., Гончаровский О.В., Громов О.А. Вычислительная техника и информационные технологии: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 324 с.
2. Тюрин С. Ф. Резервированный мажоритарный элемент // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления – 2018. – № 27. – С. 139–152.

### **Сведения об авторах**

**Калинин Владимир Константинович** – студент Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: kalininkg@psu.ru

**Тюрин Сергей Феофентович** – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru; профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета.

**А.Д. Касимова, Д.В. Яруллин**

## **АРХИТЕКТУРА ПОДСИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АРМ МЕДСЕСТРЫ**

Исследуется проблема эффективности и качества обслуживания в медицинской сфере, а также необходимость использования ERP-системы клиники, включающей АРМ врача и АРМ администратора. Обнаружено, что текущее программное обеспечение не полностью автоматизирует все бизнес-процессы, включая предоставление платных услуг пациентам. В результате проведенного исследования был разработан дополнительный сервис в виде АРМ медсестры с оптимальным пользовательским интерфейсом, который был протестирован среди медсестер клиники. На основе замечаний персонала сервис был улучшен.

**Ключевые слова:** опыт взаимодействия пользователя, пользовательский интерфейс, ERP-система, веб-технологии.

**A.D. Kasimova, D.V. Yarullin**

## **THE ARCHITECTURE OF THE USER INTERACTION SUBSYSTEM FOR THE NURSE'S WORKPLACE**

In this article, we study the efficiency and service quality issues in healthcare and the need for an integrated clinic ERP system, encompassing the Doctor's Workplace and the Administrator's Workplace. However, existing software falls short in fully automating all business processes, including paid patient services. To address this, we developed an additional service: the Nurse's Workplace with an optimal user interface. It underwent testing among clinic nurses, leading to valuable feedback and subsequent enhancements.

**Keywords:** user experience, user interface, ERP-system, web-technologies.

Для обеспечения эффективности и качества обслуживания в частной клинике внедрена ERP-система, включающая в себя АРМ врача и АРМ администратора. Однако это программное обеспечение не полностью автоматизирует все бизнес-процессы частной клиники, включая предоставление платных услуг пациентам.

Чтобы пациент получил услугу, ее должен назначить лечащий врач. Именно это происходит на приеме: доктор составляет пациенту лист назначения, внося данные вручную в электронные таблицы, а потом печатает его (пример листа назначений представлен на рис. 1). Далее этот документ передается в процедурный кабинет, и вместе с ним

туда направляется пациент. После оказания процедуры пациент оплачивает ее, но для этого администратор должен внести информацию в систему из ранее упомянутого листа назначений.

ЛИСТ НАЗНАЧЕНИЙ

Фамилия Имя Отчество \_\_\_\_\_

Аллергия: отрицает

ДР 05.02.1901 Лет 122

DS \_\_\_\_\_

| № | тип             | Лекарственные препараты                           | t | Локация       | Курс | Курс     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|---------------------------------------------------|---|---------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   |                 |                                                   |   |               |      | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       |
|   |                 |                                                   |   |               |      | 01.03.23 | 02.03.23 | 03.03.23 | 04.03.23 | 06.03.23 | 07.03.23 | 08.03.23 | 09.03.23 | 10.03.23 | 11.03.23 | 13.03.23 | 14.03.23 | 15.03.23 | 16.03.23 | 17.03.23 |
| 1 | ва, кап         | Ремберин 400                                      |   |               | 10   | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |          |          |          |          |          |
| 2 | инф             | Цитофлавин 5,0 + Лидокаин 2% 2,0 + 0,9% NaCl 10,0 |   | надключично D | 10   | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |          |          |          |          |          |
|   | инф             | Цитофлавин 5,0 + Лидокаин 2% 2,0 + 0,9% NaCl 10,0 |   | надключично S | 10   | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |          |          |          |          |          |
|   | инф             |                                                   |   | бедренный D   |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   | инф             |                                                   |   | бедренный S   |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   | инф             |                                                   |   | подколенная D |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   | инф             |                                                   |   | подколенная S |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 3 | инъекц<br>ионно |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 4 | инъекц<br>ионно |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 5 |                 | Транскраниальная магнитная стимуляция             |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 6 |                 | Перевязка раны на ноге с порошком                 |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 7 |                 |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   |                 |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   |                 |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 8 |                 |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   |                 |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|   |                 |                                                   |   |               |      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

Леч. Врач \_\_\_\_\_
Ефремова Е.А. Медсестра / Медбрат \_\_\_\_\_
Зав.Отд \_\_\_\_\_

Рис. 1. Пример листа назначений

В данном процессе можно выделить следующие недостатки:

1. Существует риск получения неточных данных при ручном вводе, например когда врач составляет лечение или когда администратор вводит данные для оплаты услуги.

2. Процесс времязатратный:

– составление лечения доктором занимает от 30 до 40 мин, помимо прочего, лист назначения необходимо распечатать и отнести в процедурный кабинет медсестре, это занимает дополнительные 5 мин времени врача;

– заполнение данных о выполненных услугах в АРМ у администратора может занимать до 30 мин, в зависимости от объема листа назначений.

В целом это не слишком энергозатратные задачи, если за день врач будет работать с одним-двумя пациентами, но если их будет двадцать, тогда будут появляться очереди и у кабинетов, и у стойки администратора. Качество сервиса снижается: пациенты не обслуживаются в назначенное время и вынуждены ждать.

3. Риск утери листов назначений при передаче. Этот риск очень мал в случае, если в день принимать пару пациентов, однако чаще всего их гораздо больше. На столе у медсестры все эти документы могут перепутаться или быть выброшены по невнимательности, поскольку существует так называемый человеческий фактор.

Для решения проблемы предлагается разработка дополнительного сервиса в виде АРМ медсестры с оптимальным пользовательским интерфейсом. Интуитивно понятное и удобное взаимодействие с системой повысит производительность и снизит риск ошибок, а также избавит от необходимости обучать персонал пользоваться системой [1].

Основным требованием является разработка сервиса на основе веб-технологий, поскольку приложение должно быть кроссплатформенным.

Существуют уже готовые веб-решения «АРМ медсестры»:

1. Специализированное решение от компании «Инфоматика». Отличительной особенностью АРМ является мобильность конструкции и отсутствие привычной клавиатуры и мыши [2].

2. АРМ медсестры из программного продукта «Единая цифровая платформа» от компании «РТ МИС». Функционал включает в себя просмотр, поиск, добавление, удаление направлений в процедурный кабинет и протоколирование проведенных приемов [3].

Для использования вышеперечисленных решений требуется интеграция целых ERP-систем, разрабатываемых этими компаниями. И в случае, где в клинике уже есть своя ERP-система, эти решения могут быть несовместимы и излишне дублировать функционал.

Ввиду этого разрабатывается собственный сервис, в функционал которого будет входить просмотр списка пациентов, листов назначений и изменения статуса процедуры. Структурная схема АРМ медсестры представлена на рис. 2.

Для разработки приложения был выбран фреймворк React, который базируется на компонентном подходе и позволяет эффективно использовать и обновлять элементы пользовательского интерфейса [4].

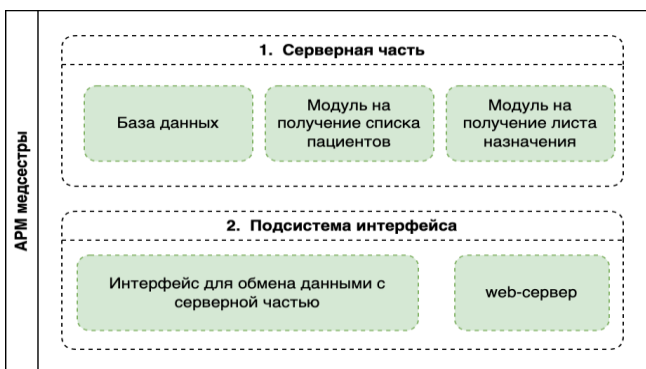


Рис. 2. Структурная схема АРМ медсестры

На рис. 3 изображены следующие компоненты:

1. Компонент Patients.jsx загружает на страницу список пациентов, отображая информацию о каждом с помощью компонента PatientCard.jsx.
2. Компонент Appointment.jsx представляет лист назначений, табличное представление которого отображается в AppointmentStructure.jsx.

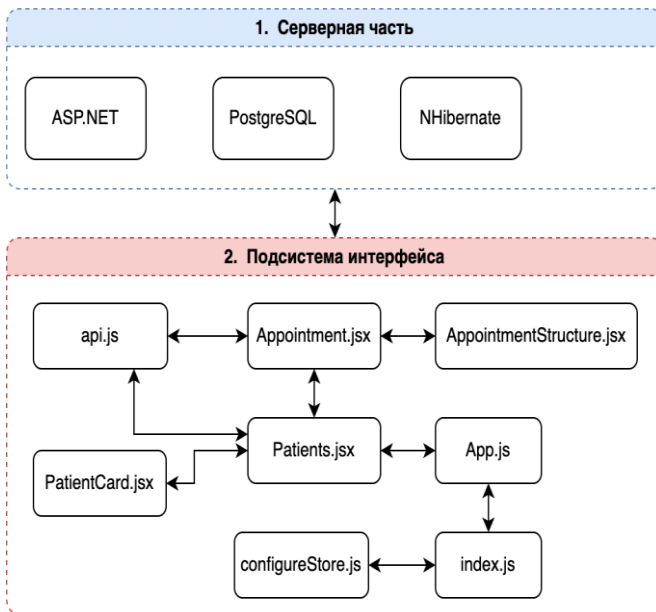


Рис. 3. Схема организации программных модулей АРМ медсестры

На главной странице приложения отображаются не все пациенты, а лишь те, у которых на текущий день запланированы процедуры. Карточки представлены в виде плиток для имитации медицинских записей на столе у медсестры. На них указаны основные идентифицирующие сведения о пациентах: Ф.И.О. и дата рождения (рис. 4).

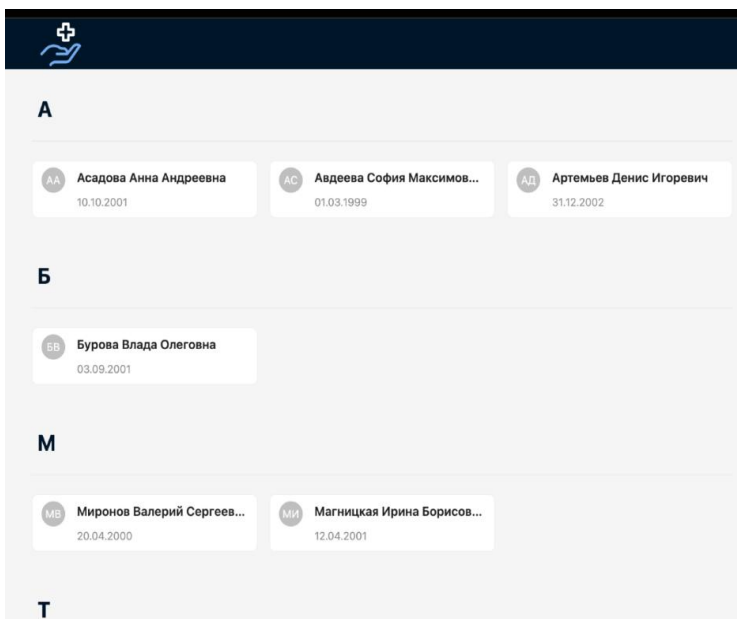


Рис. 4. Главная страница АРМ медсестры

Важно отметить, что все имена пациентов на рисунках выдуманы и не являются настоящими персональными данными.

При выборе карточки пациента медсестра может перейти к просмотру его листа назначений. Он представлен в виде таблицы, где каждая строка соответствует отдельной процедуре или медицинскому назначению.

В таблице последний столбик соответствует статусу процедуры: пустое поле означает, что процедура не выполнена. Именно заполняя эту отметку, медсестра вносит изменения в лист назначений, указывая, что процедура выполнена.

На странице также отображена информация о диагнозе пациента и лечащем враче (рис. 5).

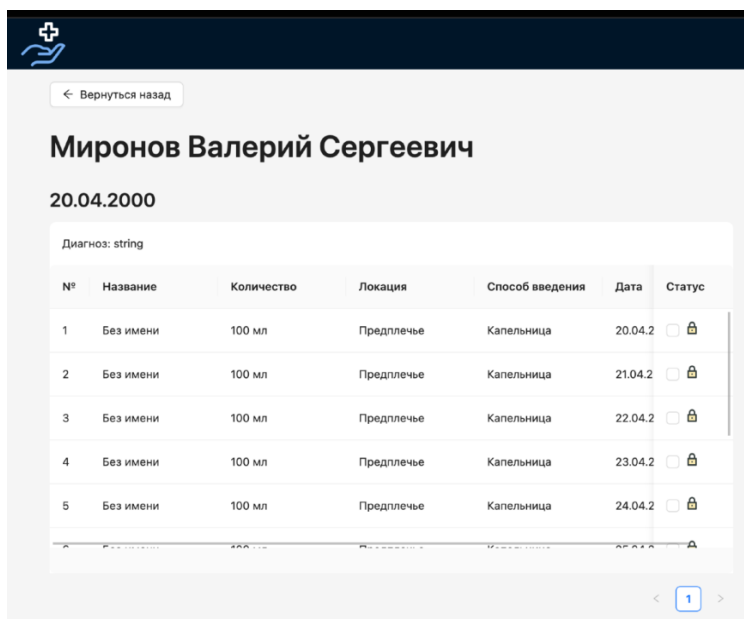


Рис. 5. Страница листа назначений

Полученный интерфейс был подвергнут тестированию среди медсестер клиники, и в целом результаты были положительными. Медсестры оценили удобство использования интерфейса, а также его соответствие их рабочим потребностям. Однако в ходе тестирования выявилось одно замечание: отсутствие автоматического перенаправления на главную страницу после перехода на страницу листа назначений. Это вызывало некоторое неудобство и требовало дополнительного действия со стороны медсестры для возврата на основной экран.

Для устранения данной проблемы в АРМ медсестры было внедрено автоматическое перенаправление на главную страницу, чтобы упростить навигацию и сделать пользовательский опыт более плавным и эффективным.

### Библиографический список

1. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия: пер.с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2009. – 688 с.

2. Сайт компании Инфоматика. – URL: <https://infomatika.ru/products/more/ps-arm-automated-work-place-procedural-sisters/> (дата обращения: 01.05.2023).

3. Справочная информация ЕЦП [Электронный ресурс]. – URL: <https://wiki.is-mis.ru/pages/viewpage.action?pageId=48341465> (дата обращения: 01.05.2023).

4. Документация React: Компоненты и пропсы [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.legacy.reactjs.org/docs/components-and-props.html> (дата обращения: 01.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Касимова Алина Дамировна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [contactwalina@gmail.com](mailto:contactwalina@gmail.com)

**Яруллин Денис Владимирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [d.v.yarullin@gmail.com](mailto:d.v.yarullin@gmail.com)

**В.И. Князев, А.И. Князев**

## **РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КАДРОВ С КАМЕР ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

Описана архитектура системы контроля действий человека на промышленном предприятии для предотвращения травм. Предлагается анализировать изображения с камер, находить на них людей, вычислять координаты ключевых точек. Полученные координаты нормализовать относительно таза человека и через модель нейронной сети, построенную по принципу zero-shot, классифицировать атомарные действия людей, чтобы на их основе определять сложные действия. После классификации такая система отправит управляющий сигнал на основе правил. Таким образом, можно остановить станок, включить аудиоуведомление и тому подобное для предотвращения риска получения травмы.

**Ключевые слова:** нейронные сети, компьютерное зрение, распознавание движений, видеоаналитика.

**V.I. Kniazev, A.I. Kniazev**

## **DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF THE SYSTEM FOR CONTROL OF HUMAN ACTIONS ON THE SEQUENCE OF FRAMES FROM VIDEO SURVEILLANCE CAMERA**

This article describes the architecture of a system for monitoring human actions in an industrial enterprise to prevent injuries. It is proposed to analyze images from cameras, find people on them, and calculate the coordinates of key points. The obtained coordinates should be normalized with respect to the human pelvis and, through a neural network model built on the zero-shot principle, classify the atomic actions of people in order to determine complex actions based on them. After classification, such a system will send a control signal based on the rules. Thus, you can stop the machine, turn on the audio notification, etc. to prevent the risk of injury.

**Keywords:** neural networks, computer vision, motion recognition, video analytics.

Одной из главных проблем на промышленных предприятиях является травматизм. Несмотря на снижающееся количество происшествий, показатель все еще высокий, в том числе и по смертельным случаям [2]. Основной причиной получения травм является человеческий фактор: нарушение дисциплины, усталость, болезнь, невнимательность [3, 4].

Решением проблемы может быть внедрение цифровизации, а именно видеоаналитики. Это может быть:

- простое наблюдение и фиксация с помощью видеокамер (создание архива по часам, дням и т.д.);
- обработка в реальном времени видеоряда и распознавание опасных действий персонала с подачей соответствующих сигналов как рабочему, так и его начальству.

Видеоаналитика на промышленных предприятиях, где от оперативности зависят жизни людей, является хорошим решением проблем минимизации профессиональных рисков [1].

На текущий момент используются только системы, отслеживающие наличие СИЗ на рабочих и детектирование людей в опасных зонах [5]. Но не затронута тема анализа действий людей.

Цель данной работы – разработка алгоритмического подхода, позволяющего предотвращать получение людьми травм на предприятиях, а также выявлять отклонения от производственного процесса на основе анализа кадров с видеокамер.

**Постановка задачи.** Предотвращение несчастных случаев на производстве, а также контроль действий человека во время работы будут осуществляться при помощи анализа изображений, поступающих с камер видеонаблюдения. Действием, считающимся недопустимым, является последовательность векторов координат человека, распознанной системой как один из заданных классов, соответствующих недопустимым действиям.

В качестве системы отсчета принимается положение камеры. Найденные координаты ключевых точек пересчитываются относительно плоскости земли с учетом координат камеры и ее наклона.

**Разработанная архитектура решения.** Для решения поставленной задачи была разработана архитектура классификации действий человека, представленная на рисунке. За основу была взята архитектура, описанная в работе [7], с доработкой последней части, связанной с классификацией действий (в указанной работе необходимо было опделить лишь два класса действий).

*Предобработка изображений.* На данном этапе к входному изображению применяются функции, увеличивающие точность работы последующих алгоритмов. Это может быть изменение яркости и контрастности картинки, пересчет перспективы, удаление шумов.

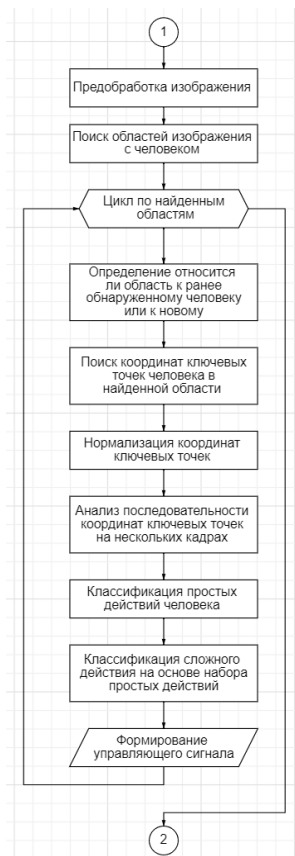


Рис. Фрагмент алгоритма видеоаналитики  
для классификации действий человека

*Поиск областей изображения с человеком.* Данный этап необходим для оптимизации работы нейронной сети для поиска ключевых точек. Изначальное изображение с камеры может быть большого разрешения. Обработка такого изображения займет много времени. Для оптимизации сначала необходимо определить области, где есть люди, а уже потом обработать эти области. Поиск людей может осуществляться по сжатой картинке (например,  $640 \times 640$  пикселей), найденные области затем пересчитываются относительно исходного изображения и берутся с небольшим запасом (на случай, если одна из частей тела человека вышла за найденную область).

Для поиска людей на кадре предполагается использовать нейронную сеть из семейства YOLO. На момент написания статьи самой точной и быстрой моделью является YOLOv8. В отличие от предыдущих моделей, 8 имеет архитектуру, содержащую в себе новую функцию активации – SiLU, а также вместо сверток  $6 \times 6$  используются последовательности сверток  $3 \times 3$ , которые требуют меньше ресурсов на вычисления.

*Поиск координат ключевых точек и их обработка.* Поиск ключевых точек человека необходим для построения вектора его положения, который затем будет использоваться с векторами с предыдущих кадров для классификации действий. Для распознавания ключевых точек планируется использовать одну из следующих сетей: OpenPose, Mediapipe, MoveNet (необходимо провести сравнение производительности и точности для выбора наилучшей модели). Координаты обнаруженных ключевых точек затем необходимо пересчитать относительно таза человека, а также размеров человека в кадре. Таким образом, векторы [6] разных людей в разных положениях будут приведены к общему виду.

*Классификация действий.* Классифицировать действия людей предполагается при помощи подхода zero-shot. Будет обучена модель на простых (атомарных) действиях отдельно для ног, корпуса с руками и головы. Сложные классы действий, необходимые в финальном решении, будут складываться из комбинации атомарных действий. Причем для оптимизации классификации предлагается использовать не распространенный подход с использованием эмбедингов и языковых моделей, а словарь (листинг 1), в котором комбинация атомарных действий – ключ, а комплексное действие – значение. Сложность классификации, таким образом, равняется сложности получения элемента из словаря и равна  $O(1)$ .

Листинг 1 – Пример словаря с описанием классов действий людей

```
Classes_dict = {'atomAction1_ atomAction2_ atomAction3' :  
'complexAction', ...}
```

*Управляющее воздействие.* Результат классификации действий человека затем, исходя из заданных правил, преобразуется в управляющий сигнал. Это может быть как сигнал остановки станка, так и аудиосообщение или запись в базу данных.

**Выводы.** Предложенная в данной статье архитектура системы контроля действий человека по последовательности кадров разработана с учетом работы системы в реальном времени, а также с возможностью задавать свои классы действий без необходимости переобучения моделей нейронных сетей.

### Библиографический список

1. Тимофеев С.С., Тимофеева С.С. Цифровое будущее охраны труда. XXI век [Электронный ресурс] // Техносферная безопасность. – 2022. – № 7 (1). – С. 51–62. – URL: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2022-1-51-62>
2. Чубова Е.В. Сравнительный анализ травматизма в России с учетом Орловской и Тульской областей // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – № 3 (20). – С. 118–129.
3. Анализ производственного травматизма и условий труда в организациях электроэнергетики / С.Л. Пушенко, Е.В. Стасева, А.М. Сазонова, П.В. Задорожная, В.А. Туков // Молодой исследователь Дона. – 2021. – № 2 (29). – С. 50–55.
4. Кустова Е.В. Производственный травматизм на предприятиях химической отрасли // StudNet. – 2021. – Т. 4, № 3.
5. Исакова А.Ю., Шармаев В.И. Проектирование системы видеоаналитики нарушений требований промышленной безопасности на площадках сооружения АЭС // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Т. 10, № 8. – С. 77–83.
6. Исследование движения человека в системах компьютерного зрения на основе скелетной модели / С.А. Казакова, П.А. Леонтьева, М.И. Фролова, Ю.В. Донецкая, И.Ю. Попов, А.Ю. Кузнецов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 571–577.
7. Разработка архитектуры программной AI платформы для анализа тактико-технических действий и функционального состояния футболистов в процессе игры по данным видеотрансляции / А. Хельвас [и др.] // Цифровая обработка сигналов и ее применение DSPA-2020: сб. тр. XXII Междунар. конф. / ИПУ им. Трапезникова. – 2020. – С. 10–22.

### Сведения об авторах

**Князев Виктор Игоревич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭС-22-16, г. Пермь, e-mail: [viktor.knyazev2018@yandex.ru](mailto:viktor.knyazev2018@yandex.ru)

**Князев Александр Игоревич** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [knxandr@rambler.ru](mailto:knxandr@rambler.ru)

**Е.В. Корепанова, Д.С. Курушин, А.А. Петренко**

## **АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТИРОВКИ ИНСТРУМЕНТА ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ В ТЕКУЩИЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ**

Рассматривается возможность печати трехмерного объекта из разных плоскостей методом послойного наплавления с помощью управления траекторией самой печати. Приведен алгоритм автоматической ориентировки инструмента трехмерной печати в текущий момент времени. Рассмотрена печать методом послойной наплавки, которая должна совершаться под разными углами в зависимости от формы трехмерного объекта. Также рассмотрены возможности робота A12-1450 версии RCS 3.0, который будет ориентироваться на наклоны плоскостей 3D-объекта при совершении трехмерной печати. Описан алгоритм разбиения 3D-объекта для печати на плоскости.

**Ключевые слова:** 3D-печать, послойное наплавление, FDM, аддитивное производство.

**E.V. Korepanova, D.S. Kurushin, A.A. Petrenko**

## **ALGORITHM FOR AUTOMATIC ORIENTATION OF THE THREE- DIMENSIONAL PRINTING TOOL AT THE CURRENT TIME**

The article considers the possibility of printing a three-dimensional object from different planes by layer-by-layer deposition by controlling the trajectory of the printing itself. The algorithm of automatic orientation of the three-dimensional printing tool at the current time is given. Printing by the method of layer-by-layer surfacing, which should be performed at different angles depending on the shapes of a three-dimensional object, is considered. The possibilities of the A12-1450 version of RCS 3.0, which will focus on the slopes of the planes of a 3D object when performing three-dimensional printing, are also considered. An algorithm for splitting a 3D object for printing on a plane is described.

**Keywords:** 3D printing, layer-by-layer surfacing, FDM, additive manufacturing.

Всем известно, что в настоящее время 3D-принтеры набирают все большую популярность и являются чрезвычайно полезными как для обычного использования, так и для более масштабных целей. Все чаще технологии трехмерной печати становятся заменой традиционным способам производства в промышленности [1, 2].

Аддитивное производство легло в основу существующих методов 3D-печати. Модель создается постепенным наложением материала или

с помощью изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства. Заданная технология хороша тем, что является безотходной в отличие от субтрактивного производства [3].

**Алгоритм автоматической ориентировки инструмента трехмерной печати в текущий момент времени.** В работе рассматривается возможность упрощения печати сложных моделей, а именно возможность печати моделей из разных плоскостей.

Реализация такой печати будет происходить с помощью робота A12-1450 версии RCS 3.0, который способен перемещаться в различных плоскостях благодаря тому, что данный робот состоит из шести соединенных друг с другом осей. Основные оси робота представлены на рис. 1 [4].

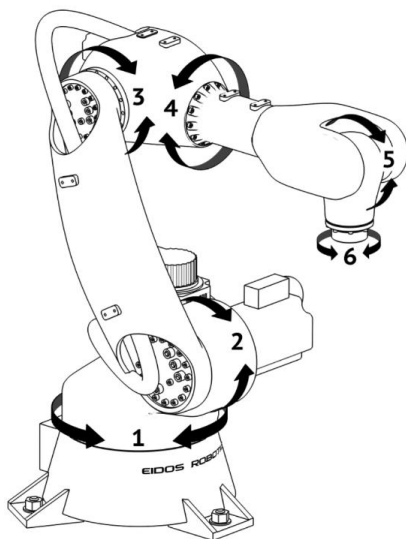


Рис. 1. Основные оси A12-1450

Поскольку метод послойного наплавления предусматривает создание модели слой за слоем, программное обеспечение при подготовке к работе принтера должно формировать из предложенной трехмерной модели слои [5].

Все алгоритмы для разбиения трехмерных моделей на слои построены по принципу нахождения пересечений фасетов объекта с секущими плоскостями [6]. Принцип нахождения пересечений фасетов объекта с секущими плоскостями заключается в создании секущих

плоскостей и определении векторов, которые образуются при пересечении секущей плоскости с объектом, состоящим из фасетов. Далее происходит генерация замкнутых контуров для печати [7].

В нашем случае для того, чтобы добиться печати из разных плоскостей, необходимо модель, которая уже нарезана на слои, разбить на плоскости, образующиеся между слоями по алгоритму, описанному ниже. Это необходимо для нахождения положения печатающей головки к самому печатаемому объекту. Это положение будет соответствовать нормальному вектору плоскости и будет изменяться в зависимости от наклона данного вектора.

Для этого предложено использование программы для ЭВМ, которая на начальном этапе считывает содержимое файла GCODE, состоящее из послойно заданных трехмерных координат точек. Затем будут формироваться плоскости из трех точек, по координатам которых и будет находиться нормальный вектор плоскости.

На рис. 2 представлено визуальное отображение работы алгоритма формирования плоскости из трех точек.

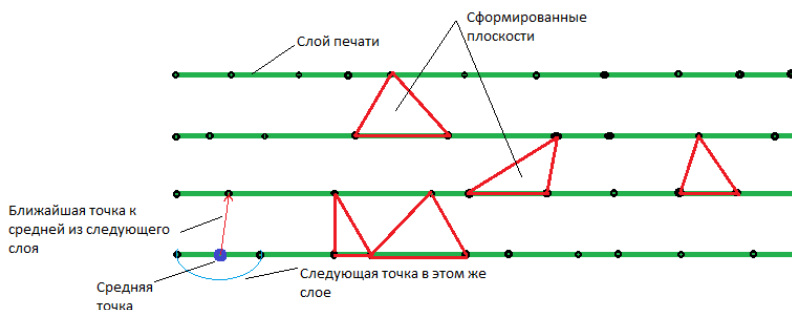


Рис. 2. Формирование плоскости

Алгоритм работы программы автоматической ориентировки инструмента трехмерной печати в текущий момент времени можно записать следующим образом:

1. Цикл  $i$  по слоям от 0 до  $N - 1$ .
2. Цикл  $j$  по количеству точек каждого слоя  $i$ .
3. На слое  $D_i$  выбираются две последовательные точки  $M_{i1}$  и  $M_{i2}$ ,  $i = \overline{0, N - 1}$ .
4. На слое  $D_{i+1}$  осуществляется поиск точки  $M_{i+1j}$ , максимально близкой к точкам  $M_{i1}$  и  $M_{i2}$ .

5. По точкам  $M_{i+1j}, M_{i1}$  и  $M_{i2}$  строится плоскость  $P_k$ .
6. Строится нормальный вектор к плоскости  $P_k$ , который и определяет положение инструмента печати в текущий момент времени.
7. Конец цикла  $j$ .
8. Конец цикла  $i$ .

Из рис. 2 видно, как именно программа будет формировать необходимые плоскости. Алгоритм необходимо исполнять для всех точек на каждом слое. Таким образом, две точки из начального слоя и одна точка из следующего формируют собой плоскость (рис. 3).

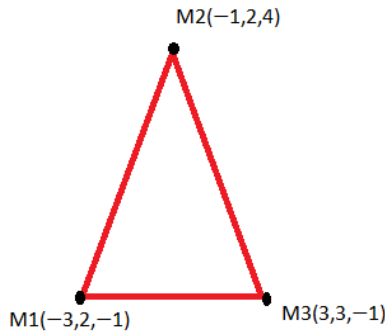


Рис. 3. Сформированная плоскость

Рассмотрим пример нахождения нормального вектора плоскости по координатам точек, формирующих данную плоскость.

На рис. 3 точке  $M_{i+1j}$  соответствует точка  $M2$ , точке  $M_{i1}$  соответствует  $M1$ , а точке  $M_{i2}$  соответствует  $M3$ .

Найдем координаты двух векторов  $\overrightarrow{M1M2}$ ,  $\overrightarrow{M1M3}$ :

$$\overrightarrow{M1M2} = (-1 - (-3), 2 - 2, 4 - (-1)) \rightarrow \overrightarrow{M1M2} = (2, 0, 5),$$

$$\overrightarrow{M1M3} = (3 - (-3), 3 - 2, -1 - (-1)) \rightarrow \overrightarrow{M1M3} = (6, 1, 0).$$

Теперь вычислим их векторное произведение с использованием мнемонического определителя, а именно:

$$n = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 2 & 0 & 5 \\ 6 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -5i + 30j + 2k.$$

В результате получим нормальный вектор плоскости, который проходит через три точки  $M1, M2, M3$ :

$$n = (-5, 30, 2).$$

После чего данные о всех точках и координатах нормальных плоскостей необходимо записать в файл OBJ. Уже на основе данных из этого файла будет строиться необходимое программное обеспечение для робота A12-1450, который работает с использованием языка программирования Python.

**Выводы.** В результате был разработан алгоритм разбиения слоев трехмерного объекта на плоскости, к которым находится нормальный вектор плоскости. С помощью координат данного вектора и будет ориентироваться инструмент 3D-печати в текущий момент времени. В дальнейшем трехмерная печать, осуществляемая из разных плоскостей, позволит печатать сложные объекты без дополнительных опор, а значит, такая печать экономит материал, время печати. Также печать будет создавать формы, максимально приближенные к формам в 3D-редакторах, что повысит точность печати.

### Библиографический список

1. Добротов А.В., Авдеев А.Р., Швец А.А. Анализ способов повышения производительности устройств объемной печати для изготовления сборочных изделий // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – № 11. – С. 3–6.
2. FDM Technology. About Fused Deposition Modeling. – Stratasys Ltd., 2014. – URL: <http://www.stratasys.com/3d-printers/technologies/fdm-technology> (accessed 19 May 2023).
3. Stansbury J.W.; Idacavage M.J. 3D Printing with Polymers: Challenges among Expanding Options and Opportunities // Dent. Mater. – 2016. – No. 32. – P. 54–64.
4. Руководство RCS 3.0.2016–2021 / ООО «Эйдос-робототехника». – 19 с.
5. Принципы создания программы работы устройства объемной печати по трехмерной модели / И.А. Гушин, А.Р. Авдеев, А.А. Швец, А.В. Дроботов // Известия ВолгГТУ. Сер. Прогрессивные технологии в машиностроении. – 2015. – № 11 (173). – С. 50–53.
6. Slicing Triangle Meshes: An Asymptotically Optimal Algorithm / DAINF – UTFPR, 2014. – URL: <http://www.dainf.ct.utfpr.edu.br/murilo/public/slicing.pdf> (accessed 19 May 2023).

7. An Enhanced Slicing Algorithm Using Nearest Distance Analysis for Layer Manufacturing / M. Vatani [et al.] // International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering. – 2009. – Vol. 3, no. 1. – P. 74–79.

### **Сведения об авторах**

**Корепанова Елизавета Владимировна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ4-22-1м, г. Пермь, e-mail: corepanowa.elizaveta@yandex.ru

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: daniel@kurushin-perm.ru

**Петренко Александр Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: hawk321@mail.ru

**Т.А. Кузнецова, А.А. Сухарев**

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ РЕГУЛЯТОР МАЛОЭМИССИОННОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ**

Посвящена разработке и апробации системы автоматического управления эмиссией вредных веществ и пульсациями давления в жаровых трубах для газотурбинной установки мощностью 16 МВт (ГТУ-16) на основе ПИ-регулятора со встроенной нейросетевой математической моделью малоэмиссионной камеры сгорания. Алгоритмы нейросетевого регулятора реализованы в MatLab Simulink R2018b и интегрированы в САУ ГТУ-16 на программно-аппаратной платформе PXI NI. Произведена проверка работоспособности регулятора эмиссии при стендовых испытаниях на имитаторе ГТУ-16 с нейросетевой моделью МЭКС, выполняющей функции виртуального датчика эмиссии. Оценена точность разработанных нейросетевых моделей. Доказана нормальность распределения ошибки для разработанной модели эмиссии оксидов азота. Сделан вывод о перспективности применения нейронных сетей для разработки адаптивной системы управления эмиссией и пульсациями давления в жаровых трубах МЭКС ГТУ.

**Ключевые слова:** газотурбинная установка, малоэмиссионная камера сгорания, эмиссия вредных веществ, встроенная модель, нейросетевой регулятор.

**T.A. Kuznetsova, A.A. Sukharev**

## **THE NEURAL NETWORK CONTROLLER OF A GAS-TURBINE PLANT'S DLE-COMBUSTOR**

The article is devoted to the development and testing of an automatic control system of the harmful substances' emission and pressure pulsations in the flame tubes for a gas turbine plant with a capacity of 16 MW (GTP-16) based on a PI controller with a built-in neural network mathematical model of a dry low emission combustor. The NN controller algorithms are implemented in MatLab Simulink R2018b and integrated into the ACS GTP-16 on the PXI NI hardware and software platform. The operability of the emission controller was checked during bench tests on the GTP-16 simulator with the DLE combustor neural network model performing the functions of a virtual emission sensor. The accuracy of the models is estimated. The normal distribution of the error in the developed model of nitrogen oxide emission is proved. The conclusion is made about the prospects of using to develop an adaptive system for emissions and pressure pulsations controlling in the gas turbine plant's combustor.

**Keywords:** gas turbine plant, low-emission combustion chamber, emission of harmful substances, built-in model, neural network controller.

Выполнение требования снижения вредных выбросов в атмосферу из промышленных газотурбинных установок (ГТУ) следующего поколения может быть обеспечено применением малоэмиссионной камеры

сгорания (МЭКС) с «бедным» фронтом. МЭКС является одной из наиболее важных с точки зрения безопасности подсистем современных ГТУ. Это связано с узостью рабочего диапазона МЭКС, ограниченного, с одной стороны, нормируемым уровнем эмиссии вредных веществ в атмосферу, а с другой – неприемлемыми в эксплуатации режимами срыва пламени или виброгорания. Все это определяет актуальность создания системы автоматического управления эмиссией (САУ) [1].

Известно, что надежность САУ во многом определяется валидностью входной информации о состоянии ГТУ. При этом во многих случаях прямые измерения физических величин в процессе эксплуатации недоступны. Одним из современных трендов обеспечения адаптивности цифровых систем автоматического управления (САУ) к изменению характеристик ГТУ в процессе эксплуатации в условиях информационной неопределенности является создание алгоритмической избыточности для получения дополнительной информации о состоянии объекта управления. Это достигается с помощью применения его встроенной математической модели (ВММ), работающей в реальном времени [2].

В связи с необходимостью обеспечения для работы в режиме реального времени требований высокой компактности (для бортовых САУ) и быстродействия используемых цифровых агрегатов применение математических моделей высокого уровня, характеризующихся сложностью алгоритмов и большим объемом необходимой исходной информации, неприемлемо.

Общим мировым трендом моделирования процессов в сложных существенно стохастических системах (к которым относится МЭКС) является использование технологии искусственного интеллекта (ИИ), которая позволяет повысить адаптивные свойства математической модели к изменению состояния идентифицируемого объекта. Возможный способ решения проблемы – создание моделей подсистем или процессов двигателя на основе нейронных сетей [3].

В предлагаемом исследовании разработана и апробирована САУ МЭКС со встроенной нейросетевой моделью, позволяющей прогнозировать уровень выбросов оксидов азота  $\text{NO}_x$  и углерода  $\text{CO}$  в атмосферу, а также пульсаций давления в жаровых трубах камеры сгорания.

Управление МЭКС осуществляется путем распределения топлива с целью обеспечения заданного уровня вредных выбросов (оксидов азота  $\text{NO}_x \leq 50 \text{ мг/м}^3$  и оксида углерода  $\text{CO} \leq 100 \text{ мг/м}^3$ ) и двойной амплитуды пульсаций давления ( $2A_{\text{RAV}} < 0,2 \text{ кгс/см}^2$ ). Управляющим

сигналом является расход топлива через пилотный контур, или доля топлива в пилотной горелке (PFR – Pilot Fuel Ratio).

Для повышения точности модели при выборе эффективного набора входных параметров нейронной сети был произведен корреляционный анализ с помощью разработанного ПО на Python (v3.6.9), реализующего алгоритмы корреляционного анализа массива экспериментальных данных, полученных при натурных испытаниях различных вариантов (сборок) камеры сгорания в различных атмосферных условиях. Коррелируемость основных входных  $x_i$  (температура и давление в основных сечениях ГТД, расход топлива и др.) и выходных  $y_i$  (уровень эмиссии  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$ , двойная амплитуда пульсаций давления в двенадцати жаровых трубах) параметров МЭКС оценивалась на основе рассчитанной величины коэффициента Пирсона [4].

Как показало проведенное исследование, каждая сборка камеры сгорания имеет индивидуальный портрет в виде матрицы коэффициентов корреляции с некоторыми общими свойствами, а именно ожидаемым сильным влиянием PFR на уровень эмиссии оксидов азота (прямо пропорциональная связь) и пульсации давления (обратно пропорциональная связь). Анализ величины коэффициентов корреляции между входами и выходами моделей эмиссии и пульсаций давления для выбранного варианта сборки камеры сгорания ГТУ-16 МВт приведен на рис. 1.

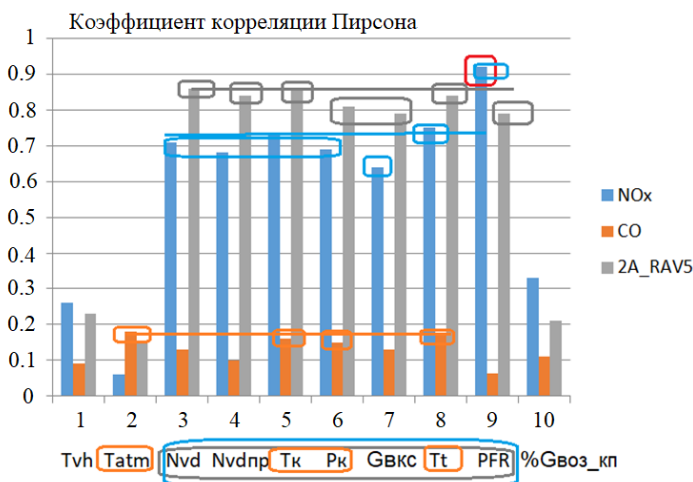


Рис. 1. Анализ величины коэффициентов корреляции между входами и выходами выбранного варианта сборки камеры сгорания ГТУ-16 МВт

Входные параметры при исследовании:  $T_{vh}$  – входная температура (С),  $T_{atm}$  – температура атмосферы (С),  $N_{vd}$  – частота вращения ротора высокого давления (об/мин),  $N_{vd\text{ пр}}$  – приведенная по входной температуре воздуха частота вращения ротора высокого давления (об/мин),  $T_k$  – температура за компрессором высокого давления (С),  $P_k$  – давление за компрессором высокого давления (кг/см<sup>2</sup>),  $G_{вкс}$  – расход воздуха через камеру сгорания (кг/с),  $T_t$  – температура за турбиной (С), PFR – доля топлива в пилотной горелке, %,  $G_{воз\_кп}$  – приведенный расход воздуха через камеру сгорания (%).

Как показали исследования, оптимальный набор координат вектора входа для нейросетевой модели эмиссии  $NO_x$  имеет размерность шесть –  $X \{x_1, \dots, x_6\}$ . И включает  $N_{vd}$ ,  $N_{vd\text{ пр}}$ ,  $T_k$ ,  $P_k$ ,  $T_t$ , PFR. Оптимальный набор координат вектора входа для нейросетевых моделей эмиссии CO и пульсаций давления имеет размерность семь –  $X \{x_1, \dots, x_7\}$ . И дополнительно включает в себя параметр  $G_{вкс}$ .

Расчет параметров сети (число слоев, число нейронов скрытого слоя) велся в соответствии с методикой, приведенной в статье [5].

Моделирование, обучение и тестирование нейронной сети велось в пакете MatLab Simulink R2018b. На основе сравнительного анализа данных модельного эксперимента в качестве функции активации был выбран гиперболический тангенс. В качестве обучающего алгоритма выбран алгоритм обратного распространения ошибки. В качестве алгоритма оптимизации для моделей эмиссии  $NO_x$  и пульсаций давления в жаровых трубах выбрана оптимизация Левенберга – Марквардта. Для модели эмиссии CO выбрана байесовская оптимизация.

Анализ характеристик разработанных нейросетевых моделей уровня вредных выбросов и пульсаций давления с помощью нейросетевых моделей для рассмотренной сборки МЭКС мощностью 16 МВт на обучающей и тестовой выборках приведен в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики разработанных нейросетевых моделей

| Нейросетевая модель | Характеристики                     |                   |                             |                                                                     |
|---------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                     | Количество нейронов в скрытом слое | Количество входов | Среднеквадратическая ошибка | $\bar{\epsilon}$ среднее значение (обучающая и контрольная выборки) |
| $NO_x$              | 11                                 | 6                 | 12,5965                     | 8,4122                                                              |
| CO                  | 15                                 | 7                 | 4,57062                     | 3,1950                                                              |
| 2A_RAV              | 13                                 | 7                 | $5,9 \cdot 10^{-6}$         | 9,9894                                                              |

Также произведена проверка нормальности распределения модуля относительной ошибки разработанной оптимальной нейросетевой модели эмиссии  $\text{NO}_x$  по критерию Пирсона  $\chi^2$  [6]. При выбранном уровне значимости критерия  $q = 0,01(1 \%)$  и числе степеней свободы  $k = 3$  оценена граница критической области  $P\{\chi_n^2 < \chi^2 < \chi_b^2\} = q$ . В рассматриваемом случае было получено

$$\{\chi_n^2 = 0,115\} < \{\chi^2 = 11,11423\} < \{\chi_b^2 = 11,345\},$$

что доказывает истинность принятой гипотезы о нормальности распределения ошибки построенной нейросетевой модели.

В настоящем исследовании для управления МЭКС выбрана структура ПИ-регулятора [7], которая в практике автоматического управления газотурбинными установками является наиболее распространенной для любых процессов.

С развитием новых методов регулирования, таких как нечеткая логика или нейронные сети, ПИ-регулятор не уступил своего доминирующего положения, так как является простым в настройке и обладает понятным для специалистов принципом работы.

Коэффициенты пропорциональной и интегральной частей  $k_p$ ,  $k_i$  ПИ-регулятора выбираются из условий обеспечения необходимого запаса устойчивости САУ по амплитуде и фазе и заданного быстродействия системы. Расчет коэффициентов усиления производился при заданной частоте среза  $\omega_c = 10$  рад/с, необходимой для устойчивой работы регулятора эмиссии совместно с системой управления параметрами двигателя (САУ ГТУ), имеющей в промышленных реализациях более низкую частоту среза.

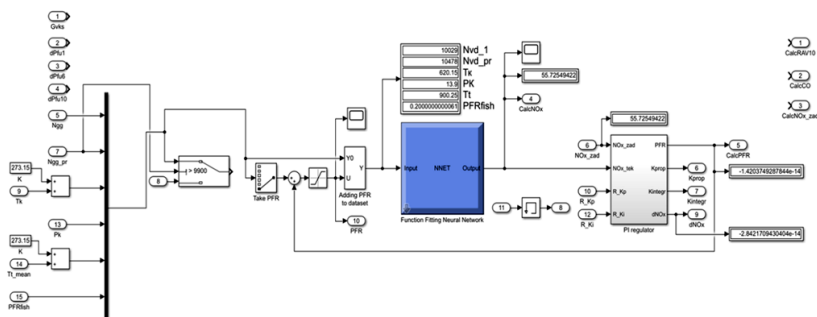


Рис. 2. Реализация нейросетевого регулятора  $\text{NO}_x$  в MatLab / Simulink для интеграции в контроллер САУ PXI NI

Эффективность работы регулятора эмиссии  $\text{NO}_x$  и нейросетевой модели МЭКС, выполняющей функции виртуального датчика эмиссии, была проверена в ходе стендовых испытаний, при которых штатная промышленная САУ подключается к электронному имитатору ГТУ-16 (безмоторный стенд).

На рис. 2 приведена Simulink-реализация нейросетевого регулятора  $\text{NO}_x$ , разработанная для интеграции в контроллер САУ PXIe NI.

По полученным данным испытаний регулятора эмиссии  $\text{NO}_x$  со встроенной нейросетевой моделью камеры сгорания в составе стендовой модели САУ газогенератора при  $T_{\text{vh}}$  в диапазоне от  $-17$  до  $+32$  °C, при  $N_{\text{vd}}$  в диапазоне от 9600 до 11 100 об/мин был проведен анализ точности нейросетевой симуляции эмиссии  $\text{NO}_x$  на безмоторном стенде, результаты которого представлены в табл. 2.

Таблица 2

Проверка точности нейросетевой модели эмиссии  $\text{NO}_x$   
на безмоторном стенде

| Относительная ошибка, %       |                               |                                |                              |                              |                              |                             |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| $\varepsilon_{T_{\text{vh}}}$ | $\varepsilon_{N_{\text{vd}}}$ | $\varepsilon_{N_{\text{vdp}}}$ | $\varepsilon_{T_{\text{K}}}$ | $\varepsilon_{P_{\text{K}}}$ | $\varepsilon_{T_{\text{I}}}$ | $\varepsilon_{\text{NO}_x}$ |
| -0,126                        | -0,028                        | -0,028                         | 0,075                        | -0,241                       | 0,005                        | 3,938                       |
| 0                             | 0                             | 0                              | 0,051                        | 0,391                        | 0,02                         | 22,410                      |
| 0                             | 0                             | 0                              | 0,138                        | 0                            | -0,095                       | -2,682                      |
| 0                             | 0                             | -0,010                         | -0,008                       | -0,930                       | -0,053                       | 1,058                       |
| 0                             | -0,030                        | -0,019                         | -0,008                       | -0,141                       | -0,017                       | -1,647                      |
| 0                             | 0                             | 0,010                          | 0,026                        | 0,196                        | 0,070                        | 0,646                       |
| 0                             | -0,021                        | -0,010                         | -0,077                       | -0,079                       | 0,019                        | 0,533                       |

Результаты стендовых испытаний САУ газогенератора с нейросетевым регулятором эмиссии в составе имитатора газотурбинной установки ГТУ-16 МВт (при отрицательной ошибке регулирования) приведены на рис. 3. В ходе процесса регулирования ошибка стремится к нулю.

Результаты стендовых испытаний САУ газогенератора с нейросетевым регулятором эмиссии в составе имитатора газотурбинной установки ГТУ-16 МВт показали, что точность моделирования параметров МЭКС соответствует заданным целевым показателям погрешности для разрабатываемых моделей, а ошибка регулирования стремится к нулю. Таким образом, использование нейронных сетей для разработки адаптивных систем управления МЭКС ГТУ возможно и перспективно.

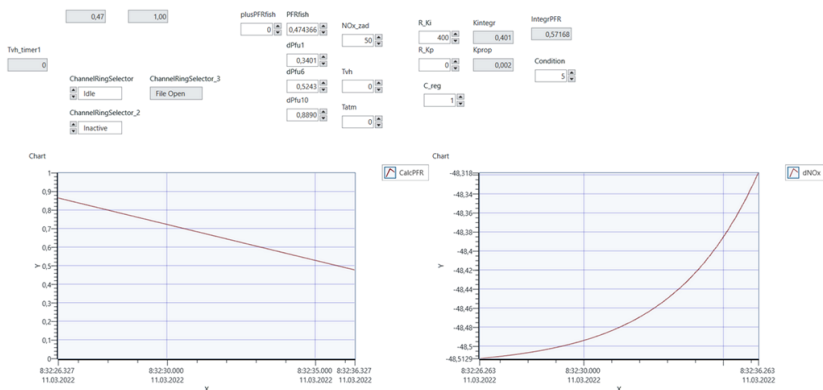


Рис. 3. Данные стендовых испытаний САУ газогенератора с нейросетевым регулятором эмиссии в составе имитатора газотурбинной установки ГТУ-16 МВт

## Библиографический список

1. Августинovich В.Г., Кузнецова Т.А., Нугуманов А.Д. Разработка нейронных систем мониторинга и управления эмиссией вредных веществ для газотурбинных газоперекачивающих агрегатов и электростанций // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – № 8. – 13 с. DOI: 10.18799/24131830/2019/8/2207
2. Malloy D.J., Webb A.T., Kidman D.S. F-22/F119 Propulsion System Ground and Flight Test Analysis Using Modeling and Simulation Techniques // Proc. of ASME Int. Conf. TurboExpo-2002, June 2002, Netherlands. – Vol. 1. – P. 1–8. – URL: <https://doi.org/10.1115/GT2002-30001>
3. Lamont W.G., Roa M., Lucht R. Application of Artificial Neural Networks for the Prediction of Pollutant Emissions and Outlet Temperature in Fuel Staged Gas Turbine Combustion Rig // Proc. of ASME Int. Conf. TurboExpo-2014, June 2014, Germany. – Vol. 4A. – GT2014-25030. – 10 p. – URL: <https://doi.org/10.1115/GT2010-22899>
4. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
5. Kuznetsova T.A. Some features of quality improvement of a neural network identifying a aeroengine low-emission combustion chamber // Proc. of IEEE 3rd Int. Conf. SUMMA-2021, Nov. 2021, Russia, INSPEC Acc. Number: 21485618. DOI: 10.1109/SUMMA53307.2021.9632262

6. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. – Л.: Энергия, 1978. – 262 с.

7. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.

### **Сведения об авторах**

**Кузнецова Татьяна Александровна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КТЭ-21-1м, г. Пермь, e-mail: tatianaakuznetsova@gmail.com

**Сухарев Александр Александрович** – аспирант кафедры «Прикладная математика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, инженер отдела проектирования САУ АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, e-mail: aasukharev95@yandex.ru

**П.В. Кулешов, Д.В. Яруллин, Е.А. Хохрякова,  
Р.А. Файзрахманов**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ДЕНОТАТИВНОГО АНАЛИЗА**

Исследуется способ проектирования аппаратной части робототехнического комплекса на основе предоставленных технических требований с применением методов денотативного анализа. Описан возможный поэтапный ход работы при использовании данного способа. Также рассмотрены основные сложности, которые могут возникнуть в ходе проектирования аппаратной части робототехнического комплекса данным способом.

**Ключевые слова:** аппаратная часть промышленного робототехнического комплекса, парсинг данных, денотативный анализ.

**P.V. Kuleshov, D.V. Yarullin, E.A. Khokhryakova,  
R.A. Fayzrakhmanov**

## **HARDWARE DESIGN OF INDUSTRIAL ROBOTIC SYSTEMS USING DENOTATIVE ANALYSIS METHODS**

The method of designing the hardware part of a robotics system based on the provided technical requirements using the methods of denotative analysis is investigated in this article. A possible step-by-step process of work using this method is described. The main difficulties that may arise during the design of the hardware of the robotics complex by this method are also considered.

**Keywords:** hardware of the industrial robotics complex, data parsing, denotative analysis.

В современном мире проектирование робототехнических комплексов обретает все большие масштабы. Актуальной становится проблема выявления новых более быстрых способов проектирования аппаратной части промышленного робототехнического комплекса на основании технических требований заказчика.

Первым этапом работы является получение технического задания от заказчика. Текст задания должен представлять собой электронный документ в формате Word или pdf. Внутри документа не должно содержаться отсканированного текста.

Далее производится парсинг технического задания с помощью специальной функции, написанной на языке Python. Из всего текста выделяются названия всех электронных компонентов, необходимых для создания аппаратной части робототехнического комплекса, а также их основные характеристики (размер, мощность, потребляемые сила тока и напряжение и др.) [1].

Список необходимых деталей также может выводиться в визуальном формате. Например, это может быть изображение робототехнического комплекса с подписанными компонентами (рис. 1).



Рис. 1. Робототехнический комплекс с обозначением компонентов

Выделенные компоненты представляются в виде денотативного графа для более удобной работы с данной информацией. Верхушкой графа является робототехнический комплекс. Денотативный граф должен иметь вид, представленный на рис. 2 [2].

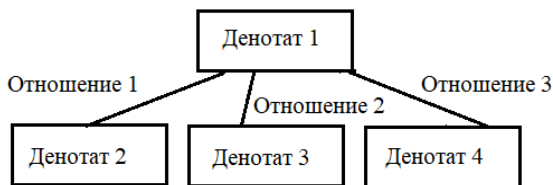


Рис. 2. Модель денотативного графа

Следующим шагом является поиск необходимых компонентов на различных сайтах.

Сайты для поиска должны быть выведены в отдельный список. Эти сайты должны соответствовать следующим требованиям:

1. Сайт должен являться официальной страницей того или иного магазина электронных товаров.

2. Товар, который представлен, должен быть качественным и сертифицированным в Российской Федерации.

Также список сайтов для поиска компонентов должен быть согласован с заказчиком. По требованию заказчика в список могут быть добавлены новые сайты либо удалены уже существующие.

Поиск необходимых компонентов на сайтах также выполняет отдельная функция, написанная на языке Python [3].

Все найденные компоненты представляются в виде списка и упорядочены по назначению и по стоимости компонента. Представление списка компонентов происходит с помощью веб-страницы. В данном представлении указывается назначение компонента, его название, характеристики, название сайта, где он был найден, стоимость и ссылка на его веб-страницу внутри сайта.

Данный алгоритм не является идеальным. Могут возникать трудности с парсингом технического задания: некоторые компоненты могут пропускаться функцией. Также не все найденные компоненты могут полностью соответствовать требованиям заказчика.

### **Библиографический список**

1. Что такое парсинг файлов: способы и методы парсинга [Электронный ресурс]. – URL: <https://markedata.io/chto-takoe-parsing-fajlov-sposoby-i-metody-parsinga/?ysclid=li3hl5qrgz356657607>

2. Богословская И.В. Метод денотативного анализа при изучении структуры текста [Электронный ресурс] // Языковое бытие человека и этноса. – 2011. – № 18. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-denotativnogo-analiza-pri-izuchenii-struktury-teksta>

3. Что такое парсер и как с ним работать [Электронный ресурс]. – URL: <https://romi.center/ru/learning/article/what-is-data-parsing?ysclid=li3hl23t8r611399334>

### **Сведения об авторах**

**Кулешов Павел Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pykuleshov123@gmail.com](mailto:pykuleshov123@gmail.com)

**Яруллин Денис Владимирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [d.v.yarullin@ya.ru](mailto:d.v.yarullin@ya.ru)

**Хохрякова Елизавета Андреевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИПР-22-1м, г. Пермь, e-mail: [elizaveta-kireeva@yandex.ru](mailto:elizaveta-kireeva@yandex.ru)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:Fayzrakhmanov@gmail.com)

**М.Ю. Куликов, В.Д. Сушенцев,  
Е.А. Хохрякова, А.Л. Погудин**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО И АППАРАТНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
СИСТЕМЫ ПОДАЧИ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ  
ДЛЯ СВАРОЧНОГО АППАРАТА ЛАЗЕРНОГО ТИПА  
НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Представлено исследование и разработка механизма подачи для сварочного аппарата лазерного типа. Механизм подачи играет важную роль в автоматизации процесса сварки, заменяя ручной труд, и позволяет ускорить промышленное производство. В ходе решения задач разработаны алгоритмы взаимодействия программно-аппаратной части устройства, смоделированы структурная, монтажная и принципиальная схемы механизма, разработано программное обеспечение согласно требованиям, предъявляемым к системе.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, сварочный аппарат, механизм подачи, STM32, STM32CubeIDE, управление процессом.

**M.Yu. Kulikov, V.D. Sushentsev,  
E.A. Khokhryakova, A.L. Pogudin**

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE  
FOR AUTOMATED WELDING WIRE FEEDING SYSTEM  
FOR LASER TYPE WELDING MACHINE ON THE BASIS  
OF MICROCONTROLLER CONTROL**

The article presents the research and development of a feed mechanism for a laser-type welding machine. The feed mechanism plays an important role in automating the welding process, replacing manual labor and speeding up industrial production. In the course of solving problems, algorithms for the interaction of the hardware-software part of the device were developed, the structural, assembly and circuit diagrams of the mechanism were modeled, software was developed in accordance with the requirements for the system.

**Keywords:** automated system, welding machine, feed mechanism, STM32, STM32CubeIDE, process control.

Автоматизированные системы сварки являются важным инструментом в производственном процессе, упрощают задачу операторам и повышают качество выпускаемой продукции [1].

Механизм подачи является ключевым компонентом управляемой системы автоматизированного сварочного процесса. Цель работы заключается в создании надежного, эффективного и гибкого механизма подачи, способного обеспечивать точность и повторяемость движения.

В ходе решения поставленных задач проанализированы сварочные процессы и способы автоматизации данных процессов, спроектированы как алгоритмы работы механизма подачи в целом, так и алгоритмы работы отдельных блоков системы, смоделированы схемотехническая и информационная части системы и разработано программное обеспечение, обеспечивающее безотказную работу механизма подачи сварочной проволоки. Итогом работы является разработанный механизм подачи, который предназначен для использования в промышленных сварочных процессах.

Актуальность разработки и использования механизма подачи сварочной проволоки для сварочного аппарата лазерного типа определена следующим: замена зарубежным аналогам; ускорение сварочного процесса; повышение качества изготавливаемой продукции.

**Устройство механизма.** Управляемая микроконтроллером система подачи сварочной проволоки для лазерного сварочного аппарата представляет собой сложную систему, которая играет решающую роль в процессе сварки [2].

Общий вид устройства изображен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид механизма подачи сварочной проволоки

Система состоит из нескольких взаимосвязанных компонентов, в том числе микроконтроллера, драйвера шагового двигателя, шагового двигателя, блока питания контроллера, блока питания драйвера шагового двигателя, семисегментного дисплея и датчика угла поворота (энкодер) со встроенной кнопкой.

На рис. 2 приведена схема взаимодействия компонентов системы от начала сварочного процесса до подачи сварочной проволоки с учетом возможности регулировать сварщиком параметры с помощью кнопки и энкодера и отображения значений на семисегментном индикаторе.

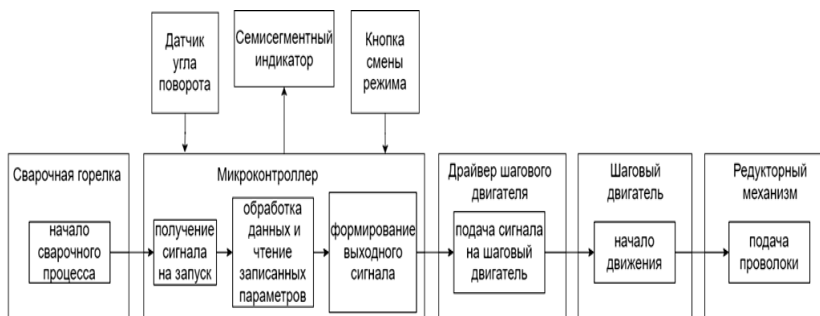


Рис. 2. Взаимодействие устройств внутри механизма

Монтажная схема механизма подачи сварочной проволоки приведена на рис. 3.

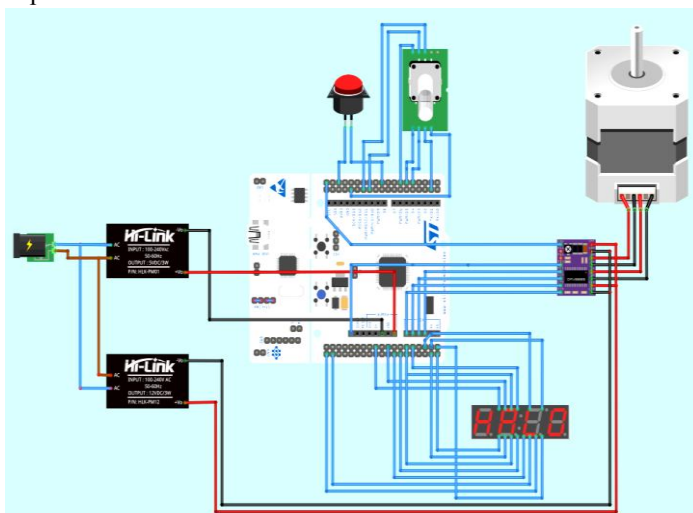


Рис. 3. Монтажная схема механизма подачи

**Алгоритм взаимодействия микроконтроллера.** Алгоритм взаимодействия микроконтроллера с устройствами механизма представлена на рис. 4.

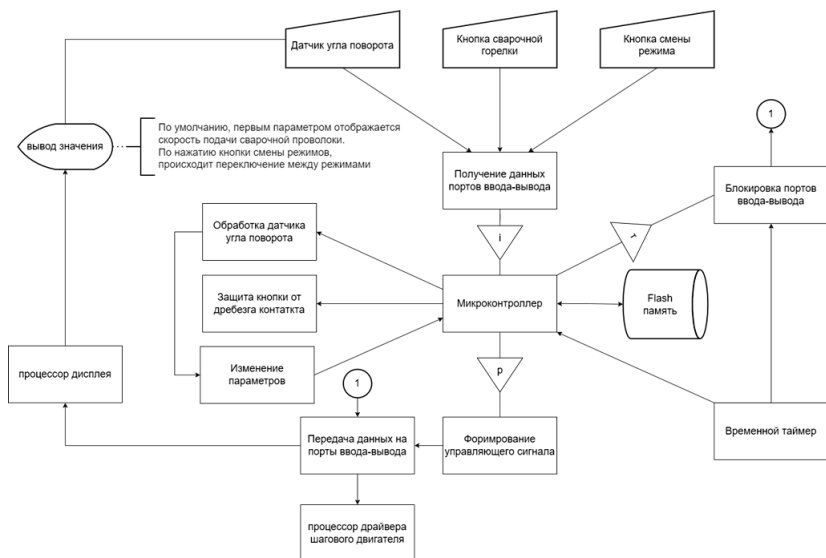


Рис. 4. Алгоритм взаимодействия микроконтроллера

Микроконтроллер получает информацию о состоянии портов ввода-вывода за счет прерываний на опрос порта. При изменении состояния какого-либо порта ввода-вывода происходит считывание полученного состояния.

В программной части микроконтроллера предусмотрена защита кнопок и датчика угла поворота отдребезга контакта, что позволяет исключить ложное срабатывание компонента. Поскольку датчик угла поворота имеет своеобразный принцип работы, при срабатывании происходит обработка сигнала датчика угла поворота, которая определяет, что требуется произвести: увеличение или уменьшение значения выбранного режима.

Во время выполнения операций в работе с устройствами механизма микроконтроллер обращается к Flash-памяти, где хранится код программы и необходимые для работы переменные [3].

За прерывания в работе микроконтроллера отвечает временной таймер, который задает частоту обращений микроконтроллера к выполняемой задаче.

Для вывода цифробуквенного обозначения на семисегментный индикатор микроконтроллер формирует управляющий сигнал и передает данные на порты ввода-вывода, подключенные к индикатору.

В случае нажатия кнопки начала работы микроконтроллер блокирует порты ввода-вывода кнопки смены режима и передает на индикатор значение режима скорости подачи сварочной проволоки, далее формирует выходной сигнал, который передается посредством портов ввода-вывода на драйвер шагового двигателя, впоследствии приводящий в движение шаговый двигатель.

**Инициализация портов ввода-вывода.** Для работы с шаговым двигателем, энкодером и индикатором необходимо подключить соответствующие библиотеки, которые уже имеются в STM32CubeIDE. Например, для работы с шаговым двигателем используется библиотека StepDir, для работы с энкодером – библиотека EncoderDir, а для работы с семисегментным индикатором – библиотека TM1637 [4, 5].

Листинг 1 – Инициализация портов ввода-вывода

```
#include "main.h"
#include "StepDir.h"
#include "ButtonDir.h"
#include "EncoderDir.h"
#include "TM1637.h"

void SystemClock_Config(void);

static void MX_GPIO_Init(void);

// Инициализация портов ввода-вывода
static void MX_GPIO_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};

    // Включение тактирования портов ввода-вывода
    __HAL_RCC_GPIOH_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();

    // Настройка уровней выходных сигналов порта GPIOB
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, CLK_Pin | DIO_Pin |
    EncButton_Pin | JobButton_Pin | StepDIR_Pin
    | StepCLK_Pin | StepFrq_Pin, GPIO_PIN_RESET);

    // Настройка режимов работы портов GPIOB
    GPIO_InitStruct.Pin = StepDIR_Pin | StepCLK_Pin |
    StepFrq_Pin | CLK_Pin | DIO_Pin |
```

```

JobButton_Pin;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

// Настройка режимов работы портов GPIOA
GPIO_InitStruct.Pin = JobButton_Pin | EncButton_Pin;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_IT_RISING;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP;
HAL_GPIO_Init(EncButton_GPIO_Port, &GPIO_InitStruct);
}

```

Данный листинг представляет инициализацию портов ввода-вывода микроконтроллера.

Функция `SystemClock_Config()` настраивает системные тактовые настройки микроконтроллера.

Функция `MX_GPIO_Init()` инициализирует порты ввода-вывода микроконтроллера.

Код в блоке `__HAL_RCC_GPIOH_CLK_ENABLE()` и `__HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE()` включает тактирование портов.

Функция `HAL_GPIO_WritePin()` устанавливает низкий уровень на указанных портах GPIOB (`CLK_Pin`, `DIO_Pin`, `EncButton_Pin`, `JobButton_Pin`, `StepDIR_Pin`, `StepCLK_Pin`, `StepFrq_Pin`).

Структура `GPIO_InitStruct` инициализируется нулевыми значениями, используется для конфигурации параметров порта ввода-вывода (GPIO) микроконтроллера. Структура предоставляет способ задания различных настроек, таких как режим работы порта, подтяжка / размыкание входного сигнала, скорость переключения и другие свойства порта.

В блоке `GPIO_InitStruct.Pin` настраиваются пины порта GPIOB, определяющие режим работы и функцию порта.

**Выводы.** В ходе проекта разработаны и интегрированы в систему различные компоненты, в том числе микроконтроллер, драйвер шагового двигателя, шаговый двигатель, блоки питания, семисегментный дисплей и энкодер со встроенной кнопкой.

Система прошла успешные испытания и показала, что обеспечивает точное и надежное управление процессом подачи сварочной проволоки. Более того, продемонстрировано значительное повышение скорости сварочного процесса и улучшение качества получаемого изделия.

### Библиографический список

1. Статьи для высших учебных заведений [Электронный ресурс] // Виды способов сварки. – URL: [https://bstudy.net/752953/tehnika/vidy\\_sposoby\\_svarki](https://bstudy.net/752953/tehnika/vidy_sposoby_svarki) (дата обращения: 23.04.2023).
2. Электронно-лучевая и лазерная сварка [Электронный ресурс]. – URL: <https://dprm.ru/tkm/elektronno-luchevaa-i-lazernaa-svarka> (дата обращения: 23.04.2023).
3. Автоматизированные системы управления технологическим процессом сварки [Электронный ресурс]. – URL: <https://multiurok.ru/files/avtomatizirovannyye-sistemy-upravleniia-tekhnologichieskim-protsessom-svarki-mietodichieskie-riekomiendatsiipo-vypolnieniuiu-praktichieskoi-raboty.html> (дата обращения: 23.04.2023).
4. Прямой доступ к памяти в STM32 [Электронный ресурс]. – URL: <http://mypractic.ru/registry-dma#2> (дата обращения: 23.04.2023).
5. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs – Documentation. – URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html> (accessed 23 April 2023).

### Сведения об авторах

**Куликов Максим Юрьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [mky.prm@gmail.com](mailto:mky.prm@gmail.com)

**Сушенцев Владимир Денисович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [Cool.ya-vovas@yandex.ru](mailto:Cool.ya-vovas@yandex.ru)

**Хохрякова Елизавета Андреевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИПР-22-1М, г. Пермь, e-mail: [elizaveta-kireeva@yandex.ru](mailto:elizaveta-kireeva@yandex.ru)

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pogudin\\_al@mail.ru](mailto:pogudin_al@mail.ru)

**К.А. Кылосова, Л.Ю. Прозорова, Р.А. Файзрахманов**

**АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ПО НАЗНАЧЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ КРП  
В СИСТЕМАХ МОТИВАЦИИ СОТРУДНИКОВ**

Представлен алгоритм поиска оптимальных коэффициентов ключевых показателей эффективности для мотивационных систем сотрудников предприятия путем замены натурального эксперимента математической моделью.

**Ключевые слова:** задача оптимального управления, оптимальные критерии КРП, результативность системы, математическая модель.

**K.A. Kylosova, L.Y. Prozorova, R.A. Fayzrakhmanov**

**DECISION SUPPORT ALGORITHM FOR ASSIGNING KPI  
COEFFICIENTS IN EMPLOYEE MOTIVATION SYSTEMS**

The article presents an algorithm for finding the optimal coefficients of key performance indicators (KPIs) for motivational systems of employees of the enterprise by replacing the field experiment with a mathematical model.

**Keywords:** optimal management task, optimal KPI criteria, system performance, mathematical model.

Большинство новейших систем мотивации персонала представляют собой сложную организацию из множества взаимодополняющих элементов, каждый из которых имеет свои характеристики, критерии и параметры работы. Чаще всего такие мотивационные системы функционируют в постоянно изменяющихся условиях внешней и внутренней среды.

Результативность работы таких систем напрямую зависит от выбора и своевременного изменения параметров системы. Таким образом, возникает потребность в выборе оптимальных параметров работы системы в меняющихся условиях.

Выбор оптимальных критериев системы заключается в определении значений показателей, которые при существующих ограничениях обеспечивают наилучшие показатели качества системы.

Задача оптимального управления состоит в достижении экстремума некоторой величины  $J$  – критерия оптимальности. Критерий опти-

мальности может служить оценкой качества переходного или установившегося процесса в системах автоматического управления и отражать технические или экономические показатели системы [1].

Однако выбор оптимальных параметров системы затрудняется необходимостью многократного проведения экспериментов для проверки работы системы при изменении ее параметров с целью поиска наиболее соответствующих заданному критерию оптимальности значений.

Такой подход оказывается очень дорогостоящим как по ресурсным, так и по организационным и временным потерям.

Кроме того, повторение множества однотипных экспериментов может сильно увеличить бюджет исследований, если для изменения параметров системы потребуются серьезные изменения в конструкции системы или составляющих ее элементах. В общем виде алгоритм поиска значений оптимальных параметров системы мотивации персонала представлен на рис. 1.

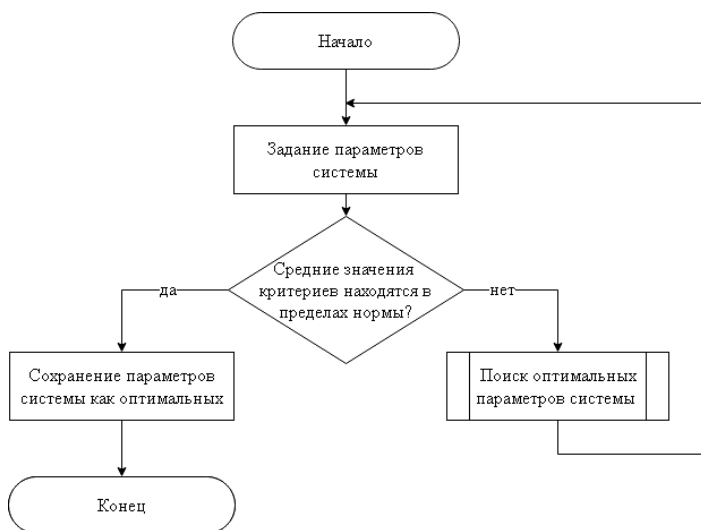


Рис. 1. Алгоритм поиска значений оптимальных параметров системы

Для выбора оптимальных параметров мотивационной системы необходимо решить соответствующую оптимизационную задачу.

Методы оптимизации, используемые для решения различных оптимизационных задач, во многом зависят от свойств минимизируемой функции: непрерывности, выпуклости и т.д.

В настоящий момент для решения задач оптимизации используют в основном следующие методы:

- методы исследования функций классического анализа;
- методы, основанные на использовании неопределенных множителей Лагранжа;
- вариационное исчисление;
- динамическое программирование;
- принцип максимума;
- линейное программирование;
- нелинейное программирование.

Результаты решения данными методами чаще всего не могут быть выражены в аналитической форме, а получаются в табличном виде. Помимо этого, используют вычислительные машины с достаточным объемом памяти для хранения промежуточных результатов решения.

Выбор того или иного метода основывается на сложности вычисления критерия оптимальности и сложности ограничивающих условий, требуемой точности решения, мощности имеющейся вычислительной машины и т.д. Многие методы нелинейного программирования практически всегда используются в сочетании с другими методами оптимизации, такими как, например, метод сканирования в динамическом программировании.

Метод определения оптимальных параметров системы с использованием математической модели процессов, происходящих в системе, позволяет существенно упростить и лишить поиск оптимальных параметров системы описанных выше недостатков [2].

Диаграмма поиска оптимальных параметров работы системы представлена на рис. 2.

Метод основан на замене проведения натурных экспериментов системой математической модели (ММ) этой системы, изменяя входные параметры которой, можно быстро и с минимальными ресурсными затратами оценить работу реальной системы при изменении ее параметров в течение заданного времени.

Корректность поиска оптимальных параметров системы требует адекватности составленной математической модели реальным процессам системы, т.е. математическая модель системы должна иметь возможность отражать ее свойства не выше заданной погрешности. Адекватность модели оценивается путем проверки соответствия расчетных данных данным, полученным в результате эксперимента.

ТУ - технические условия  
 ТЗ - техническое задание  
 ММ - математическая модель  
 ПРА - программа регрессионного анализа  
 УВФ - уравнение влияния факторов  
 ЗНП - задача нелинейного программирования  
 ПНП - программа нелинейного программирования

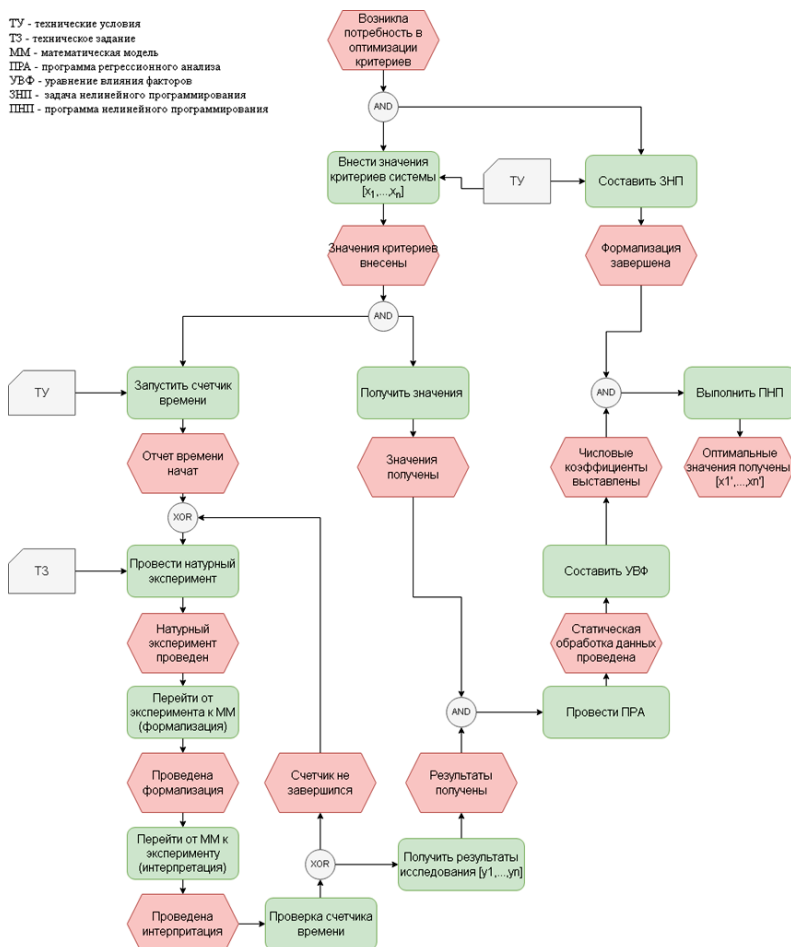


Рис. 2. Диаграмма поиска оптимальных значений критериев системы мотивации сотрудников предприятия

Работа любой системы в первую очередь определяется установленными для нее техническими условиями (ТУ).

ТУ разрабатываются по решению разработчика и/или изготовителя либо по требованию заказчика (потребителя). В спецификациях описываются требования к системе и ее работе, а также методы контроля (испытаний) для проверки соответствия работы системы установленным требованиям [3].

Технические условия работы системы определяют набор параметров (показателей) системы  $[X_1, \dots, X_n]$ , значения которых являются входными данными для математической модели некоторой нелинейной мотивационной системы. Результатом изучения математической модели по заданным параметрам являются значения  $[Y_1, \dots, Y_n]$ .

После проведения экспериментов с математической моделью данные всех параметров системы  $[X_1, \dots, X_n]$  и результаты работы модели  $[Y_1, \dots, Y_n]$  обрабатываются статистически с помощью программы регрессионного анализа (ПРА). Регрессионный анализ позволяет установить связь между изменением параметров системы и результатами ее работы.

По результатам работы ПРА составляется уравнение влияния факторов (УВФ). УВФ определяет числовой коэффициент для каждого параметра работы системы, соответствующий изменению результатов работы системы в результате изменения этого параметра.

Выбор оптимальных параметров работы осуществляется путем решения задачи нелинейного программирования (ЗНП), формализация которой возможна из ТУ. Для ЗНП определяются условия ограничений параметров системы, а также критерий оптимизации системы.

Решение ЗНП осуществляется программой нелинейного программирования (ПНП) с учетом составленного уравнения влияния факторов. В результате решения ЗНП получаем значения оптимальных при заданных условиях параметров работы системы  $[X'_1, \dots, X'_n]$ .

После проделанных действий можно переходить к изменению необходимых значений критериев в реальной системе.

Таким образом, исследование математической модели позволяет сэкономить ресурсные, временные и организационные затраты на выбор оптимальных значений критериев системы.

### **Библиографический список**

1. Гладков Л.А. Методы решения задач оптимизации / Южный федеральный университет. – Ростов н/Д.; Таганрог, 2019. – 118 с.
2. Корякин Д.С. Поиск оптимальных параметров промышленных систем // Тр. XVIII Междунар. молодеж. конф., октябрь 2018 г. / под общ. ред. А.В. Толока. – 2018. – С. 389–391.
3. ГОСТ 2.114–2016. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Технические условия. – Введ. 2017.04.01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 16 с.

### **Сведения об авторах**

**Кылосова Ксения Алексеевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ5-21-1м, г. Пермь, e-mail: kylosova.k.a@mail.ru

**Прозорова Любовь Юрьевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: ljur@mail.ru

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

**А.А. Кытманов, Д.Б. Кузнецов**

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАЗРАБОТОК ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ ОБСЛУЖИВАНИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Проводится анализ современных систем Help Desk и Service Desk, доступных на текущий момент. Целью статьи является выделение и оценка основных достоинств и недостатков существующих на рынке информационных систем для последующего анализа и разработки своей собственной системы. Рассматриваются четыре основных системы и их сравнение.

**Ключевые слова:** Help Desk, Service Desk, ИТ-инфраструктура.

**A.A. Kytmanov, D.B. Kuznetsov**

## **ANALYSIS OF EXISTING DEVELOPMENTS OF INFORMATION SYSTEMS FOR AUTOMATION OF IT INFRASTRUCTURE MAINTENANCE TASKS**

This article analyzes the modern Help Desk and Service Desk systems currently available. The purpose of the article is to highlight and evaluate the main advantages and disadvantages of information systems existing on the market for subsequent analysis and development of their own system. The article discusses four main systems and their comparisons.

**Keywords:** Help Desk, Service Desk, IT infrastructure.

Автоматизация задач, связанных с обслуживанием ИТ-инфраструктуры, является неотъемлемой частью работы технической поддержки. Эти задачи решаются при помощи технических специалистов и автоматизированных систем Help Desk или Service Desk. Путем использования этих систем обеспечивается удобное управление запросами пользователей и упрощается процесс решения возникающих проблем в ИТ-инфраструктуре.

**Help Desk и Service Desk – что это такое?** Help Desk – это система, которая предназначена для управления запросами пользователей, связанными с решением проблем в ИТ-инфраструктуре. Обычно в Help Desk-системе пользователь может создать тикет (запрос) с описанием своей проблемы, а затем он будет назначен на соответствующего спе-

специалиста, который решит проблему и ответит на запрос. Service Desk представляет собой расширенную систему, включающую в себя не только функционал Help Desk, но также управление инцидентами, управление изменениями, управление конфигурацией и другие функции, связанные с ИТ-инфраструктурой. Обычно Service Desk применяется для решения сложных и масштабных задач, включающих управление ресурсами, управление проектами и управление задачами.

**Анализ существующих разработок.** На рынке существует множество различных разработок систем Help Desk и Service Desk. Ниже рассмотрены некоторые из них.

Zendesk – это инструмент для управления заявками в форме отдельных тикетов, который отличается современным дизайном и широкими возможностями для решения различных проблем. Доверие к надежности Zendesk подтверждается тем, что его использует популярная платформа Twitter. Этот сервис также предлагает собственную базу знаний, разделы для аналитики и множество других полезных функций.

Request Tracker (RT), также известный как «Реквест Трекер» или RT, представляет собой систему учета заявок пользователей на предприятии. Его целью является упрощение процесса отслеживания выполнения различных работ и организация интеллектуального и эффективного управления задачами как внутри компании, так и за ее пределами. RT обеспечивает функциональность для эффективного учета и отслеживания заявок, помогая оптимизировать рабочие процессы и обеспечить эффективное управление задачами внутри и вне компании.

JIRA Service Desk – это система Help Desk, которая обеспечивает широкие возможности управления запросами пользователей. JIRA Service Desk позволяет настраивать права доступа, автоматически распределять запросы между специалистами и обеспечивать контроль за выполнением запросов.

IntraService – это система учета заявок с удобным веб-интерфейсом, которая идеально подходит для обработки запросов клиентов, простого создания задач на разных уровнях поддержки, организации полноценного сервиса Service Desk и предоставления аутсорсинговых услуг. Она обеспечивает эффективное управление заявками, облегчает процесс работы с клиентами и способствует организации службы поддержки на высоком уровне.

Сравнение описанных программных продуктов приведено в таблице.

## Сравнение систем Help Desk и Service Desk

| Параметр                                                                            | JIRA Service Desk                                                                       | Zendesk                                            | RT                                                                                                            | IntraService                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отечественный / иностранный                                                         | Иностранный                                                                             | Иностранный                                        | Иностранный                                                                                                   | Отечественный                                                                                                                                         |
| Тип распространения                                                                 | SaaS и коробка                                                                          | SaaS                                               | SaaS, Open-source, GPL v2                                                                                     | SaaS и коробка                                                                                                                                        |
| Цена                                                                                | От 800 руб. за 10 пользователей в год                                                   | От 400 руб. за 1 лицензию на 1 APM                 | Система является бесплатной, но есть платная поддержка; при аренде – от 17 000 руб. /мес.                     | От 10 000 руб. / мес.                                                                                                                                 |
| Интерфейс на русском языке                                                          | Да                                                                                      | Да                                                 | Да                                                                                                            | Да                                                                                                                                                    |
| Оплата использования и документы согласно законодательству РФ (оферта, счета, акты) | Да                                                                                      | Да                                                 | Да                                                                                                            | Да                                                                                                                                                    |
| Интерфейс, особенности                                                              | Веб-интерфейс довольно гибок и настраиваем                                              | Легкий веб-интерфейс. Есть кастомизация интерфейса | Система предлагает веб-интерфейс, который обеспечивает возможность отдельной работы со списками и документами | Веб-интерфейс системы отличается легкостью использования, а также позволяет удобно работать с разными списками и документами независимо друг от друга |
| Отслеживание и управление заявками                                                  | Да                                                                                      | Да                                                 | Да                                                                                                            | Да                                                                                                                                                    |
| Ленты активности по заявкам                                                         | Да, содержит информацию о том, кто и когда добавил комментарий                          | Нет, только история переписки                      | Да, есть история                                                                                              | Да, в виде жизненного цикла заявки                                                                                                                    |
| Поддержка преднастроенных тем заявок и сроков их обработки                          | Да, можно настроить сроки обработки заявок, позволяет создавать собственные темы заявок | Можно реализовать через триггеры                   | Нет                                                                                                           | Да, через Сервисы                                                                                                                                     |
| Экспорт отчетов в CVS                                                               | Да                                                                                      | Зависит от тарифа                                  | Нет                                                                                                           | Да                                                                                                                                                    |
| Интеграция с электронной почтой, в том числе вложения                               | Да, полная, двухсторонняя                                                               | Да, полная, двухсторонняя                          | Да, полная, двухсторонняя                                                                                     | Да, частичная, двухсторонняя                                                                                                                          |

Рассмотренные выше приложения выполняют стандартные для таких систем задачи, но имеют существенные недостатки:

- каждая из рассматриваемых систем требует значительной доработки под бизнес-процессы компании, большая трудоемкость в настройке;

- отсутствие сопровождения технической поддержки;

- скудные возможности для масштабируемости и модернизации.

Стоимость покупки и внедрения коммерческих систем является значительной, что может ограничивать их использование в компаниях.

### **Сведения об авторах**

**Кытманов Алексей Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-18-16з, главный специалист ИТ-отдела, ГКБУК «ПГКУБ им. А.М. Горького», г. Пермь, e-mail: kytmanov\_aleksei@hotmail.com

**Кузнецов Денис Борисович** – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kdenisb@gmail.com

**А.Л. Погудин, В.А. Ладыгин,  
В.А. Ладыгин, И.Б. Иванов**

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА «РОБОТ-ГЕКСАПОД» НА БАЗЕ ARDUINO**

Рассмотрены технологии, используемые в процессе разработки робота-гексапода. Проанализированы существующие решения. Разработано программное обеспечение, блок-схемы алгоритмов функций. Построена модель системы в программе схемотехнического и 3D-моделирования. Разработан прототип устройства.

**Ключевые слова:** робот-конструктор, гексапод, блок-схемы алгоритмов, модель системы, тестирование, среда разработки, параметры элементов модели, 3D-моделирование, схемотехническое моделирование.

**A.L. Pogudin, V.A. Ladygin,  
V.A. Ladygin, I.B. Ivanov**

## **DEVELOPMENT OF THE TRAINING COMPLEX "ROBOT HEXAPOD" BASED ON ARDUINO**

The article discusses the technologies used in the process of developing the Hexapod Robot, analyzes existing solutions, develops software, block diagrams of function algorithms, builds a system model in a circuit and 3D modeling program, and develops a device prototype.

**Keywords:** robot constructor, hexapod, block diagrams of algorithms, system model, testing, development environment, parameters of model elements, 3D modeling, circuit modeling.

В настоящее время интерес к робототехнике и потребность в использовании роботов растет во всем мире. На данный момент уже создано большое количество различных видов роботов. Они различаются по назначению, способу управления, числу степеней подвижности и т.п. Функциональные возможности робота зависят от конкретной задачи, которую он должен выполнять, а также от таких факторов, как объем рабочего пространства, скорость и продолжительность работы.

Выбор темы обусловлен высокой стоимостью и несовершенством существующих конструкторов. Повысить интерес к данному направле-

нию и улучшить качество обучения можно, только сократив денежные затраты на создание конструктора, а также автоматизировав процесс создания. Использование конструкторов при обучении робототехнике способствует развитию технического творчества в области мехатроники и робототехники. Также конструкторы могут применяться для выполнения лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов для определенных направлений [1].

Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения заинтересованности среди детей школьного и дошкольного возраста с целью привития творческих навыков в 3D-моделировании и разработке программ начального уровня сложности с использованием языка программирования на базе контроллеров Arduino.

Цель проекта – разработка учебно-тренировочного комплекса «робот-гексапод» на базе Arduino.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

- 1) провести обоснование выбора прикладных программ;
- 2) провести обоснование выбора элементной базы робота;
- 3) разработать проект аппаратной части робота;
- 4) разработать проект программной части робота;
- 5) спроектировать программное и схмотехническое обеспечение робота;
- 6) собрать и протестировать получившийся продукт;
- 7) рассчитать социально-экономическую эффективность.

**Анализ шагающих роботов.** Рассмотрена полная спецификация роботов по типу механической части, таких как мобильные, которые включают в себя наземных, водных и воздушных роботов, манипуляционных и мобильно-манипуляционных.

Поскольку робот-гексапод является наземным, то детально рассмотрены наземные роботы, а также описаны их достоинства: высокая проходимость, маневренность и точность маневрирования, и недостатки: сложность конструкции, сложность в программировании, низкая скорость [2].

При проведении анализа шагающих роботов рассмотрены основные критерии для шагающих роботов. Для реализации выбраны следующие критерии и составляющие робота:

- 1) модель движения – насекомое;
- 2) типы и количество ног – шесть одинаковых конечностей;
- 3) расположение ног по отношению к туловищу – расставлены симметрично по кругу;
- 4) стабильность – статическая походка;
- 5) тип походки – волновая;
- 6) вид приводов – электродвигатель (серводвигатель);
- 7) степеней свободы робота – 12;
- 8) вид конечностей – однорычажный многосегментный;
- 9) алгоритм походки – алгоритм с заранее сконфигурированными параметрами;
- 10) алгоритм движения – 3+3-инсектоподобный.

**Выбор модели реализации и прикладных программ.** После проведения анализа рынка шестиногих роботов решено сделать робота по подобию робота Hexapod Robot Kit. После изучения различных инструментов работы с 3D-моделированием выбрана программа TinkerCAD. После анализа сред разработки (IDE) выбрана среда Arduino IDE.

После анализа систем управления (микроконтроллеров) выбран для основной работы робота микроконтроллер Arduino Nano. Средой для схемотехнического моделирования выбрана программа Fritzing [3].

**Схемы робота.** На рис. 1, 2 представлены схема обработки движений и блок-схема состояний, в которые может перейти робот.

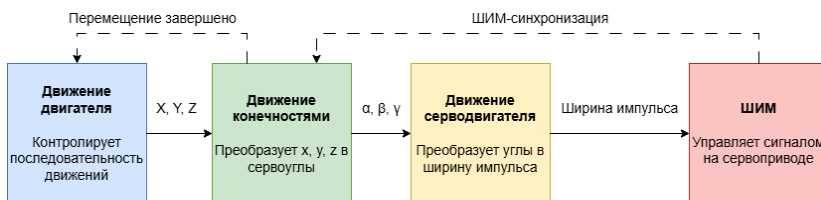


Рис. 1. Схема обработки движения

**Разработка аппаратного и схемотехнического обеспечения.** На рис. 3, 4 представлены схемотехнические решения робота и геймпада. Для создания робота потребуется зуммер, Arduino Nano V3, поворотный потенциометр, BlueTooth HC05, сервоконтроллер Adafruit на 16 каналов, 12 серводвигателей MG90, аккумуляторный отсек с аккумуляторами 18650.

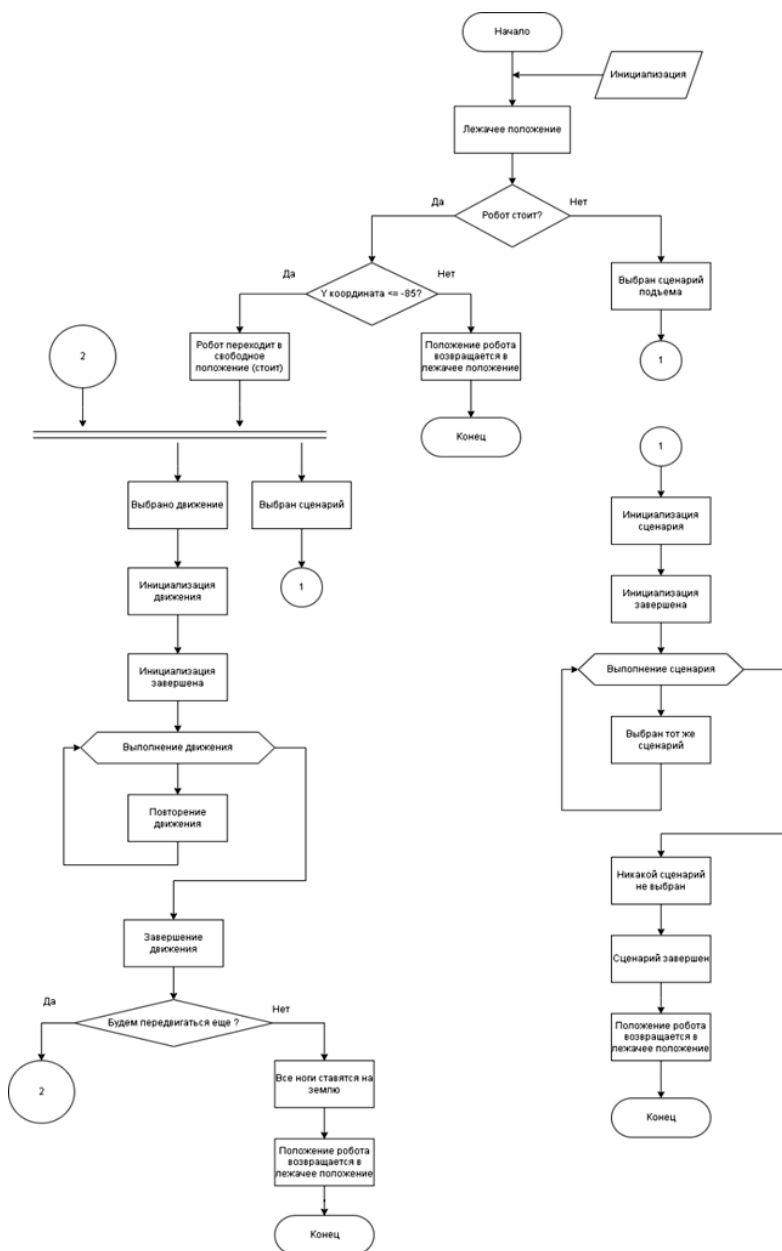


Рис. 2. Блок-схема состояний робота

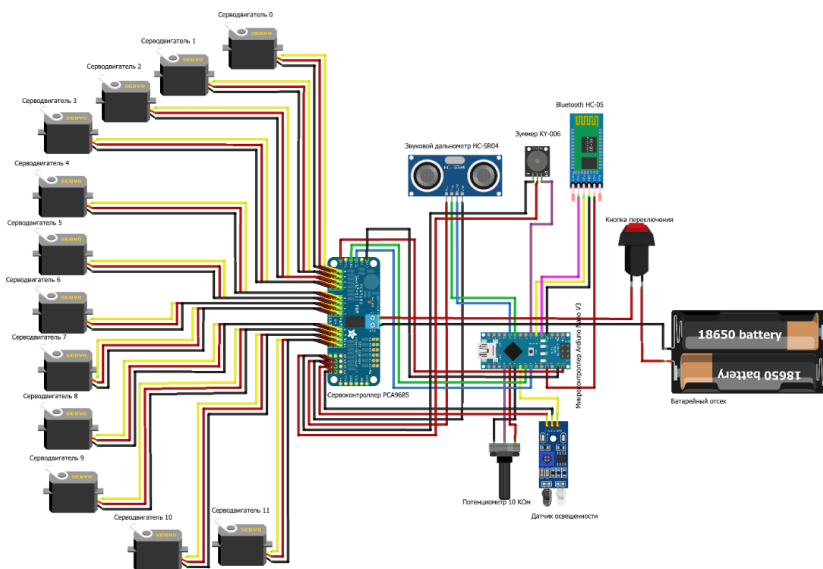


Рис. 3. Принципиальная схема робота

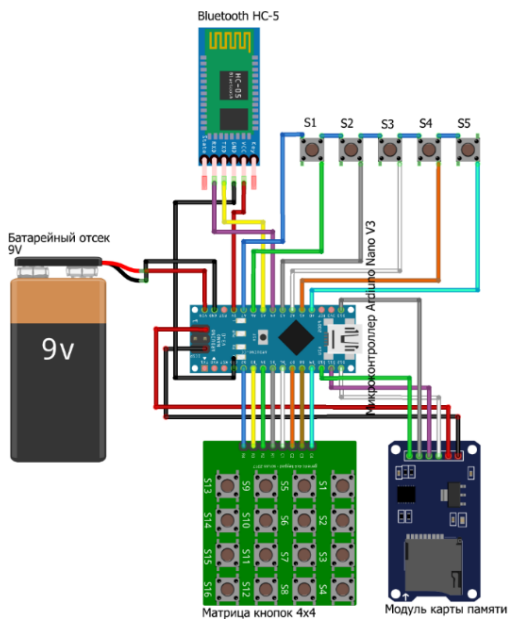


Рис. 4. Принципиальная схема геймпада

Для создания геймпада потребуется блок питания и аккумулятор 9В, матрица кнопок 4×4, матрица кнопок 4+1, BlueTooth HC05, модуль чтения карт памяти microSD и Arduino Nano V3.

В исследовании разработан и описан процесс создания робота с пошаговой инструкцией по сборке робота и геймпада, с помощью которой полностью собраны соответственно робот и геймпад. Описана обрезка серводвигателей, где настроены серводвигатели, примечание по соединительным проводам. Показаны наноштыревые (схемотехнические) соединения робота (рис. 5), геймпада (рис. 6), а также сервоконтроллера, на основе которых соединены все электронные компоненты. На рис. 7 представлен прототип робота [4].

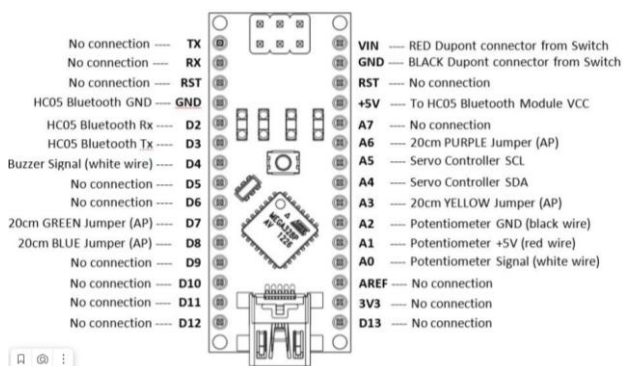


Рис. 5. Схема наносоединений для гексапода

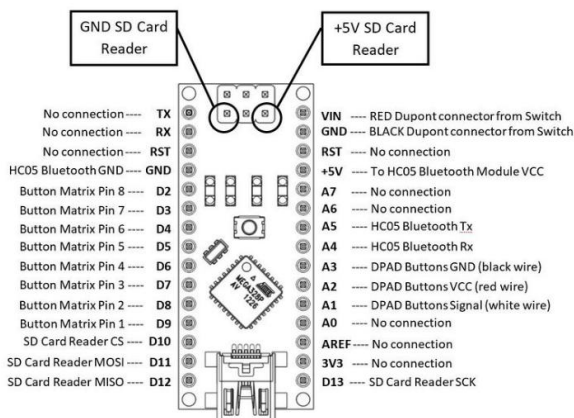


Рис. 6. Схема наносоединений для геймпада



Рис. 7. Робот-гексапод

**Экономическое обоснование.** Для экономического обоснования проекта получены следующие результаты:

- 1) затраты на оплату труда работников – 20 452 руб.
- 2) затраты на элементы и материалы для изготовления комплекса – 15 025 руб.
- 3) амортизация оборудования – 158 руб.

Общая стоимость разрабатываемого робота-гексапода составила 35 635 руб. Данные расчеты произведены только для изготовления одного комплекта комплекса, при создании небольшого малосерийного производства затраты на изготовление некоторых деталей уменьшатся из-за изготовления комплекса партиями.

### **Библиографический список**

1. Шагающие роботы – теория и основы [Электронный ресурс]. – URL: <https://monitorbank.ru/shagayushhie-roboty-teoriya-i-osnovy/> (дата обращения: 29.05.2023)
2. Воробьев Е.И., Попов С.А., Шевелева Г.И. Механика промышленных роботов: учеб. пособие для вузов: в 3 кн. Кн. 1. Кинематика и динамика / под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева.. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.

3. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.

4. С884 Основы робототехники: учеб. пособие / Е.Е. Ступина, А.А. Ступин, Д.Ю. Чупин, Р.В. Каменев; агентство «Сибпринт». – Новосибирск, 2019. – 160 с.

### **Сведения об авторах**

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: pogudin\_al@mail.ru

**Ладыгин Владимир Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: ladawowa@mail.ru

**Ладыгин Владислав Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИТХ-19, г. Пермь, e-mail: wladyou@mail.ru

**Иванов Илья Борисович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: IlyaIvanov2019@yandex.ru

**Д.С. Люкина, Д.С. Курушин, О.В. Соболева**

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СЛОВАМИ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ПРОИЗВЕДЕНИИ**

Исследуются способы выявления связей между словами (или словосочетаниями) при автоматической обработке текстов. Представлен обзор статей других авторов, которые находили связи между словами в тексте или это было одним из этапов в их работах. Описан алгоритм выявления связей, выполненный автором данной статьи, и он был сравнен с другими, рассказанными в обзоре.

**Ключевые слова:** связь, сущность, предметная область, синтаксический анализ, онтология, машинное обучение, граф.

**D.S. Lyukina, D.S. Kurushin, O.V. Soboleva**

## **ON THE POSSIBILITY OF IDENTIFYING THE RELATIONSHIPS BETWEEN WORDS IN A WORK OF FICTION**

This article explores ways of identifying relationships between words (or word combinations) in automatic processing of texts. A review of articles by other authors, who have found connections between words in the text, or it was one of the stages in their work, is presented. The algorithm for detecting relationships performed by the author of this article is described, and it has been compared with others told in the review.

**Keywords:** relationship, entity, subject area, syntactic analysis, ontology, machine learning, graph.

Люди стремятся к полной автоматизации всех процессов, чтобы максимально облегчить жизнь. Это касается и текстов. В них хранится огромное количество информации, на изучение которой необходим большой объем времени. На данный момент существует много методов, алгоритмов, которые позволяют решать задачи такого рода, как интеллектуальный анализ данных, поиск информации, ее извлечение, обработка текста на естественном языке, но работа их неидеальна. Дело в том, что естественный язык (в особенности это касается неструктурированных текстов) характеризуется высокой степенью неоднозначности, контекстуальной зависимостью и нечеткостью, связанной с обменом информацией в процессе постоянно изменяющейся практической

деятельности человека, что создает сложность в решении задач компьютерной лингвистики. Эти задачи требуют использования огромного объема данных и их обработки. Наконец, каждый язык имеет свои особенности, что создает трудности в создании единого алгоритма. Ввиду этого работа над улучшением алгоритмов компьютерной лингвистики идет в полном темпе, в том числе над задачей выявления связей между словами (или словосочетаниями).

**Обзор алгоритмов выявления связей.** Онтология является одним из часто упоминаемых понятий, когда идет упоминание об извлечении информации из текста. Онтология – это способ показать свойства предметной области и то, как они связаны между собой, путем определения набора понятий и категорий, которые представляют предмет. Как пишет Е.А. Ермаков, для систем извлечения знаний из текста онтология имеет дело «в слабом смысле» с относительно бедной контекстуальной, но чрезвычайно богатой лингвистической составляющей [1]. Онтология строится на основе профессиональных знаний предметной области, которые включают базовые понятия-концепты, классификации базовых понятий с формированием абстрактных понятий и определение возможных отношений между ними. Также соотносят все термины предметной области с понятиями в контекстуальной схеме (расширение словаря понятий, если онтология предполагает родо-видовые связи между понятиями одного класса, а также формирование словаря возможных терминов-значений для каждого понятия). И напоследок, подписывают синонимы к понятиям, и расписываются лексико-грамматические конструкции. Иными словами, в основном метод онтологий составляется для работы с определенной предметной областью и требует работы со специалистами в этом, не универсальный, но зато является довольно точным.

Алгоритм выявления связей между именованными сущностями был предложен М.Ф. Пантелеевым и Р.С. Самаревым, который полагался на базу знаний DBpedia [2]. Вначале алгоритм выявляет поверхностные формы (ключевые слова) в предложении, которым могут соответствовать сущности базы знаний. Далее осуществляется поиск сущностей-кандидатов в базе знаний, отвечающих поверхностным формам. Для определения связей между сущностями в DBpedia происходит вычисление многомерного векторного пространства для каждого ключевого слова и относящейся к нему сущности-кандидата, после чего определяется сущность-кандидат каждой поверхностной формы с мини-

мальным расстоянием между их векторными представлениями. Авторы последние действия изменили, модифицировав алгоритм. В итоге полученные связи агрегировали в цепочки и провели взвешивание.

Д.С. Курушин, О.В. Соболева, Д.С. Вяткин рассматривают способ представления структуры текста в виде денотатного графа (денотат – объекты и явления реальной действительности, отраженные в мышлении и выраженные в тексте соответствующими языковыми средствами) [3]. При построении денотатного графа А.И. Новикова выделяются «ключевые» элементы текста, определяются элементы, которые относятся к верхним уровням текста (подтемы), субподтемы. Далее преобразование таблицы связей в граф, состоящий из вершин трех уровней: имени главного предмета, имен подтем и субподтем, спускаясь от первого к третьему уровню соответственно, а ребрами являются связи между вершинами. Последним этапом алгоритма определяются соотношения денотатов. В результате работы авторы пришли к выводу, что метод денотативного анализа текста имеет большое прикладное значение в процессе формализации текста, и выяснили, что для лучшей работы денотатного графа необходимо предоставлять полную информацию о предметной области в процессе обучения системы.

В работе [4] Д.С. Курушин, Е.Р. Леонов и О.В. Соболева продолжают заниматься денотатным графом, но с подходом применения статистических методов выделения коллокаций для построения содержательной модели гипертекста (способ организации текстовой информации, внутри которой установлены смысловые связи между ее различными фрагментами). В алгоритме реализуется вход в гипертекстовую систему по интересующему понятию, получение текста описания этого понятия и выделение из текста множества коллокаций. Если для коллокации существует соответствующее ей текстовое описание  $T_i$ , то строится денотатная пара. Процесс повторяется рекурсивно до тех пор, пока не будет достигнуто состояние, когда новые денотатные пары не образуются, или предельный уровень глубины рекурсии. Денотатные пары объединяются в граф. Если определение коллокации отсутствует в гипертексте, то связь не строится.

Выявление связей между термином и объектом в алгоритме, предложенном А.С. Дмитриевым, И.С. Соловьевым, Ю.А. Орловой, В.Л. Розалиевым и В.М. Константиновым, получается на основе использования машинного обучения. При этом происходит учет признаков из морфологического разбора слов, их позиции в тексте и предло-

жении, а также контекста [5]. В этом алгоритме результатом выступает показатель вероятности взаимосвязи между термином и объектом.

**Выявление связей между именованными сущностями в художественном произведении.** Автору данной статьи необходимо было произвести автоматизацию построения маршрутов героев книги, что означает необходимость поиска в тексте именованных сущностей таких, как имена людей и названия населенных пунктов, а также выявления между ними связей, что в итоге позволит построить маршрут.

Связанные по смыслу и грамматически слова являются словосочетанием, соединенным на основе синтаксической связи, в которой одно слово является главным, другое – зависимым: *работать (как?) усердно, банка (какая?) стеклянная*. Группа словосочетаний образует логически верное предложение (рис. 1).

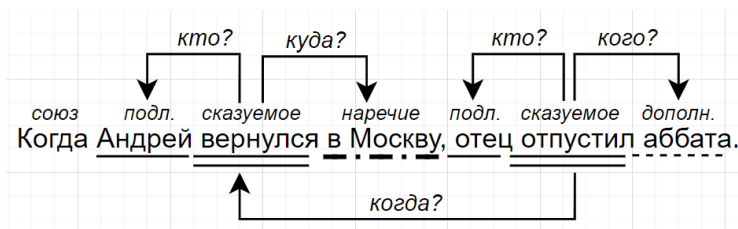


Рис. 1. Синтаксический разбор предложения

Следовательно, чтобы найти связь между героем и местом, которое он посещает, необходимо произвести синтаксический разбор предложения.

Маршрут – это движение от одной точки к другой. Исходя из этого, связью между именем и городом будут глаголы, обозначающие перемещение, например приехать, возвратиться, идти, улететь и т.д., или существительные: возвращение, приезд. В этом случае необходимо установить именно факт выполнения этих действий. Предложения «В конце письма она извещала его, что на днях придет в Петербург из-за границы.», «– Вы поезжайте в Петербург; это лучше.» говорят о будущих планах, намерениях, поэтому глаголы должны быть в прошедшем времени или настоящем, обозначающем, что герой точно посетил этот населенный пункт.

Библиотека Natasha [6], позволяющая решать базовые задачи обработки естественного языка на русском языке, помогает выполнять синтаксический анализ текста, присваивая словам предложения id,

head\_id (связь с другим словом в предложении) и rel – часть речи в аннотации Universal Dependencies, что позволит выявить связь между словами (рис. 2).



Рис. 2. Синтаксический разбор предложения библиотекой Natasha

Из примера на рис. 2 видно, что слово «Андрей» связано с глаголом «вернулся», так же как и «Москва». Просмотрев разбор библиотекой Natasha других предложений в текстах, можно выявить закономерность, при которой связанные имена героев и посещаемые ими города можно вывезти из текста. К примеру, группа словосочетаний в предложении на рис. 2: [advcl -> nsubj & advcl -> obl & obl -> case]. Если слово с частью речи advcl есть в предложении, то проверяются части речи nsubj и obl, а дальше и case. Получив положительный результат, можно выбрать имя и город из предложения и записать их в маршрут.

Код алгоритма, реализующий проверку всех этих выведенных синтаксических структур, представляет собой класс SyntaxParse, которому поступает предложение, разбитое на токены с помощью библиотеки Natasha. Метод класса phrases создает массив, элементы которого связаны с токеном полученного предложения и представляют собой массив из синтаксически связанных с ним других токенов предложения. Потом предложение проверяется с каждым правилом, пока не найдет нужного. Результатом будут связанные сущности. Описание класса можно посмотреть в репозитории Github [7], а его применение – в работе [8].

Но так как многие слова могут быть разными частями речи и могут совпасть с какими-то из правил, то после синтаксической обработки полученные результаты дополнительно проверяются.

**Анализ описанных алгоритмов.** Метод с онтологиями [1] очень похож на алгоритм с применением библиотеки Natasha, только в первом случае необходима проработка всех предложений, что требует составления большой выборки. Плюсом является высокая точность. Но, тогда как статья [1] больше подходит к работе с одной предметной областью, то с Natasha диапазон работы расширяется.

Как пишут авторы работы [2], алгоритм показал плохую работу с контекстом, но способствует выделению дополнительной информации и оказался хорош в выявлении поверхностных форм в предложении при меньшей скорости работы. Ввиду этого уступает в точности алгоритму автора данной статьи.

Денотатные графы из работ [3] и [4] хорошо использовать для генерации текстов. Плюсом идет, что есть возможность рассматривать связанные с денотатом другие элементы по всему тексту. Но в алгоритмах есть проблемы с корректным вычленением имен денотатов и извлечением только одного отношения, поэтому это позволяет сказать, что алгоритм с Natasha работает с денотатными графами наравне.

В работе [5] алгоритм оказывается намного лучше предыдущих, если дело касается русскоязычных текстов, так как при анализе учитывается больше грамматических особенностей, что делает понимание контекста алгоритмом лучше.

**Выводы.** В ходе работы был выполнен обзор алгоритмов по выявлению связей между сущностями и предложен новый на основе библиотеки Natasha. Проведен их сравнительный анализ.

### Библиографический список

1. Ермаков А.Е. Автоматизация онтологического инжиниринга в системах извлечения знаний из текста [Электронный ресурс] // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: тр. междунар. конф. Диалог'2008. – URL: <http://www.rco.ru/wp-content/uploads/2015/04/onthologies.pdf> (дата обращения: 28.05.2023).

2. Пантелеев М.Ф., Самарев Р.С. Алгоритм связывания именованных сущностей [Электронный ресурс] // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2017. – № 7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-svyazyvaniya-imenovannyh-suschnostey> (дата обращения: 28.05.2023).

3. Курушин Д.С., Соболева О.В., Вяткин Д.С. Денотативная модель основного содержания текста в лингвистическом обеспечении робототехнических исследований // Информационная структура текста: сб. ст. / Рос. акад. наук, Ин-т науч. инф. по обществ. наукам Рос. акад. наук. – М.: Амирит, 2018. – С. 104–112 (Сер. Теория и история языкознания.)

4. Курушин Д.С., Леонов Е.Р., Соболева О.В. О возможном подходе к автоматическому построению денотатного графа гипертекста //

Информационная структура текста: сб. ст. / Рос. акад. наук, Ин-т науч. инф. по обществ. наукам Рос. акад. наук. – М.: Амирит, 2018. – С. 113–118. (Сер. Теория и история языкознания.)

5. Идентификация взаимосвязей между терминами и объектами экономической тематики в тексте на естественном языке [Электронный ресурс] / А.С. Дмитриев, И.С. Соловьев, Ю.А. Орлова, В.Л. Розалиев, В.М. Константинов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 4 (32). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-vzaimosvyazey-mezhdu-terminami-i-obektami-ekonomicheskoy-tematiki-v-tekste-na-estestvennom-yazyke> (дата обращения: 28.05.2023).

6. Проект Natasha. Набор качественных открытых инструментов для обработки естественного русского языка (NLP) [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/516098/> (дата обращения: 28.05.2023).

7. Класс SyntaxParse [Электронный ресурс]. – URL: [https://github.com/DiaLyu/test\\_project/blob/master/back/analyzeBook/syntaxParse.py](https://github.com/DiaLyu/test_project/blob/master/back/analyzeBook/syntaxParse.py) (дата обращения: 28.05.2023).

8. Класс AnalyzeText [Электронный ресурс]. – URL: [https://github.com/DiaLyu/test\\_project/blob/master/back/analyzeBook/analyze.py](https://github.com/DiaLyu/test_project/blob/master/back/analyzeBook/analyze.py) (дата обращения: 28.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Люкина Диана Сергеевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-16, г. Пермь, e-mail: 05idianka6282@gmail.com

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: daniel@kurushin-perm.ru

**Соболева Ольга Владимировна** – кандидат филологических наук, доцент кафедры «Иностранные языки, лингвистика и перевод» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: olga.v.soboleva@gmail.com

**Р.Ю. Мальцев, Д.С. Курушин**

## **О ВОЗМОЖНОМ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ СТЕНДА ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ**

Исследуется возможное схемотехническое решение стенда изучения основ навигации мобильных роботов. Рассмотрены основные требования к построению систем ориентации в пространстве и существующие методы навигации. Представлены особенности системы, используемой для обучения навигационным системам. Особое внимание уделено ориентации с помощью компьютерного зрения. Перечислены используемые устройства и обоснованность их выбора, а также представлена схема подключения всех устройств.

**Ключевые слова:** робототехника, навигационные системы, компьютерное зрение, локальная навигация.

**R.Yu. Maltsev, D.S. Kurushin**

## **ON A POSSIBLE CIRCUITRY SOLUTION FOR THE STAND FOR STUDYING THE BASICS OF NAVIGATION OF MOBILE ROBOTS**

This article explores the possible circuit design of the stand for studying the basics of navigation of mobile robots. Basic requirements for the construction of orientation systems in space and existing navigation methods. The features of the system used for training navigation systems are presented. Particular attention is paid to orientation with the help of computer vision. The article lists the devices used and the validity of their choice, as well as provides a wiring diagram for all devices.

**Keywords:** robotics, navigation systems, computer vision, local navigation.

Данная статья посвящена решению роботизированного стенда для изучения основ навигации мобильных роботов. Использование роботов для обучения чему-либо не ново. Уже продолжительное время применяются роботизированные симуляторы и тренажеры для обучения некоторых специальностей [1]. Такие системы имеют значительный плюс по сравнению с компьютерными симуляторами, так как более приближены к реальным условиям [1]. В итоге они могут значительно ускорить процесс их понимания при изучении их на практическом стенде [1]. А стенд, включающий сразу несколько таких систем, может помочь

студентам выявить их полезность и преимущества, что студентам, изучающим такие специальности, как программирование, компьютерные системы и, конечно, робототехника, очень сильно пойдет на пользу.

Основные типы навигационных систем в робототехнике – это глобальная и локальная навигации. Нас же в большей мере интересует локальная навигация. Она представляет собой определение координат устройства относительно некоторой точки, которая может являться стартовой [2]. В условиях обучения навигационным системам нам необходима высокая точность, а системы глобальной навигации, такие как GPS и ГЛОНАСС, не смогут дать точность даже в 1 м [3].

Одним из самых популярных способов локальной навигации является компьютерное зрение, которое получило очень широкое применение в сфере робототехники [4]. Данная технология позволяет не только определять объекты благодаря искусственному интеллекту, но также определять расстояние до объектов, используя две и более камеры, и подобно бинокулярному зрению определять глубину изображения [5]. Однако наряду со всеми плюсами технология требует больших затрат (высокая стоимость камер), а также высоких вычислительных мощностей для обработки изображений.

Существует множество проектных решений, которые могут обеспечить нам локальную навигацию мобильного робота. Можно отметить варианты использования в основном инерциальных систем, использующих компасы, гироскопы и акселерометры [6]. Такие системы хоть и значительно дешевле, но имеют множество недостатков, таких как установка начальных значений датчиков и накопление ошибки по ходу работы. Часто можно увидеть, что для обучения навигации используются датчики черной линии или в некоторых случаях оптико-электронные системы [7]. Стоит отметить и системы, которые содержат практически все виды систем навигации и в итоге формируют некоторые обобщенные значения этих датчиков для устранения недостатков каждой системы [8]. Все эти системы имеют право быть, и каждая соответствует собственным требованиям, которые являются причинами использования тех или иных систем.

Представленное в данной работе решение включает в себя инерциальные системы, такие как гироскоп и акселерометр, а также две камеры, которые в сумме дают стереоизображение. Обе эти системы находятся в одном блоке, который крепится к корпусу робота и управляется тремя шаговыми двигателями. Двигатели могут выполнять как функ-

цию стабилизации этого блока с помощью показаний гироскопа и акселерометра, так и функцию для осмотра местности камерами [9]. Также система имеет ультразвуковой датчик расстояния, определяющий расстояния до объекта, который может выступать в роли вспомогательного средства для определения препятствия. Поскольку робот является стендом, она может использоваться для работы с какой-то одной системой, а также со всеми вместе. Работа с камерами осуществляется с помощью компьютера путем подключения их по USB, все остальные компоненты подключаются к Arduino Mega 2560 с расширительной платой Arduino Shield RAMPS 1.4.

Для работы были использованы гибридные биполярные шаговые двигатели 17HS4401.

Главное преимущество шагового двигателя – это дискретный шаг, который может дать нам необходимую при работе точность вращения. Чтобы работать с шаговым двигателем и Arduino, необходимо использовать драйвер, в работе использовался DRV8825. Поскольку двигатель имеет напряжение выше, чем Arduino Mega 2560, необходим внешний источник питания. Arduino Mega 2560 же будет подключено к ноутбуку. Схема подключения компонентов будет выглядеть, как представлено на рис. 1 [10].

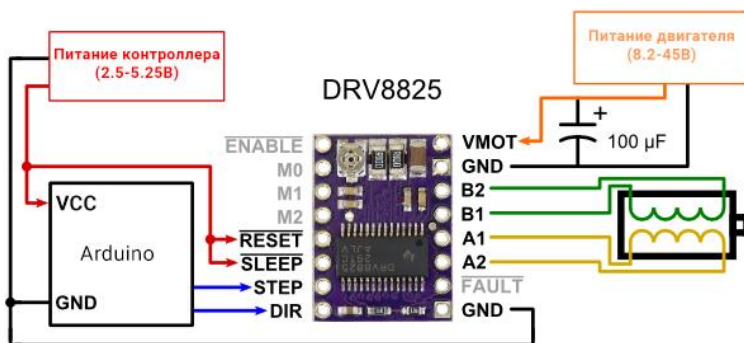


Рис. 1. Схема подключения шагового двигателя к Arduino [10]

Основные принципы работы шагового двигателя подробно описаны в статье «Особенности применения шагового электродвигателя в системах наведения и стабилизации» [9].

В качестве ультразвукового дальномера был выбран HC-SR04. Это довольно распространенный и популярный дальномер для Arduino,

а так как принцип работы и устройство дальномера довольно просты, а также отсутствуют серьезные требования в нашей системе, это делает его отличным и проверенным временем вариантом [11]. На рис. 2 показана схема подключения дальномера HC-SR04 к Arduino.

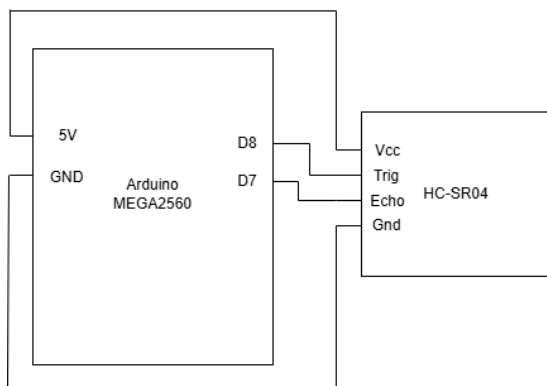


Рис. 2. Схема подключения дальномера HC-SR04 к Arduino

Для отслеживания положения робота решение было принято в пользу девятиосевого датчика положения GY-85. Его существенным плюсом является поддержка напряжения питания в 5 В, что позволяет нам использовать один канал питания вместе с дальномером. В него входит трехосевой гироскоп, трехосевой акселерометр и трехосевой магнитометр-компас. Итоговая общая схема подключения устройств представлена на рис. 3.

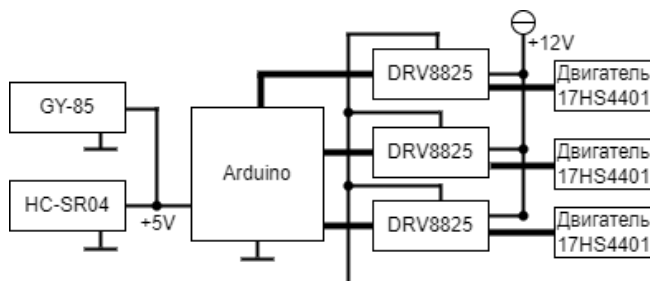


Рис. 3. Схема подключения устройств

В дальнейшем стенд планируется оснастить спутниковой навигационной системой ГЛОНАСС/GPS, для того чтобы студенты могли поработать с ней наряду с другими системами навигации. Также пред-

полагается установка одометрической системы для оценки перемещения робота. Итоговый проект подразумевает наличие на борту компьютера с собственной операционной системой, способной управлять системами робота, и возможностью дистанционного управления с внешнего устройства.

В данной работе были рассмотрены различные навигационные системы, их различия и состав. Были описаны особенности решения робота и подхода к его проектированию, проведено сравнение с уже существующими решениями. Также были освещены основные компоненты решения стенда и схемы подключения этих устройств.

### **Библиографический список**

1. Балкизов З.З., Васильев Ю.Л. Исторический очерк стоматологического симуляционного образования // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2017. – № 4 (30).

2. Кремповский П.Р., Луцков Ю.И. Навигационные системы автоматизированных робототехнических комплексов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – № 6.

3. Шайдуров В.В., Вейсов Е.А., Непомнящий О.В. Проблемы и решения проектирования микропроцессорных модулей навигационной аппаратуры пользователей ГЛОНАСС // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2009. – № 4.

4. Костылев Д.А., Федотов О.В. Машинное зрение в робототехнических системах // Наука, техника и образование. – 2016. – № 7 (25).

5. Куличкина Ч.С. Применение технологии поиска глубины изображений посредством веб-камеры // The Scientific Heritage. – 2021. – № 74–1.

6. Черноожкин В.А., Половко С.А. Система локальной навигации для наземных мобильных роботов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2008. – № 57.

7. Оптико-электронная система навигации мобильного робота / В.И. Бойков, И.С. Волков, А.Н. Коровьяков, А.А. Орешков, К.В. Сароско, К.А. Сергеев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2006. – № 33.

8. Система позиционирования и идентификации мобильной робототехнической платформы в ограниченном и открытом пространстве / Т.С. Евдокимова, А.А. Синодкин, Л.О. Федосова, М.И. Тюриков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – № 2 (121).

9. Горячев О.В., Степочкин А.О. Особенности применения шагового электродвигателя в системах наведения и стабилизации // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – № 11.

10. DRV8825 Stepper Motor Driver Carrier, High Current. – URL: <https://www.pololu.com/product/2133> (accessed 29 May 2023).

11. Базыкин С.Н., Урваев И.Н. Ультразвуковой дальномер для системы обнаружения препятствий при движении мобильного робота // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. – 2022. – № 4 (64).

### **Сведения об авторах**

**Мальцев Роман Юрьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: malcevr22@gmail.com

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kurushin.daniel@yandex.ru

**В.В. Машанов, Р.А. Файзрахманов**

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ  
(НА ПРИМЕРЕ КАФЕДРЫ ИТАС ПНИПУ)**

Рассмотрены аспекты разработки информационной системы распределения учебной нагрузки преподавателей. Была разработана информационная система с использованием стека технологий, обеспечивающих создание гибкого программного обеспечения, устойчивого к изменению внешних бизнес-процессов.

**Ключевые слова:** распределение учебной нагрузки, рекомендательная система, ДОБД.

**V.V. Mashanov, R.A. Fayzrakhmanov**

**DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM  
FOR TEACHERS' WORKLOAD DISTRIBUTION BY  
THE EXAMPLE OF THE ITAS DEPARTMENT OF PSTU**

The article considers aspects of the development of an information system for the distribution of teaching load of teachers. The information system was developed using a stack of technologies to ensure the creation of flexible software resistant to changes in external business processes.

**Keywords:** distribution of teaching load, recommendation system, DOBD.

На кафедрах вузов важным процессом является назначение той или иной дисциплины преподавателям. Операция выполняется разово раз в семестр или год, но может возникать потребность в перераспределении нагрузки из-за появления новых преподавателей или ухода старых (по причине отпусков, затяжных болезней и т.д.), планирование наперед становится невозможным из-за динамической смены контингента (особенно на младших курсах). Таким образом, установленная нагрузка будет подвергаться перераспределению чаще, чем раз в полгода. Автоматизированная информационная система значительно снизит трудоемкость операции.

Тема разработки подобных систем возникает достаточно часто, как правило, первопричиной частоты разработки систем является изменение входных параметров. Поскольку зачастую подобного рода системы разрабатывают студенты, после окончания ими учебы в университете

нет возможности доработать проект под новые требования. Вторжение в кодovou базу студенческих проектов бывает непосильной задачей. Исходя из этого, возникает идея создания гибкой ИС, устойчивой к изменению внешних данных. Гибкость системы достижима с помощью легкости ее доработки и возможности обновления.

В процессе распределения нагрузки участвует большое количество документов, некоторые сохраняют свою структуру и являются выходными и исходными документами. Входные данные процесса распределения нагрузки представлены на контекстной диаграмме (рис. 1).

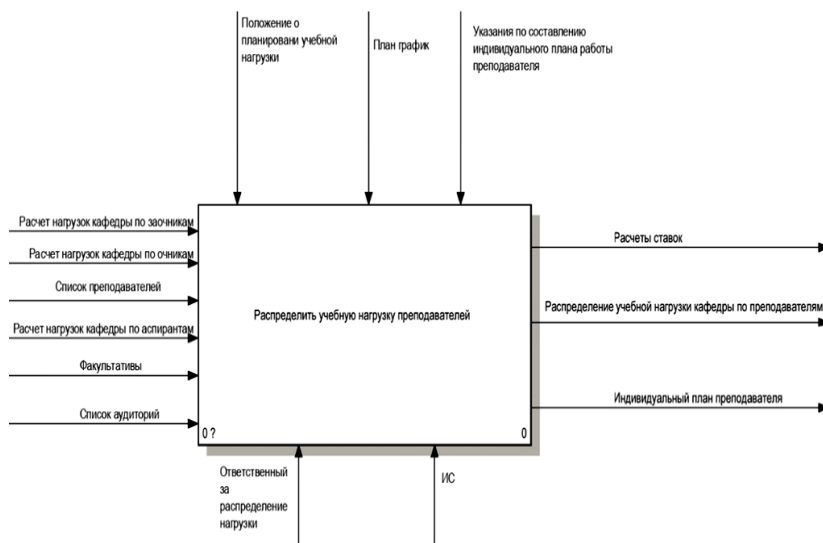


Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса распределения учебной нагрузки на кафедре

Для разрабатываемой ИС важно обеспечить такое хранилище данных, которое позволит хранить такие документы на всех этапах процесса распределения. Для данной цели подходят документоориентированные базы данных (ДОБД).

ДОБД обеспечивают эффективный доступ к документам благодаря использованию индексов и гибкой структуре документов [2]. В ИС распределения учебной нагрузки есть необходимость в быстром поиске и извлечении информации из документов, таких как распределение нагрузки, учебные планы, индивидуальная нагрузка преподавателя и проч.

ДОБД подходят для проектов, где требования к данным могут изменяться в процессе разработки. В проекте ИС распределение учебной нагрузки преподавателей на кафедре, требования к системе могут быть подвержены изменениям, так как учебные планы могут меняться, а также могут возникать новые требования со стороны администрации или пользователей системы. ДОБД позволяют гибко адаптироваться к таким изменениям, поскольку они не требуют фиксированной схемы базы данных. Это означает, что новые типы данных и поля могут быть добавлены без необходимости изменения существующей структуры. Это значительно упрощает процесс разработки и поддержки системы, так как не требуется проводить сложные и дорогостоящие операции миграции данных.

Основные документы, участвующие в распределении нагрузки, имеют пересечения в преподаваемых дисциплинах, но не имеют ключей для их объединения. Сравнить строки дисциплин невозможно, так как в них присутствуют отличия, например акронимы, сокращения и др. Для определения связей между дисциплинами был применен алгоритм, представленный на рис. 2, в основе которого лежит метрика сходства между двумя выборками, коэффициент Соренсена – Дайса [3].

Поскольку принято решение использовать подход к хранению данных, способствующий сохранению первоначальной структуры документа, интерфейс ИС реализован с учетом структуры входного документа, с целью представления документа из хранилища без существенных структурных доработок. В первую очередь такой подход скажется на производительности, так как не придется тратить ресурсы на приведение данных в первую и третью нормальные формы хранения данных и наоборот.

Для реализации интерфейса применен фреймворк Vue.js. Vue реализует компонентный подход к построению интерфейсов. Каждый компонент – это переиспользуемый модуль. Такой подход позволяет оперативно дорабатывать пользовательский интерфейс.

Система нуждается в гибкой бэкенд-части приложения. Особенностью разработанного бэкенда является выбор технологии, в данном случае был использован фреймворк Node.js. Node.js позволяет разрабатывать приложения с использованием JavaScript как на клиентской стороне (в браузере), так и на серверной стороне. Это означает, что у разработчиков нет необходимости переключаться между разными языками программирования, что упрощает работу и повышает производительность. Гибкость

Node.js также проявляется в его способности работать с различными технологиями, легкости в использовании, широкой экосистеме модулей и активном сообществе. Ввиду этого Node.js становится привлекательным выбором для разработки разнообразных приложений и позволяет разработчикам быстро создавать гибкие и масштабируемые решения.

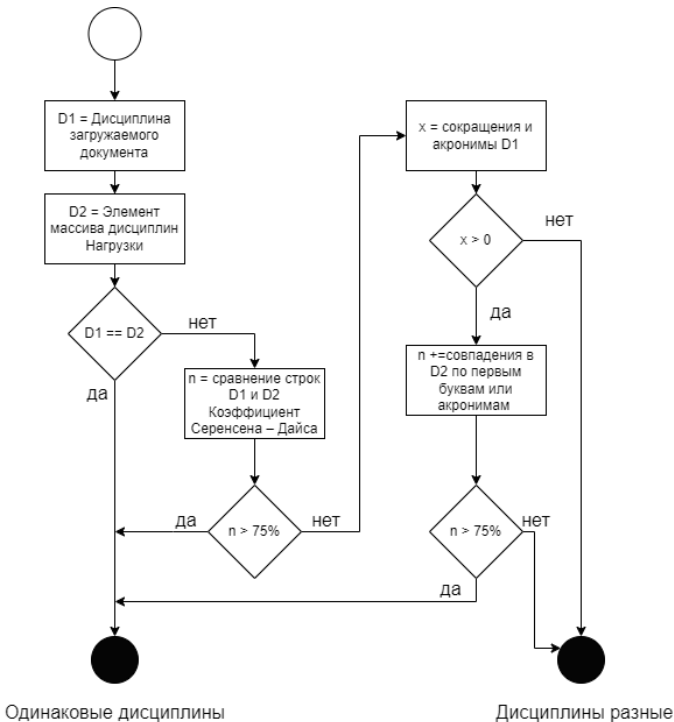


Рис. 2. Алгоритм сравнения дисциплин

Выбор стека технологий делает проект доступным для разработчика со знанием одного лишь языка программирования – JavaScript. Согласно различным рейтингам и опросам, JavaScript обычно занимает первое место или остается в верхней части списка самых популярных языков программирования. Например, в рейтинге TIOBE Index за май 2023 г. JavaScript занял седьмое место, обойдя язык программирования PHP [4]. Он также показывает высокие позиции в других рейтингах, таких как Stack Overflow Developer Survey и GitHub Octoverse. В целом JavaScript занимает ведущее положение в рейтинге языков

программирования благодаря своей популярности, широкому применению и активному сообществу разработчиков.

Для доставки обновлений использованы инструменты CI/CD. Преимущества использования GitLab CI/CD включают автоматизацию процесса разработки и доставки приложения, обеспечение быстрой обратной связи при каждом коммите кода, повышение качества программного обеспечения, упрощение развертывания и масштабирования приложения [5].

Разработанная система распределения учебной нагрузки преподавателей не только позволяет устранить недостатки существующего процесса, но и повышает устойчивость к изменениям внешних бизнес-процессов или программного обеспечения. При наличии стека технологий, обеспечивающего гибкость разрабатываемой системы, можно оперативно вносить изменения в разработанную ИС. Для обновления системы использованы инструменты CI/CD.

### **Библиографический список**

1. Калужный Н.В. Анализ процесса распределения учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава на кафедрах // Science Time. – 2015. – № 6 (18).
2. Дьяконов А.В., Козлова Ю.Б. О современных тенденциях хранения данных в документо-ориентированных СУБД // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – № 11.
3. Маннинг К.Д., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск. – М.: Вильямс, 2011. – 528 с.
4. TIOBE Index for May 2023. – URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (accessed 19 May 2023).
5. Use GitLab. GitLab CI/CD. – URL: <https://docs.gitlab.com/ee/ci/> (accessed 15 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Машанов Владимир Викторович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-21-1м, г. Пермь, e-mail: [vladimir.mashan@gmail.com](mailto:vladimir.mashan@gmail.com)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:Fayzrakhmanov@gmail.com)

**А.М. Молоков, К.С. Баяндин, Е.В. Бражкин,  
Д.В. Будин, О.А. Полякова**

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА СПЕЦИАЛИСТА ПО УПРАВЛЕНИЮ КОТЕЛЬНОЙ**

Представлена разработка программно-аппаратного комплекса для автоматизации системы управления индивидуальной газовой котельной, подключенной к общей сети котельных газоснабжающей компании через интернет. Демонстрация работы и тестирование осуществляются на физической модели, имитирующей систему отопления.

**Ключевые слова:** модель, система, автоматизация, приложение.

**A.M. Molokov, K.S. Bayandin, E.V. Brazhkin,  
D.V. Budin, O.A. Poliakova**

## **DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR AN AUTOMATED WORK- PLACE OF A BOILER ROOM MANAGEMENT SPECIALIST**

The article presents the development of a software and hardware complex for automating the control system of an individual gas boiler room connected to the general network of boiler rooms of a gas supply company via the Internet. Demonstration of work and testing are carried out on a physical model simulating a heating system.

**Keywords:** model, system, automation, application.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) специалиста по управлению котельной является одним из наиболее перспективных и востребованных инструментов в области энергоснабжения. Создание такой системы позволяет в значительной степени повысить эффективность работы котельных и снизить затраты на их эксплуатацию. Программное обеспечение должно содержать модули для мониторинга и контроля параметров работы котла и поддержания оптимального режима его работы, а также для управления режимами нагрева. Аппаратные компоненты содержат датчики температуры, давления, расхода воды и газа, а также регуляторы и контроллеры. Одним из ключевых элементов автоматизированного рабочего места является пользовательский интерфейс. Он должен быть простым и понятным для работы, содержать информацию о текущем состоянии котла и его параметрах, а также позволять передавать команды на управление котельной.

**Программная часть работы.** АРМ специалиста – компьютерное приложение, устанавливаемое на рабочую станцию оператора – сотрудника газоснабжающей компании. Оно позволяет в режиме реального времени отслеживать данные с датчиков, находящихся в котельной пользователя (владельца дома), ошибки в работе системы, запрашиваемую пользователем температуру в помещении, а также температуру воздуха на улице. Исходя из собранной информации, специалист может управлять котлом в ручном режиме, подбирая необходимую мощность нагрева, переводить его в автоматический режим, останавливать работу. Автоматический режим – система математических и логических уравнений [2], регулирующая работу котельной в зависимости от данных, собираемых в АРМ. В своем приложении специалист отслеживает все подключенные к сети помещения, он может отключать ненужные котельные и регистрировать новые. На рис. 1 приведен основной интерфейс приложения специалиста.

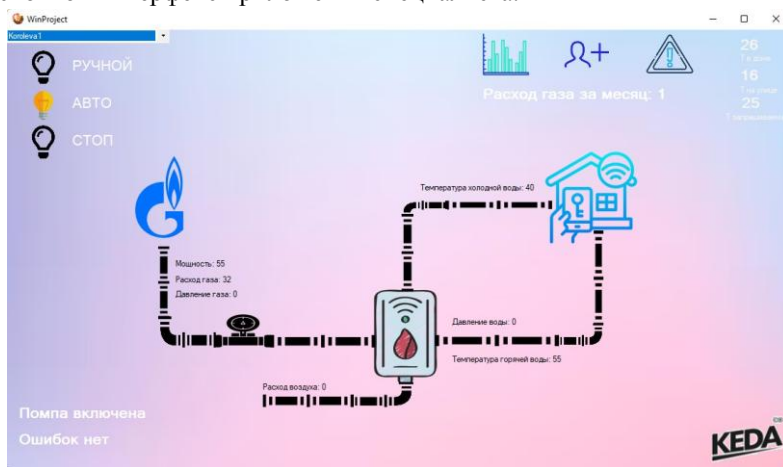


Рис. 1. Интерфейс АРМ специалиста

Для взаимодействия владельца дома и специалиста разработано мобильное приложение. Регистрация пользователя в приложении происходит после внесения его дома в базу данных специалистом. С его помощью владелец может удаленно следить за работой своего котла, получать информацию об оплате и запрашивать желаемую температуру в помещении. На рис. 2 приведен основной интерфейс приложения пользователя.

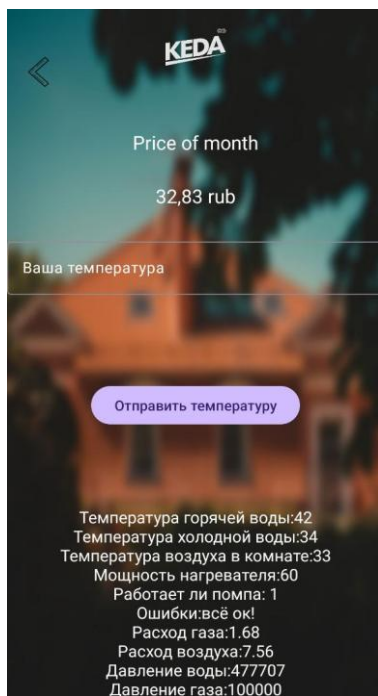


Рис. 2. Интерфейс приложения владельца котельной

Связующим звеном между специалистом, пользователем и контроллером, управляющим котлом, выступает сервер. Программная система использует веб-хостинг, на котором хранятся базы данных: зарегистрированные специалисты и дома, файлы с данными, собранные АРМ, и исполнительные файлы для обработки запросов на обмен данными. На рис. 3 представлена схема работы системы.

**Аппаратная часть работы.** Для отладки и тестирования работы АРМ разработана и собрана физическая модель, имитирующая работу котельной, с ограниченным функционалом ввиду невозможности использования опасных и технически сложных устройств для первичных испытаний. Разработанная модель содержит все основные узлы и агрегаты, используемые в реальных котельных:

- нагреватель, представляющий собой катушку из низковольтного греющего кабеля;
- циркуляционный насос – помпа;

- батарея, алюминиевый радиатор, через который проходит жидкость;
- блок управления, собранный на основе контроллера ESP8266 NodeMCU V3;
- три цифровых термодатчика DS18B20, установленных на подачу горячей воды, возвращаемую воду и радиатор;
- энергоноситель – компьютерный блок питания;
- теплоноситель – вода.

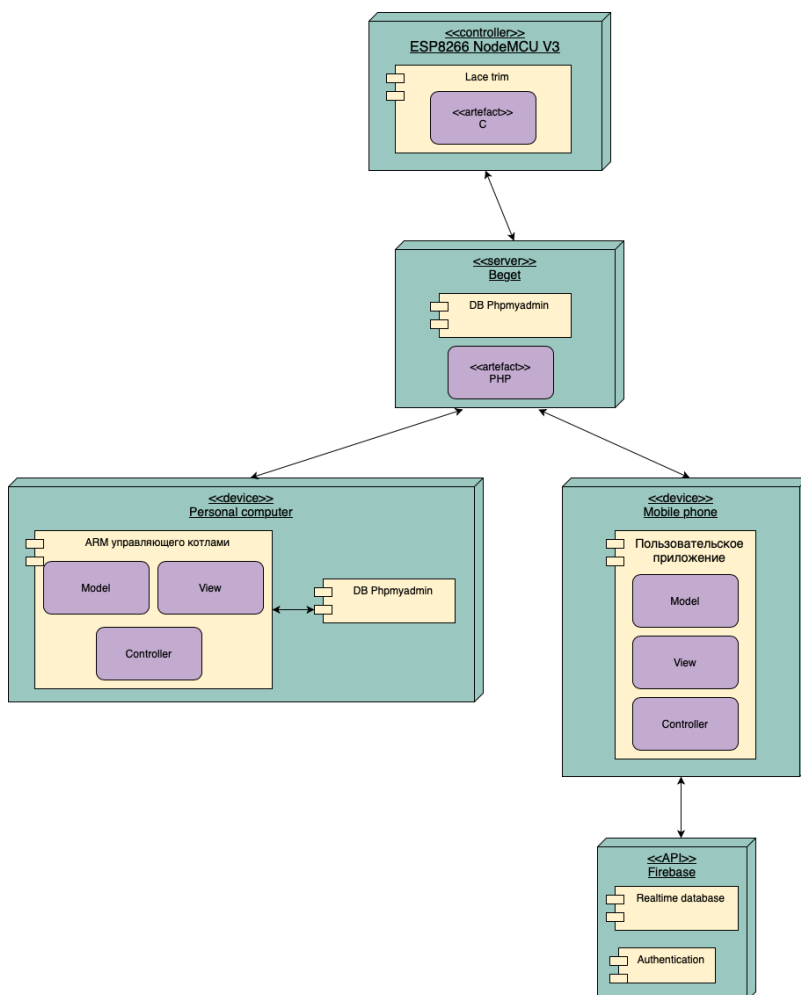


Рис. 3. Общая схема работы системы управления котельной

Основой блока управления является контроллер ESP8266, имеющий встроенный Wi-Fi-модуль для передачи данных через интернет. К нему подключаются термодатчики для получения данных о температуре в разных частях системы отопления; помпа, управляемая через *n*-канальный MOSFET-транзистор BS170; нагреватель, управляемый через *n*-канальный MOSFET-транзистор IRL2505, тактовая кнопка для активации и деактивации ошибок в тестовом режиме, два двухцветных светодиода для индикации режимов работы устройства. Все собираемые данные контроллер отправляет на сервер и принимает обратно управляющие сигналы от АРМ.

В ходе испытаний выявлены и устранены критические ошибки в работе устройства, в частности сильные помехи, идущие с силовых цепей на цифровые сигналы, слабые контакты в местах соединения высокоточковых проводов. Система (рис. 4) успешно прошла испытания и показала стабильную работу во всех режимах.



Рис. 4. Физическая модель

**Выводы.** Разработанный АРМ успешно выполняет все поставленные задачи и обеспечивает бесперебойную работу системы отопления на тестовой модели. На следующем этапе работы планируется расширение функционала системы и тестирование ее на модели с газовым котлом.

### Библиографический список

1. AlexGyver Technologies. – URL: <https://alexgyver.ru/lessons/> (accessed 01 June 2023).
2. Марюшин Л.А. Источники и системы теплоснабжения предприятий. – М., 2012. – 204 с.
3. Официальная документация Microsoft по Windows Forms [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/winforms/?view=netdesktop-7.0>
4. Developer guides. – URL: <https://developer.android.com/docs> (accessed 01 June 2023).
5. Retrofit. – URL: <https://square.github.io/retrofit/> (accessed 01 June 2023).
6. OkHTTP. – URL: <https://square.github.io/okhttp/> (accessed 01 June 2023).
7. Книга Head First – Программирование для Android [Электронный ресурс]. – 2-е изд. – 2018. – URL: [vk.comhttps://vk.com › wall-111905078\\_12781](https://vk.com/wall-111905078_12781) (дата обращения: 01.06.2023).

### Сведения об авторах

**Молоков Андрей Максимович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-22-2б, г. Пермь, e-mail: [andrey.molokof@yandex.ru](mailto:andrey.molokof@yandex.ru)

**Баяндин Кирилл Семенович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-22-2б, г. Пермь, e-mail: [bayandin.kirill123@gmail.com](mailto:bayandin.kirill123@gmail.com)

**Бражкин Егор Викторович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-22-2б, г. Пермь, e-mail: [brazkhin.e92@gmail.com](mailto:brazkhin.e92@gmail.com)

**Будин Данил Вячеславович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-22-2б, г. Пермь, e-mail: [den.darknezz@gmail.com](mailto:den.darknezz@gmail.com)

**Полякова Ольга Андреевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [olgastratum@mail.ru](mailto:olgastratum@mail.ru)

**И.Е. Муллов, Е.В. Долгова**

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ КАФЕДРЫ В СРЕДЕ UNREAL ENGINE 5**

Исследуется возможность создания виртуальной модели кафедры в среде Unreal Engine 5. Для создания трехмерной модели кафедры использовалась программа для моделирования Blender, а реализация интерактивных функций была выполнена в среде Unreal Engine с помощью системы визуального скриптинга Blueprint. Полученное программное обеспечение может быть применено для организации виртуальных экскурсий по кафедре. Кроме того, модель может помочь ознакомиться с образовательным учреждением в увлекательной форме, что может привлечь внимание потенциальных абитуриентов.

**Ключевые слова:** модель, автомат, Unreal Engine, Blueprint.

**I.E. Mullov, E.V. Dolgova**

## **DEVELOPING AN INTERACTIVE VIRTUAL DEPARTMENT IN UNREAL ENGINE 5 ENVIRONMENT**

This article explores the possibility of creating a virtual model of a department in the Unreal Engine 5 environment. The three-dimensional model of the department was created using Blender modeling software, and the implementation of interactive functions was performed in the Unreal Engine using the visual scripting system Blueprint. The resulting software can be used to organize virtual tours of the department. In addition, the model can help familiarize students with the educational institution in an engaging way, which may attract potential applicants.

**Keywords:** model, state machine, Unreal Engine, Blueprint.

В современном мире технологий виртуальные экскурсии становятся все более популярными. Одним из способов создания виртуального пространства для экскурсий является использование игровых движков, таких как Unreal Engine 5. Моделирование виртуальной кафедры в среде Unreal Engine 5 является актуальной задачей, которая позволяет создать уникальную интерактивную среду для студентов и абитуриентов.

Моделирование виртуальной кафедры включает в себя создание 3D-моделей помещений, мебели, оборудования и других элементов, необходимых для полноценного функционирования кафедры. Кроме того, важным аспектом является создание интерактивных элементов, таких как доски для записей, компьютеры, проекторы и другие объекты, с которыми можно взаимодействовать.

Для моделирования кафедры в Unreal Engine 5 используются различные инструменты, такие как редактор уровней, редактор материалов и др. С помощью этих инструментов можно создавать 3D-модели объектов, добавлять текстуры, настраивать освещение и создавать интерактивные элементы (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент модели кафедры ИТАС

Чтобы моделируемая среда была максимально близкой к реальной, ее математическая модель должна быть достаточно точной и реалистичной. Это позволяет добиться погружения пользователя в игровой процесс.

В качестве примера можно привести процесс открытия двери, в котором настраивались угол и время открытия, направление открытия, при каком событии оно будет происходить и прочие параметры.

Смоделируем процесс открытия / закрытия двери с помощью автомата Мура и определим следующие состояния:

1. Закрытое состояние – дверь закрыта;
2. Открытое состояние – дверь открыта.

Переходы между состояниями могут быть определены следующим образом:

1. Пользователь нажимает на кнопку открытия двери – переход из закрытого состояния в открытое состояние.
2. Пользователь нажимает на кнопку закрытия двери – переход из открытого состояния в закрытое состояние.
3. Пользователь нажимает на кнопку закрытия двери – переход из открытого состояния в закрытое состояние.

4. Пользователь нажимает на кнопку закрытия двери – переход из закрытого состояния в закрытое состояние.

Опишем работу автомата, используя диаграмму Мура (рис. 2).

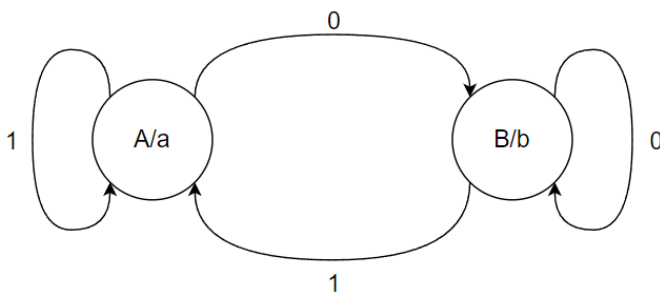


Рис. 2. Диаграмма Мура

В таблице приведены переходы системы.

Таблица переходов

| Текущее состояние | Следующее состояние |   | Выход |
|-------------------|---------------------|---|-------|
|                   | 0                   | 1 |       |
| A                 | B                   | A | a     |
| B                 | B                   | A | b     |

Действия, связанные с каждым переходом, могут быть определены следующим образом:

1. При переходе из закрытого состояния в открытое состояние – дверь открывается, проигрывается анимация и включается свет внутри помещения.

2. При переходе из открытого состояния в закрытое состояние – дверь закрывается, проигрывается анимация и выключается свет внутри помещения.

Для реализации автомата в среде Unreal Engine можно использовать Blueprint. Blueprint – это набор инструкций для создания объекта или системы. Он может быть использован для создания конечного автомата, который представляет собой модель поведения системы, состоящей из конечного числа состояний и переходов между ними.

Таким образом, конечный автомат для открытия / закрытия двери может быть создан с помощью Blueprint и использован для управления дверью и контроля ее состояния. На рис. 3, 4 приведен алгоритм Blueprint.

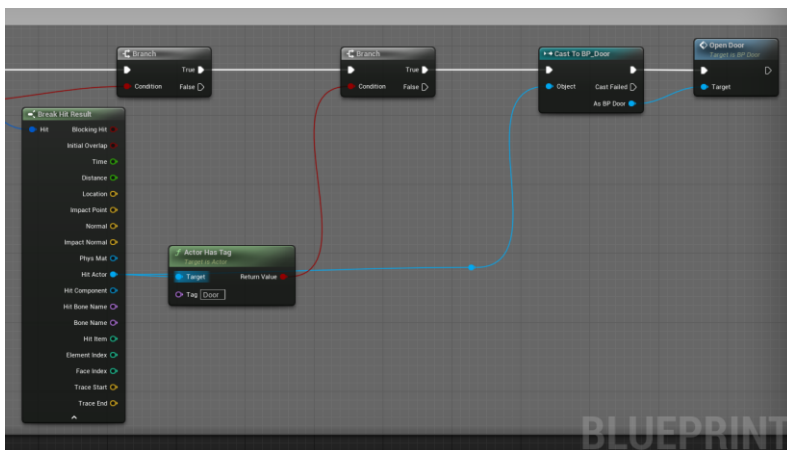


Рис. 3. Blueprint открытия двери, начало

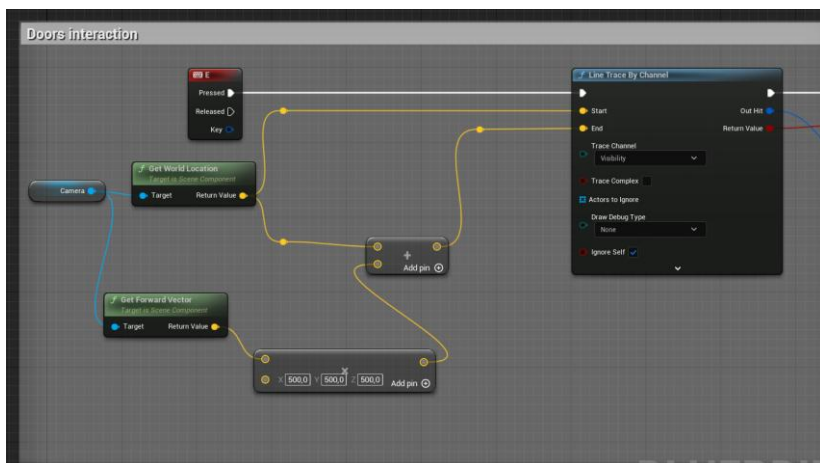


Рис. 4. Blueprint открытия двери, конец

В результате работы Blueprint\* мы получаем рабочую систему открытия / закрытия дверей (рис. 5).

\* Том Шэннон. Unreal Engine 4. Для дизайна и визуализации. М.: Бомбора, 2021. 368 с.

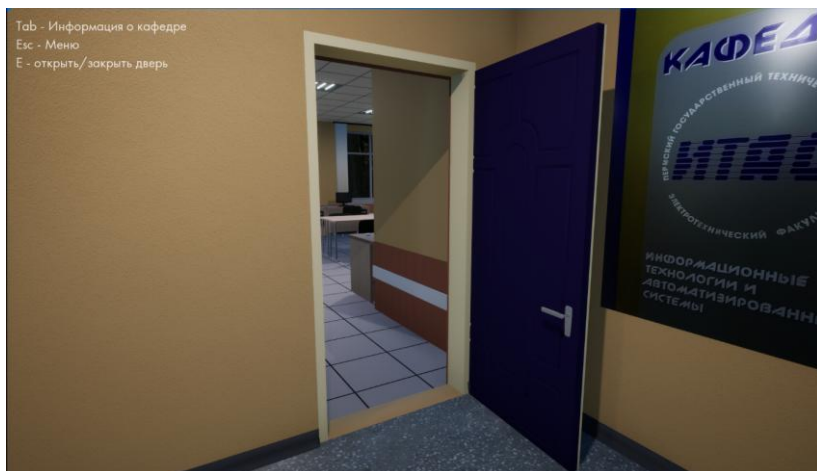


Рис. 5. Результат открытия двери

### Сведения об авторах

**Муллов Игорь Евгеньевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: mullovigor@yandex.ru

**Долгова Елена Владимировна** – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info

**Д.Б. Кузнецов, А.Н. Наумов**

**СИСТЕМА УЧЕТА РАЗВИТИЯ СПОРТСМЕНОВ  
ДЛЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕЗСКАЯ РАЙОННАЯ  
ДЕТСКАЯ ЮНОШЕСКАЯ СПОРТИВНАЯ ШКОЛА»**

Определена проблема необходимости автоматизации процессов деятельности организации. Разработаны модели бизнес-процессов организации. Спроектирована архитектура разрабатываемой системы. Разрабатываемая система учета позволит быстрее и эффективнее обрабатывать и использовать поступающие данные о спортсменах.

**Ключевые слова:** модель, система, автоматизация, TO-BE, Python, JavaScript.

**D.B. Kuznetsov, A.N. Naumov**

**DEVELOPMENT TRACKING SYSTEM FOR ATHLETES AT THE  
MUNICIPAL BUDGETARY INSTITUTION OF ADDITIONAL EDU-  
CATION «KEZSKAYA DISTRICT CHILDREN AND YOUTH  
SPORTS SCHOOL»**

The article defines the problem of the need to automate the processes of the organization. Models of the organization's business processes have been developed. The architecture of the system under development is designed. The accounting system being developed will allow faster and more efficient processing and use of incoming data on athletes.

**Keywords:** model, system, automation, TO-BE, Python, JavaScript.

Спортсмены стремятся постоянно улучшать свои навыки и достигать высоких результатов в своих дисциплинах. Для достижения этих целей требуется система, способная эффективно учитывать развитие спортсменов, предоставлять аналитическую информацию и помогать тренерам и спортсменам принимать обоснованные решения.

Разрабатываемая система должна обеспечить формирование, ведение и использование данных о спортсменах, содержащихся в базе данных [1].

Для разработки системы учета необходимо автоматизировать следующие процессы деятельности организации:

- регулирование тренировочного плана;
- формирование заявок на участие в соревнованиях;
- зачисление в ДЮСШ;
- ведение / утверждение тренировочного плана;
- отслеживание прогресса у спортсменов;
- ведение журнала посещаемости спортсменов;
- перевод спортсмена на следующий этап обучения.

Реализация одного из процессов в нотации BPMN изображена на рис. 1.

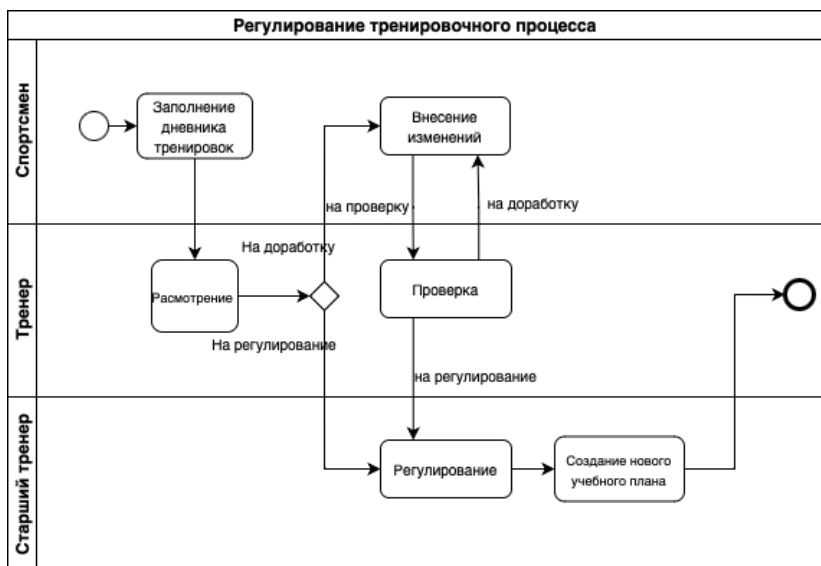


Рис. 1. Модель бизнес-процесса «регулирование тренировочного плана»

Спортсмен заполняет дневник тренировок и отправляет его на рассмотрение тренеру. Тренер проверяет корректность заполненного дневника и либо возвращает спортсмену на доработку, либо отправляет старшему тренеру. Действия «внесения изменений» и «проверка» могут выполняться сколько угодно раз, пока тренер не посчитает дневник верно заполненным. Действие «регулирование» говорит о том, что старший тренер получил дневник и принимает решение по изменению плана тренировок. На этапе «создание нового учебного плана» старший тренер отправляет уже новый, измененный тренировочный план тренеру.

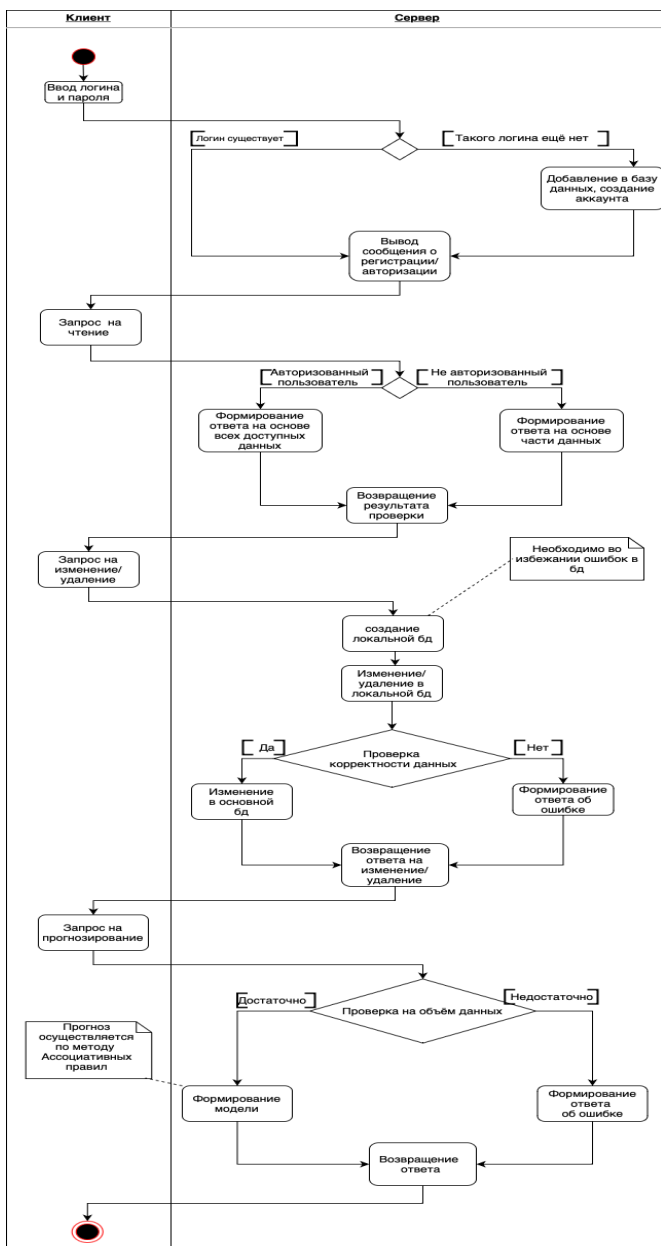


Рис. 2. Модель TO-BE

**Описание модели ТО-ВЕ.** Модель ТО-ВЕ должна соответствовать следующим требованиям:

- корректная регистрация пользователей;
- исключение ошибок при записи в БД (для этого создается локальная БД);
- все действия выполняются по принципу «вопрос-ответ»;
- возможность строить модель для прогнозирования результатов соревнований.

На рис. 2 представлена модель бизнес-процесса системы учета развития спортсменов.

**Использование инструментальных средств.** Разрабатываемое приложение имеет клиент-серверную архитектуру, где клиентская часть реализована с использованием языка JavaScript [2], а серверная – с использованием языка Python и библиотек Numpy и Pandas для работы с данными [3].

В качестве дополнительного инструмента используется Figma для построения макета интерфейса приложения [4].

Для построения модели ТО-ВЕ используется диаграмма деятельности – это технология, позволяющая описывать логику процедур, бизнес-процессы и потоки работ. Во многих случаях они напоминают блок-схемы, но принципиальная разница между диаграммами деятельности и нотацией блок-схем заключается в том, что первые поддерживают параллельные процессы [5].

**Выводы.** В ходе разработки системы были разработаны и спроектированы модели для каждого процесса деятельности в нотации BPMN и диаграмма деятельности ТО-ВЕ.

В результате автоматизации процессов деятельности организации реализованная система учета позволяет быстрее и эффективнее обрабатывать и использовать поступающие данные о спортсменах.

### **Библиографический список**

1. Образовательный портал УР [Электронный ресурс] / Управление образования Кезского района, МБУДО «Кезская районная СШ». – URL: [https://ciur.ru/kez/kez\\_dush/default.aspx](https://ciur.ru/kez/kez_dush/default.aspx) (дата обращения: 06.02.2023).
2. JS [Электронный ресурс]: офиц. справочник. – URL: <https://js.com/> (дата обращения: 06.02.2023).

3. Златопольский Д.М. Основы программирования на языке Python. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 284 с.

4. Унгер Р., Чендлер К. UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия: пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 336 с.

5. Фаулер М. UML. Основы: пер. с англ. – 3-е изд. – СПб.: СимволПлюс, 2004. – 192 с.

### **Сведения об авторах**

**Кузнецов Денис Борисович** – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kdenisb@mail.ru

**Наумов Антон Николаевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: craft.nmv@gmail.com

**Г.В. Наумов, А.В. Архипов**

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА  
ОТЧЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТУДЕНТОВ**

Исследуется способ повышения прозрачности и эффективности образовательного процесса при внедрении информационно-аналитической системы учета отчетных материалов студентов.

**Ключевые слова:** информационно-аналитическая система, бизнес-процесс, образовательный процесс, анализ.

**G.V. Naumov, A.V. Arkhipov**

**IMPROVING TRANSPARENCY AND EFFICIENCY OF THE  
EDUCATIONAL PROCESS THROUGH THE IMPLEMENTATION  
OF AN INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM  
FOR TRACKING STUDENT REPORTS**

This article explores the method of improving transparency and efficiency of the educational process through the implementation of an information-analytical system for tracking student reports.

**Keywords:** information-analytical system, business process, educational process, analysis.

Согласно результатам исследования Г.Е. Зборовского в статье «Удовлетворенность студентов колледжей и вузов образованием: сравнительный анализ» от 2021 г., 25 % опрошенных студентов отметили, что остались недовольны организацией образовательного процесса [1]. Это является серьезной предпосылкой для изучения проблемы снижения качества образования, поэтому следует подробнее разобрать влияющие на него факторы, один из которых – правильная организация отчетности. Рассмотрим подробно процесс учета отчетных работ при взаимодействии большинства преподавателей и студентов в рамках образовательного процесса.

Главная задача рассматриваемого процесса – выполнение сбора, обработки, проверки и контроля выполнения работ, выполняемых студентами. Это мероприятие является базовым для всего образовательно-

го процесса, так как его первоочередная цель – обеспечить качественное и своевременное выполнение студентами всех задач и работ, предусмотренных образовательной программой.

**Текущая реализация.** На данный момент процесс реализован следующим образом: преподаватель распределяет задания между студентами и передает им эту информацию. При этом задача фиксации данного события и передачи информации лежит полностью на преподавателе: где, как и когда он выполнит эти действия, известно только ему. По мере выполнения студентами работ преподаватель таким же образом отмечает их готовность в своем инструменте отчетности и вносит другие необходимые пометки.

Поскольку каждый преподаватель имеет свои предпочтения к технологиям фиксации данных, используемые инструменты отчетности также сильно различаются. Перечень средств документирования сегодня достаточно широк ввиду постоянного развития соответствующих программных продуктов, таких как пакет офисных программ Microsoft, облачные сервисы Google / Яндекс, Trello, Miro, Obsidian и др. Однако некоторым преподавателям кажется более удобным и надежным вести записи в привычном бумажном ежедневнике.

Здесь задача студента, помимо выполнения работы, сориентироваться в представленном многообразии инструментов отчетности, безошибочно интерпретировать увиденную информацию и сделать правильный вывод о качестве и скорости выполнения работ.

Для многих студентов это обстоятельство становится препятствием на пути к успешному обучению, и на это есть ряд причин:

- большое количество и разнородность источников трудно систематизировать;
- про каждый такой источник студент должен помнить и самостоятельно проверять актуальность информации;
- отслеживать обновления напрямую затруднительно либо вообще невозможно – только через запрос к преподавателю;
- приближение контрольных мероприятий, требований к работе и прочие данные студент также обязан помнить либо задокументировать самостоятельно, что уменьшает совокупную целостность информации.

Все это приводит к тому, что образовательный процесс перестает быть единым и прозрачным. Появляется сторона преподавателя и сторона студента, которые со временем лишь накапливают расхождения, вследствие чего работа студента перестает соответствовать предъявляемым к ней требованиям [2].

Качество выполнения работ напрямую отражает качество полученных студентом знаний и, как итог, полученного образования [3]. Недопустимо позволять таким незначительным и безобидным на первый взгляд факторам, как личные предпочтения по инструментам фиксации информации, влиять на столь важный показатель, как уровень образования.

Рассмотрим процесс ведения отчетности образовательного процесса с помощью диаграммы нотации BPMN 2.0, которая описывает существующий процесс получения, сдачи и учета отчетных работ студентов (рис. 1).

Из данной диаграммы следует, что не все участники процесса видят его открытым, поскольку полная картина известна только преподавателю, который хранит информацию в личном источнике. Например, заведующему кафедрой для получения информации об общей успеваемости необходимо обратиться напрямую к руководителю работы или преподавателю. Такой сценарий требует относительно большого количества времени на коммуникацию заведующего и преподавателя и еще больше – на формирование преподавателем отчетных данных. Точно так же и студент не может в любое время получить информацию о ходе утверждения задания и статусе проверки его работы.

Стоит обратить внимание на потоки сообщений, отраженные на диаграмме. Они играют важную роль в передаче ключевой информации и потому должны быть достаточно надежны и удобны. Однако в текущей реализации обмен сообщениями происходит путем общения участников процесса с использованием личных каналов связи: соцсетей, электронной почты, либо при личном присутствии. Такой способ не может обеспечить структурированный и организованный обмен информацией, а важная информация может просто потеряться среди писем рабочего или личного характера, что недопустимо.

Также из диаграммы очевидно, что самым загруженным здесь является преподаватель – на нем сосредоточено наибольшее количество действий. Это обусловлено тем, что каждой работе преподаватель должен уделить время для проверки и фиксации в своем инструменте отчетности.

Помимо этого, процесс имеет существенный недостаток в виде наложенных на него физических ограничений. В классическом сценарии для получения темы работы, ее выполнения и проверки преподавателем требуется бумажный документ работы, что затратно и неудобно. При этом также зачастую требуется личное присутствие обоих участников

процесса для обсуждения либо передачи документа работы. Это не всегда представляется возможным, а в силу того, что все действия и обеспечение обратной связи касательно работы должны быть незамедлительными для своевременного ее выполнения, проблема необходимости личного присутствия стоит достаточно остро.

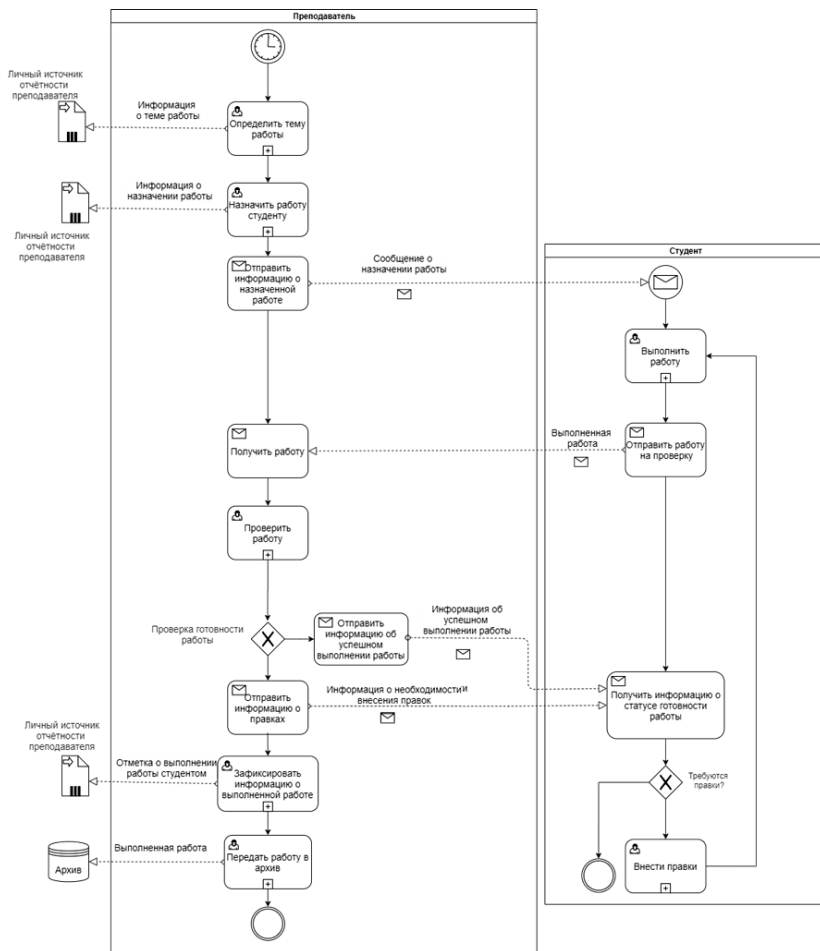


Рис. 1. Диаграмма процесса выполнения работ и ведения отчетности до внедрения информационной системы. Проблемы, рассмотренные выше, требуют оперативного принятия мер для избавления образовательного процесса от упомянутых недостатков

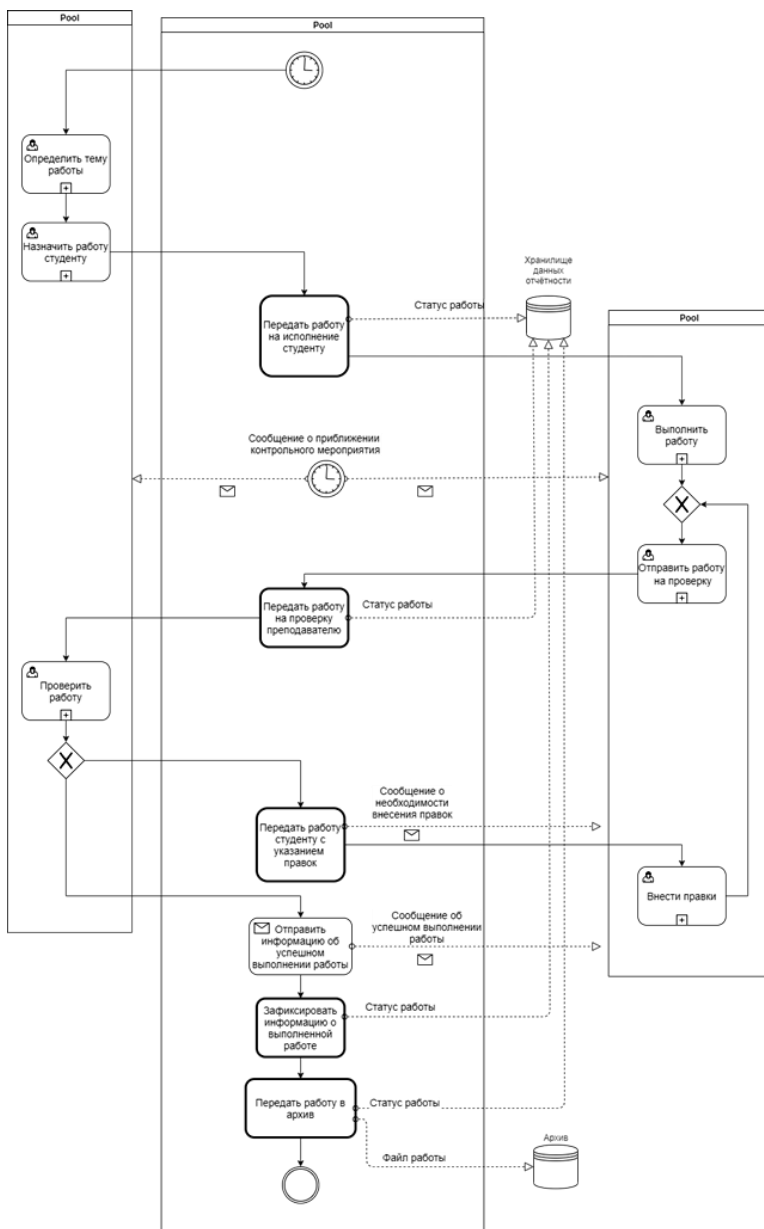


Рис. 2. Диаграмма процесса выполнения работ и ведения отчетности после внедрения информационной системы

**Предлагаемое решение.** В качестве решения предлагается разработка информационно-аналитической системы учета материалов студентов, которая заберет большую часть рутинной работы преподавателя и систематизирует ведение отчетности.

На диаграмме типа BPMN 2.0 (рис. 2) изобразим процесс выполнения работ и ведения их отчетности после внедрения предлагаемой системы. На ней продемонстрировано распределение функций между ролями пользователей информационной системы и самой ИС.

Действия пользователей будут осуществляться через систему, которая выполняет роль функционального посредника между преподавателем и студентом.

Отчетность и сбор статистики здесь обеспечены за счет того, что каждая выполняемая в системе задача (при этом неважно, студентом, преподавателем или самой системой) автоматически обновляет состояние маршрутного объекта, т.е. объекта выполняемой работы.

Таким образом, отчетность будет формироваться автоматически, не требуя человеческого участия. Это позволит отражать непрерывную во времени картину состояния выполняемых работ и обеспечит целостность статистических данных.

Помимо формирования отчетности система осуществляет постоянный мониторинг процесса выполнения работы и контролирует студента, информирует его о ключевых точках и датах контрольных мероприятий.

Как результат внедрения подобной системы – все операции процесса выполнения работы, кроме мероприятий, требующих очного присутствия (как, например, защита курсовой работы), будут выполняться и документироваться с помощью предлагаемой информационной системы, отчетность при этом будет формироваться в режиме реального времени.

**Выводы.** Предлагаемая информационно-аналитическая система при внедрении обеспечит непрерывный сбор отчетных данных, позволит высвободить большую часть работы преподавателя от рутинных действий, а также упростит и сделает более прозрачным образовательных процесс для всех его участников, что качественно повысит уровень образования и подготовки отчетности.

### **Библиографический список**

1. Зборовский Г.Е. Удовлетворенность студентов колледжей и вузов образованием: сравнительный анализ // Образование: вызовы нового времени. – 2021. – № 1. – С. 1–16.
2. Зборовский Г.Е. Аномалии в высшем образовании как фактор неуспешности студентов // Известия УРФУ. – 2022. – № 1. – С. 1–9.
3. Индикаторы образования: стат. сб. / Н.В. Бондаренко, Д.Р. Бородин, Л.М. Гохберг [и др.]. – М., 2020. – 496 с.

### **Сведения об авторах**

**Наумов Герман Витальевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-18-1БЗ, e-mail: naumov-german@mail.ru

**Архипов Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: arhipov@greendatasoft.ru

**С.Д. Неволин, А.В. Архипов**

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА РЕКВИЗИТОВ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ**

Рассматривает различные методы оптимизации производительности приложения на примере разработки информационной системы для поиска реквизитов юридических лиц. В фокусе исследования находятся такие аспекты, как полнотекстовый поиск, кэширование, асинхронное программирование, а также методы улучшения производительности базы данных, включая шардирование и репликацию. Представлены практические рекомендации и примеры, которые помогут оптимизировать производительность приложения на основе фреймворка Spring Boot и СУБД PostgreSQL.

**Ключевые слова:** информационная система, поиск реквизитов юридических лиц, повышение производительности, REST API, Spring Boot, PostgreSQL, полнотекстовый поиск, кэширование, асинхронное программирование, шардирование, репликация.

**S.D. Nevolin, A.V. Arhipov**

## **WAYS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF THE APPLICATION ON THE EXAMPLE OF THE DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR SEARCHING THE DETAILS OF LEGAL ENTITIES**

The article explores various methods for optimizing application performance through the development of an information system for searching legal entity details. The study focuses on aspects such as full-text search, caching, asynchronous programming, as well as performance enhancement techniques for the database, including sharding and replication. Practical recommendations and examples are provided to assist in optimizing application performance using the Spring Boot framework and PostgreSQL DBMS.

**Keywords:** information system, legal entity search, performance improvement, REST API, Spring Boot, PostgreSQL, full-text search, caching, asynchronous programming, sharding, replication.

В современном информационном мире доступ к актуальной информации является неотъемлемой частью успешного бизнеса. Создание информационной системы поиска реквизитов юридических лиц, способной обрабатывать высокие нагрузки и обеспечивать быстрый дос-

туп к данным, является важной задачей. В данной статье рассматривается пример разработки такой системы, основанной на REST API, разработанном с использованием Spring Boot, и СУБД PostgreSQL. Также рассматриваются несколько ключевых подходов и технологий, которые помогут повысить производительность и эффективность приложения.

В информационной системе используется база данных, включающая таблицы с большим объемом данных, достигающим 30 миллионов записей. Для обеспечения эффективного поиска в системе были применены различные оптимизации базы данных. Далее будут приведены основные методы оптимизации, применяемые к СУБД.

Первым способом повышения эффективности является полнотекстовый поиск, который представляет собой мощный инструмент для обработки и поиска текстовых данных. Он обеспечивает более точные и полные результаты по сравнению с простым поиском по конкретным полям и значительно улучшает скорость выполнения запросов.

В нашем случае выбрана СУБД, которая предоставляет встроенную поддержку полнотекстового поиска. PostgreSQL предлагает специальные типы данных и операторы, которые позволяют создавать и использовать индексы для полнотекстового поиска. Это позволяет оптимизировать процесс поиска и значительно повысить производительность системы.

Для использования полнотекстового поиска в информационной системе поиска реквизитов юридических лиц можно использовать индексирование и соответствующие операторы и функции PostgreSQL, такие как `tsvector`, `tsquery` и `@@`.

В процессе разработки системы поиска реквизитов юридических лиц полнотекстовый поиск может быть применен для эффективного и точного поиска по различным атрибутам, включая название юридического лица, ИНН или ОГРН. Это позволит пользователям быстро находить необходимые реквизиты даже при наличии большого объема данных. Использование полнотекстового поиска является важным этапом в разработке, поскольку он существенно повышает эффективность и удобство работы с системой [1].

Еще одним способом улучшения производительности базы данных является масштабирование, которое может быть реализовано через шардирование или репликацию данных.

Шардирование (sharding) – это подход, при котором данные разбиваются на независимые фрагменты, называемые шардами, которые

хранятся и обрабатываются на отдельных серверах. Каждый шард содержит часть данных, и запросы к базе данных распределяются между шардами. Это позволяет горизонтальное масштабирование и равномерное распределение нагрузки между несколькими узлами, что в свою очередь повышает производительность и способность обработки большого количества запросов параллельно.

Шардирование может осуществляться по различным принципам, таким как географическое местоположение, хеширование данных, диапазон значений и др. Каждый шард может представлять собой независимый сервер базы данных или группу серверов, работающих в совокупности.

Репликация (replication) – это процесс создания и поддержания одной или нескольких копий базы данных на различных серверах. Репликация позволяет иметь несколько доступных копий данных, которые могут использоваться для чтения или резервного копирования. Основная копия базы данных называется мастером (master), а остальные копии – репликами (slaves). Мастер-сервер принимает и обрабатывает записи, а реплики реплицируют данные от мастера и могут обрабатывать только запросы на чтение. Репликация позволяет распределить нагрузку на чтение между несколькими серверами и обеспечить высокую доступность данных, поскольку при сбое в работе основного сервера реплики могут продолжать обслуживать запросы.

Было принято решение использовать репликацию, чтобы обеспечить высокую доступность данных и возможность обработки запросов параллельно. Репликация позволяет создать несколько копий данных, что повышает отказоустойчивость системы и обеспечивает непрерывную работу даже в случае сбоя в основной базе данных [2].

Использование REST API на платформе Spring Boot предоставляет возможность создавать мощные, высокопроизводительные и масштабируемые приложения. Однако с увеличением нагрузки и объема данных становится необходимым применение специальных оптимизаций для обеспечения оптимальной производительности и отзывчивости системы. Далее будут представлены ключевые методы для повышения производительности REST API, разработанного на основе Spring Boot. Эти методы и оптимизации позволяют эффективно обрабатывать большое количество запросов, улучшать время отклика, снижать нагрузку на базу данных и обеспечивать быстрое взаимодействие с пользователями.

Первым способом повышения производительности REST API является кэширование. Кэширование позволяет сохранять результаты выполнения запросов в быстром хранилище, устраняя необходимость повторного выполнения запросов к базе данных и улучшая время ответа.

В контексте информационной системы, предназначенной для поиска реквизитов юридических лиц, мы можем использовать кэширование для хранения часто запрашиваемых данных, таких как реквизиты популярных компаний или результаты предыдущих поисковых запросов. Для реализации кэш-хранилища можно использовать такие инструменты, как Redis или Memcached.

Redis представляет собой распределенную систему кэширования, обеспечивающую высокую производительность и надежность. Он позволяет сохранять данные в оперативной памяти и обеспечивает быстрый доступ к ним. В контексте нашей информационной системы мы можем использовать Redis для кэширования результатов запросов к базе данных с целью избежать повторного выполнения этих запросов и ускорить ответы на поисковые запросы.

При разработке системы с использованием кэширования следует учитывать следующие аспекты:

- определение стратегии кэширования: Не все данные подходят для кэширования, поэтому важно определить, какие данные будут сохраняться в кэше. В нашем случае мы можем рассмотреть кэширование результатов запросов, которые возвращают одинаковые результаты для разных пользователей или запросов;

- управление жизненным циклом кэша. Кэш-хранилище может иметь ограниченный объем памяти, поэтому важно управлять его жизненным циклом. Мы можем устанавливать время жизни для каждого элемента кэша или использовать алгоритмы вытеснения, такие как LRU (Least Recently Used) или LFU (Least Frequently Used), для освобождения места для новых данных;

- обновление кэша. При изменении данных в базе данных необходимо обновлять соответствующие записи в кэше. Можно использовать техники инвалидации кэша, такие как инвалидация на основе событий или временные метки, чтобы гарантировать актуальность данных в кэше [3].

Вторым способом повышения производительности является использование асинхронного программирования. В нашей информаци-

онной системе можно воспользоваться асинхронностью для параллельной обработки запросов пользователей и обеспечения отзывчивости системы.

Фреймворк Spring Boot предлагает поддержку асинхронного программирования с использованием аннотаций, таких как `@Async` и `CompletableFuture`. Мы можем асинхронно выполнять операции поиска реквизитов юридических лиц и возвращать результаты пользователю, когда они готовы. Это позволит повысить производительность системы и обеспечить отзывчивость приложения [4].

В дополнение к предыдущим методам существуют и другие подходы, которые способствуют улучшению производительности высоконагруженных приложений:

- оптимизация запросов. Регулярное оптимизирование запросов к базе данных может существенно повысить производительность приложения. Для идентификации и оптимизации медленных запросов мы можем использовать инструменты анализа выполнения запросов, например `pg_stat_statements` в PostgreSQL;

- масштабирование и горизонтальное разделение инфраструктуры. При увеличении нагрузки на приложение мы можем горизонтально масштабировать его, добавляя дополнительные серверы или контейнеры. Технологии контейнеризации, такие как Docker и Kubernetes, могут быть использованы для управления и масштабирования приложений.

В данной статье были рассмотрены способы повышения производительности приложения на примере создания информационной системы поиска реквизитов юридических лиц. В частности, освещается использование полнотекстового поиска в PostgreSQL для эффективного и точного поиска данных. Также исследуется применение кэширования с использованием Redis с целью улучшения производительности и снижения нагрузки на базу данных.

В статье обращается внимание на использование асинхронного программирования для обработки запросов с высокой нагрузкой и рассматриваются способы масштабирования базы данных, такие как шардирование и репликация.

Эффективное использование этих методов поможет создать отзывчивую информационную систему, способную эффективно обрабатывать высокие нагрузки.

### **Библиографический список**

5. Алан Корнелл, Симон Ригс. PostgreSQL 10. Полное руководство. – М.: Диалектика, 2019. – 672 с.
6. Владимир Смирнов. Шардинг и репликация в PostgreSQL. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 416 с.
7. Майкл Симмонс. Spring Boot: Практическое руководство. – М.: Диалектика, 2019. – 432 с.
8. Джошуа Блох. Java. Эффективное программирование. – 9-е изд. – М.: Вильямс, 2014 – 310 с.

### **Сведения об авторах**

**Неволин Сергей Дмитриевич** – студент Пермского национально-го исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: sergeinevolin9@yandex.ru

**Архипов Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: arhipov@greendatasoft.ru

**К.Л. Некрасов, Е.А. Хохрякова, А.Л. Погудин,  
Р.А. Файзрахманов**

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШЕСТИЗВЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ**

Рассмотрена разработка системы управления шестизвненным манипулятором. Приведено построение 3D-модели в системе моделирования TinkerCad. Представлена разработка программы управления манипулятором и разработка приложения в виде сцены в Unity.

**Ключевые слова:** система управления, шестизвненный манипулятор, Unity, TinkerCad, Arduino, 3D-модель.

**K.L. Nekrasov, E.A. Khokhryakova, A.L. Pogudin,  
R.A. Fayzrakhmanov**

## **DEVELOPMENT OF A INTERACTIVE CONTROL SYSTEM FOR A 6-DOF MANIPULATOR**

This paper describes the development of a control system for a six-arm manipulator. Also, this paper presents the construction of 3D model in TinkerCad simulation system. Also, the development of control program for manipulator and development of application in the form of a scene in Unity.

**Keywords:** control system, 6-DOF manipulator, Unity, TinkerCad, Arduino, 3D-model.

Современный человек в XXI в. во множестве сфер деятельности, например в промышленности, медицине, строительстве, исследовательской деятельности, быту и тому подобном, очень сильно стал нуждаться в таких незаменимых помощниках, как роботы. Именно поэтому в последние годы очень сильно стала развиваться робототехника. Было разработано много разновидностей роботизированных устройств, которые максимально упрощают работу над определенными задачами, существенно повышают качество выполняемой работы и минимизируют вероятность получения производственных травм, вплоть до летального исхода. Одним из примеров подобных устройств является роботизированный манипулятор. Роботизированный манипулятор – это механизм, состоящий из нескольких звеньев,двигающихся вращательно или поступательно относительно друг друга и предназначенный для выполне-

ния широкого спектра поставленных задач, таких как перемещение грузов, обработка деталей, сварка и т.д.

Актуальность выбора разработки и использования интерактивной модели системы управления манипулятором определена следующим: использование информационно-коммуникативных технологий в учебной деятельности; увеличение эффективности и результативности учебного процесса.

**3D-моделирование манипулятора.** В среде 3D-моделирования Tinkercad была спроектирована 3D-модель манипулятора.

Для начала были спроектированы модели деталей, из которых будет собран манипулятор и его 3D-модель. Для дальнейшего удобства сборки некоторые из деталей были объединены в блоки. После их объединения была произведена сборка 3D-модели манипулятора. Общий вид 3D-модели манипулятора в среде разработки Tinkercad представлен на рис. 1.

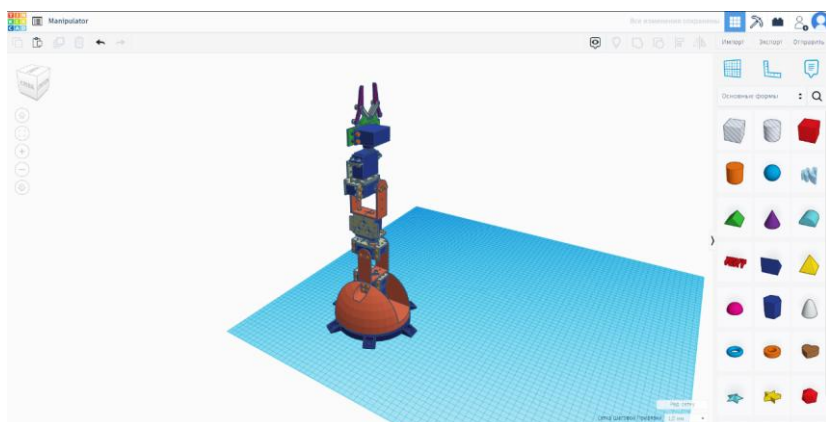


Рис. 1. Общий вид 3D-модели манипулятора в Tinkercad

**Программа управления манипулятором.** Программа для управления манипулятором была написана в среде разработки Arduino IDE. Для написания был использован язык Arduino C.

Для управления несколькими сервоприводами с помощью платы расширения была подключена специальная библиотека MultiServo.h. Данная библиотека позволяет упростить работу с несколькими сервоприводами.

В функции Setup производится подключение всех сервоприводов, указание их параметров, а также начало работы с сервоприводами. Также производится инициализация положения сервоприводов. Благодаря ей манипулятор выпрямляется.

Для того чтобы можно было передавать данные по повороту сервоприводов для манипуляторов, объявлены две переменные *i* и *value*. Переменная *i* отвечает за номер сервопривода, а переменная *value* за значение угла поворота.

В функции Loop производится управление сервоприводами манипулятора. Контроллер получает через серийный порт строку, содержащую значения углов для каждого сервопривода с первого по последний. Строка примерного формата – «(20,40,10,0,14,25,0)». Данная строка разделяется посимвольно. В случае если символом является «(», это означает начало строки. Номер сервопривода устанавливается 1, а значение угла поворота на 0. Если же символом является запятая или закрывающая скобка, то сервопривод под номером *i* устанавливает значение угла поворота на значение переменной *value*, затем номер сервопривода увеличивается, а значение угла поворота инициализируется. Если же встречается в строке знак «минус», то значение угла поворота меняется на отрицательное. Если же это число, то оно начинает расти слева направо, сначала первое число, затем второе и третье, если такое было, постепенно доходя до символа запятой или закрывающей скобки.

Программа представлена в листинге 1.

Листинг 1 – Программа управления манипулятором

```
#include "iarduino_MultiServo.h"
iarduino_MultiServo MSS;
void setup() {
    MSS.servoSet(1, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(2, SERVO_MG996R);
    //MSS.servoSet(3, 180, 50, 2500);
    MSS.servoSet(3, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(4, 180, 100, 500);
    MSS.servoSet(5, 180, 100, 500);
    MSS.servoSet(6, SERVO_MG996R);
    //MSS.servoSet(7, 180, 800, 2200);
    MSS.servoSet(7, SERVO_MG996R);
    MSS.begin();
    MSS.servoWrite(1, 40);
    MSS.servoWrite(2, 0);
    MSS.servoWrite(3, 0);
```

```

MSS.servoWrite(4,45);
MSS.servoWrite(5,35);
MSS.servoWrite(6,50);
MSS.servoWrite(7,0);
Serial.begin (9600);
pinMode(13, 1);
}

int i = 1;
int value = 0;
bool isNegative = false;

void loop() {
    if (Serial.available()) {
        char thisChar = Serial.read();
        if (thisChar == '(') {
            value = 0;
            i = 1;
            return;
        }
        if (thisChar == ',' || thisChar == ')') {
            if(isNegative){
                value=-value;
            }

            Serial.println(String(i) + "-" + String(value));
            MSS.servoWrite(i,value);
            i++;
            value = 0;
            isNegative=false;
            return;
        }
        if (thisChar == '-') {
            //value = -value;
            isNegative = true;
            return;
        }
        value = value * 10 + (thisChar - '0');
    }
}

```

**Приложение для управления манипулятором.** Для управления манипулятором была сделана специальная сцена в Unity.

С помощью данной сцены можно управлять манипулятором, передвигая объект Target. С помощью решения обратной задачи кинематики модель манипулятора сгибает звенья манипулятора. Полученные углы она отправляет в серийный порт в виде чисел, разделенных запятой и заключенных в скобки.

Для начала работы со сценой ее необходимо запустить. Для этого необходимо нажать на кнопку с треугольником и выбрать пункт «Сцена».

Сцена готова к использованию. Манипулятор сначала инициализируется в выпрямленное положение, затем согнется, так же как модель в сцене.

Далее передвигая объект Target, можно увидеть движение модели в сцене. Модель в сцене будет пытаться достичь объекта Target своим схватом, однако модель имеет установленные ограничения, такие же, как и у реального манипулятора. Манипулятор будет повторять движения модели. Сцена в Unity продемонстрирована на рис. 2.

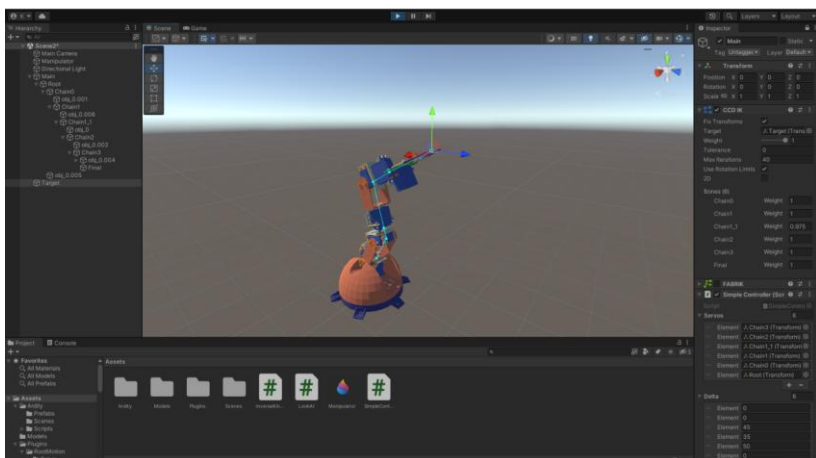


Рис. 2. Сцена в Unity

**Испытания.** После того как была сделана сцена и написана программа на Arduino, было проведено испытание системы в работе. Было исследовано соответствие положения модели в сцене и манипулятора. На рис. 3 представлено положение модели в сцене в Unity, на рис. 4 представлено положение манипулятора.

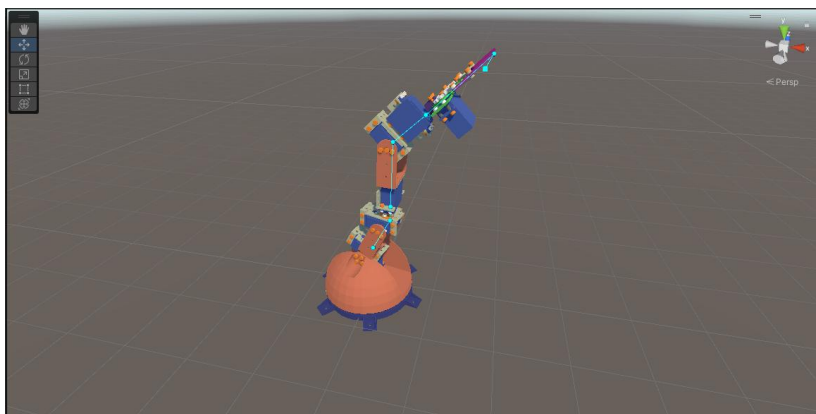


Рис. 3. Положение модели в сцене



Рис. 4. Положение манипулятора

В ходе испытаний были выявлены неточности в соответствии модели и манипулятора. Система нуждается в калибровке.

**Выводы.** В данной статье была разработана 3D-модель манипулятора в среде 3D-моделирования TinkerCad. Была разработана программа управления манипулятором в Arduino C. Было разработано приложение для управления манипулятором на основе сцены в Unity. Были проведены испытания системы.

### **Библиографический список**

1. Отправка и парсинг serial [Электронный ресурс]. – URL: <https://alexgyver.ru/lessons/parsing/> (дата обращения: 12.05.2023).
2. Основы Unity [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/UnityBasics.html> (дата обращения: 12.05.2023).
3. Гайд для новичков arduino [Электронный ресурс]. – URL: <https://alexgyver.ru/arduino-first/> (дата обращения: 12.05.2023).
4. Servo [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/servo/> (дата обращения: 12.05.2023).
5. Библиотека iarduino\_MultiServo [Электронный ресурс]. – URL: <https://iarduino.ru/file/255.html> (дата обращения: 12.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Некрасов Кирилл Леонидович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИПР-21-1м, г. Пермь, e-mail: [nekrasovkl@yandex.ru](mailto:nekrasovkl@yandex.ru)

**Хохрякова Елизавета Андреевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИПР-22-1М, г. Пермь, e-mail: [elizaveta-kireeva@yandex.ru](mailto:elizaveta-kireeva@yandex.ru)

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pogudin\\_al@mail.ru](mailto:pogudin_al@mail.ru)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:Fayzrakhmanov@gmail.com)

**Е.В. Долгова, Е.А. Нерослов**

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ГЕНЕРАЦИИ ДИАГРАММ КЛАССОВ, СХЕМ БАЗ ДАННЫХ,  
ПРОТОТИПОВ ВИЗУАЛЬНЫХ МАКЕТОВ НА ОСНОВЕ  
АНАЛИЗА ТЕКСТА НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ**

Рассматривается актуальность применения автоматизированных систем, способных анализировать текст на естественном языке, в сфере бизнес-аналитики. Анализ существующих решений. Исследование ключевых аспектов разработки прототипа, обладающего возможностью генерировать диаграммы классов, схемы баз данных и визуальных макетов на основе анализа текста. Демонстрация разработанного прототипа автоматизированной системы.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, бизнес-аналитик, генерация, искусственный интеллект.

**E.V. Dolgova, E.A. Neroslov**

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM  
FOR GENERATING CLASS DIAGRAMS, DATABASE  
SCHEMES, PROTOTYPES OF VISUAL MOCKUPS BASED  
ON NATURAL LANGUAGE TEXT ANALYSIS**

The article examines the relevance of utilizing automated systems capable of analyzing natural language text in the field of business analytics. It analyzes existing solutions and explores key aspects of developing a prototype that can generate class diagrams, database schemas, and visual mock-ups based on text analysis. The article also demonstrates the developed prototype of an automated system.

**Keywords:** automated system, business analyst, generation, artificial intelligence.

В современном информационном обществе объемы текстовых данных постоянно растут, и эффективное использование этой информации становится все более важным аспектом и неотъемлемой частью успеха любой IT-компании.

Разработка систем, способных автоматически анализировать текст на естественном языке и предоставлять обработанную информацию в необходимом формате, обладает большим потенциалом для оптимизации бизнес-процессов и повышения производительности бизнес-аналитиков [1]. Такие системы также улучшают коммуникацию между

разработчиками и заказчиками. Визуальные представления на основе анализа текста облегчают понимание разрабатываемых систем и помогают избежать недоразумений, что критически важно для успешной реализации проектов.

На данный момент существуют инструменты и платформы для эффективной обработки текста на естественном языке, такие как Kairntech, Modern Requirements и NoCodeZ. Они позволяют пользователям создавать и настраивать приложения без кодирования или автоматизировать бизнес-процессы в области бизнес-аналитики. Однако данные платформы также имеют некоторые недостатки, которые приведены в таблице.

Доступные решения

| Решение             | Заранее обученный ИИ | Возможность дообучения и настройки ИИ | Независимость разработки от своей платформы |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kairntech           | –                    | +                                     | –                                           |
| Modern Requirements | +                    | –                                     | –                                           |
| NoCodeZ             | +                    | –                                     | –                                           |

Отсутствие предварительно обученной ИИ является значительным недостатком, поскольку влечет затраты времени и ресурсов на обучение для пользователя [1]. Также отсутствие возможности дообучения и настройки ИИ сужает его применимость в узконаправленных задачах.

Кроме того, важным аспектом таких систем является их независимость от платформы, чтобы обеспечить легкий доступ для широкого круга пользователей.

В рамках этой статьи рассмотрим концепцию системы «ИИ-Ассистент», способной автоматически анализировать текст на естественном языке и предоставлять результаты в различных форматах.

**Функциональность системы.** В целях обеспечения универсальности и повышения автоматизации деятельности бизнес-аналитиков для прототипа системы будет разработан следующий функционал:

1. Анализ введенного текста, выявление сущностей, атрибутов и связей между сущностями.
2. Генерация UML-диаграмм классов, SQL-скриптов, макетов на основе анализа текста.
3. Сохранение входных данных для улучшения распознавания текста искусственным интеллектом.

**Концепция системы.** Исходя из формального описания функционала и характеристики объекта автоматизации система может быть представлена концептуальной схемой (рис. 1).

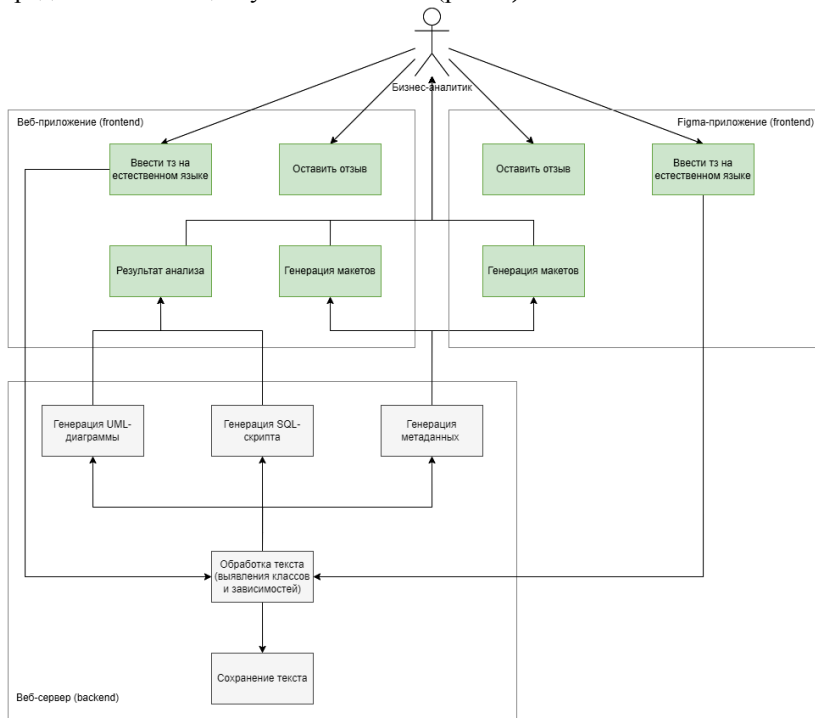


Рис. 1. Концептуальная схема системы

Согласно концепции, автоматизированная система включает в себя следующие функциональные подсистемы:

1. Веб-приложение (клиентская часть) – отображает результаты генерации UML-диаграммы, SQL-скрипта и макетов в виде SVG-изображений.
2. Figma-плагин (клиентская часть) – отображает сгенерированные макеты, позволяет выделять компоненты на отдельные страницы и редактировать макеты форм [2].
3. API – реализует архитектурный шаблон «сервисный слой» через RESTful веб-сервис, обеспечивая повторное использование бизнес-логики приложения [3].

4. Подсистема анализа текста (NLP) – анализирует входной текст, выявляет классы, поля, типы полей и связи между классами на основе шаблонов [1].

5. Подсистема генерации – создает UML-диаграммы (в формате PlantUML [4]), SQL-скрипты и метаданные для макетов на основе результатов анализа текста (NLP).

Пользователь вводит текст на естественном языке и выбирает формат получения результата. В случае проблем с работой системы пользователь может оставить отзыв.

**Пример работы системы «ИИ-Ассистента»**

**1. Клиентская часть приложения:**

Пользователь открывает веб-интерфейс страницы «ИИ-Ассистент».

**Попробуйте!**

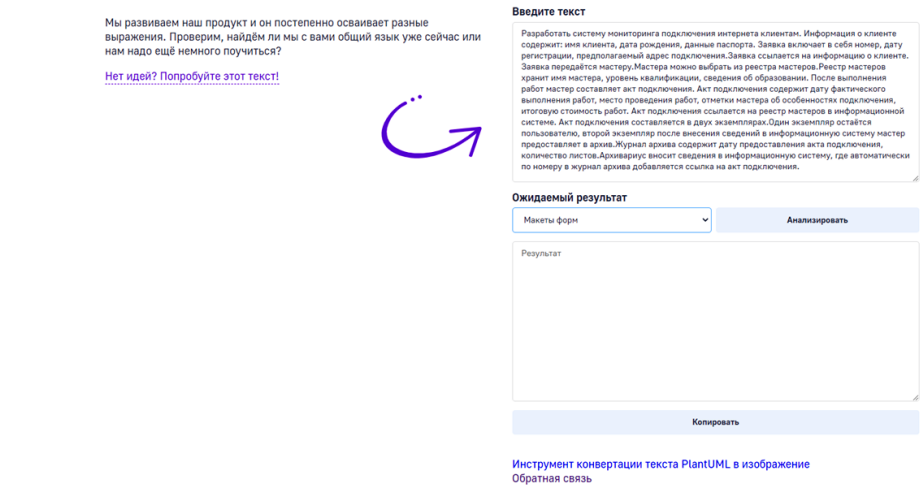


Рис. 2. Веб-интерфейс страницы «ИИ-Ассистент»

В интерфейсе доступны следующие компоненты:

– форма для отправки запроса текста на естественном языке представлена на рис. 2. Пользователь вводит текст запроса и выбирает ожидаемый тип результата (UML-диаграмма в формате PlantUML [4], SQL-скрипт или макеты сайта);

- компонент для отображения результатов распознавания. После отправки запроса пользователь получает ответ от серверной части;
- компонент для визуализации макетов сайта позволяет отображать макеты на основе полученных метаданных.

## 2. Плагин «ИИ-Ассистент» для Figma:

Плагин поддерживает функцию визуализации макетов, созданных на основе полученных метаданных с серверной части, для последующего редактирования. В плагине доступны следующие компоненты:

- форма для отправки запроса текста на естественном языке представлена на рис. 3.

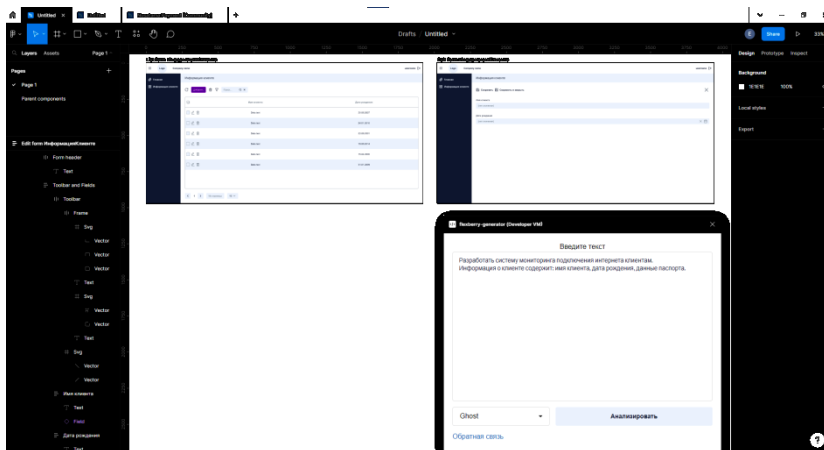


Рис. 3. Визуализация макетов сайта в Figma

Пользователь вводит текст запроса и выбирает стиль оформления макета;

- компонент для визуализации макетов сайта. После отправки запроса и получения результатов распознавания пользователь может просматривать и редактировать макеты;
- функционал выделения компонентов на отдельную страницу. Пользователь может редактировать компоненты, размещенные на отдельных страницах, из которых состоят макеты. Если внесены изменения в выделенные компоненты, то эти изменения автоматически применяются ко всем формам макета.

**Преимущества использования системы.** Использование автоматизированной системы «ИИ-Ассистент» имеет ряд преимуществ:

1. Автоматизация анализа текста, экономия времени и снижение вероятности ошибок.
2. Визуализация результатов в виде UML-диаграмм, SQL-скриптов и макетов сайтов.
3. Удобный интерфейс для ввода текста, выбора результата и визуализации данных.
4. Система доступна в виде веб-приложения, что обеспечивает легкий доступ.
5. Возможность редактирования макетов сайтов через Figma-плагин. **Выводы.** «ИИ-Ассистент» – мощный инструмент для автоматизации анализа текста и предоставления результатов в нужном формате. Он упрощает разработку и экономит время бизнес-аналитиков в IT-сфере. «ИИ-Ассистент» помогает оптимизировать процессы разработки, улучшить коммуникацию между командами и сократить время на создание и изменение макетов сайтов.

### **Библиографический список**

1. Хобсон Лейн, Ханнес Хапке, Коул Ховард. Обработка естественного языка в действии. – СПб.: Питер, 2020. – 576 с.
2. Figma Developers. – URL: <https://www.figma.com/developers> (accessed 15 May 2023).
3. Арно Лоре Проектирование веб-API / пер. с англ. Д.А. Беликова. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 440 с.
4. PlantUML Language Reference Guide. – URL: <https://plantuml.com/guide> (accessed 19 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Долгова Елена Владимировна** – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [elena@dolgova.info](mailto:elena@dolgova.info)

**Нерослов Егор Александрович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: [neroslov.egor@mail.ru](mailto:neroslov.egor@mail.ru)

**К.А. Никитина, О.А. Глухова, Е.С. Малышева**

## **МОДЕЛЬ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ**

Рассматривается проблема температурной стабильности средневзвешенной длины волны волоконно-оптического источника излучения с целью повышения точности волоконно-оптического гироскопа посредством снижения масштабного коэффициента выходного сигнала. В результате исследования получена модель средневзвешенной длины волны с максимальным значением ошибки 15 ppm.

**Ключевые слова:** волоконно-оптический гироскоп, длина волны, температурная зависимость, стабилизация.

**K.A. Nikitina, O.A. Glukhova, E.S. Malyseva**

## **WEIGHTED AVERAGE WAVELENGTH MODEL OF A FIBER-OPTIC RADIATION SOURCE**

This article discusses the problem of temperature stability of the weighted average wavelength of a fiber-optic radiation source in order to increase the accuracy of a fiber-optic gyroscope by reducing the scale factor of the output signal. As a result of the study, a model of stabilization of the weighted average wavelength with an error of 15 ppm was obtained.

**Keywords:** fiber-optic gyroscope, wavelength, temperature dependence, stabilization.

Одним из важных компонентов для быстроразвивающихся космических и спутниковых аппаратов и прочего являются навигационные системы. При этом значимую часть занимают системы, построенные на основе волоконно-оптических гироскопов. Ввиду их надежности, простой конструкции, высокой потенциальной точности и линейности характеристик [1].

Принцип их действия основан на эффекте Саньяка, согласно которому разность фаз двух световых волн, распространяющихся в противоположном направлении друг от друга, когда контур вращается вокруг оси, перпендикулярной его плоскости, пропорциональна угловой скорости вращения [2].

Важной проблемой в волоконно-оптическом гироскопе является влияние изменения внешней температуры на сигнал, что вызывает до-

полнительную погрешность. Из-за того, что оптическое волокно может изменять свои характеристики от температуры и это влияет на качественные показатели системы, в том числе на масштабный коэффициент.

В данной статье рассматривается проблема влияния температуры на стабилизацию масштабного коэффициента волоконно-оптического гироскопа как части навигационной вычислительной системы.

Авторы статьи High performance fiber optic gyroscope with a radiation tolerant and temperature-stable scale factor вывели простую линейную зависимость средней длины волны для волоконно-оптического гироскопа, основанную на полуволновом напряжении, зависящем от длины волны источника (многофункционального гироскопического чипа МИОС) [3].

В другом исследовании авторы статьи Er-doped Superfluorescent Fiber Source with Thermally Stable Mean Wavelength экспериментально демонстрируют оптимальную конструкцию широкополосного источника из легированного эрбием волокна (EDF) с конфигурацией поляризационно-зависимого усиления (DPF) и фарадеевского вращающегося зеркала (FRM) [4].

Авторы статьи Theoretical analysis of the double-cladding erbium-ytterbium co-doped wideband superfluorescent fiber source in double-pass forward configuration выполнили численный анализ рабочих параметров SFS с двойной оболочкой, легированной Er–Yb, в конфигурации DPF для получения оптимальной производительности EYCDF [5].

Цель нашего исследования – повышение точности ВОГ посредством снижения влияния масштабного коэффициента за счет алгоритмической стабилизации выходной характеристики волоконно-оптического источника излучения, для чего необходимо определить модель зависимостей. В текущей конфигурации прибора средневзвешенная длина волны изменяется от температуры на 715 ppm во всем диапазоне, как показано на рис. 1. Что определенно вносит весомый вклад в погрешность измерений.

**Моделирование.** Модель построена на основе экспериментальных данных, полученных при испытании прибора. Температура изменялась с шагом 0,001 °C/ч и постоянным изменением тока накачки с шагом 15 в диапазоне от 200 до 350. Для описания зависимости параметра от изменяющихся внешних условий испытание проводится во всем диапазоне рабочих температур (рис. 2).

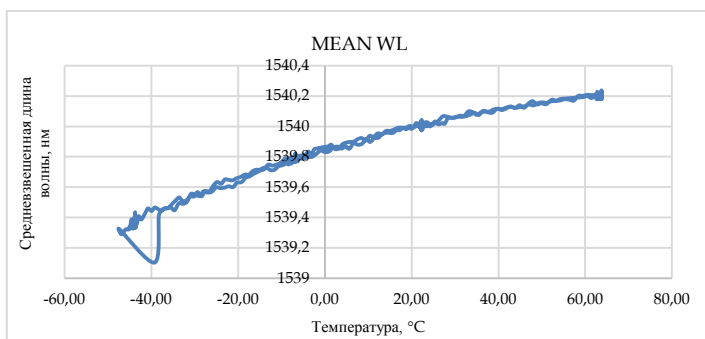


Рис. 1. Определение зависимости средневзвешенной длины волны от температуры

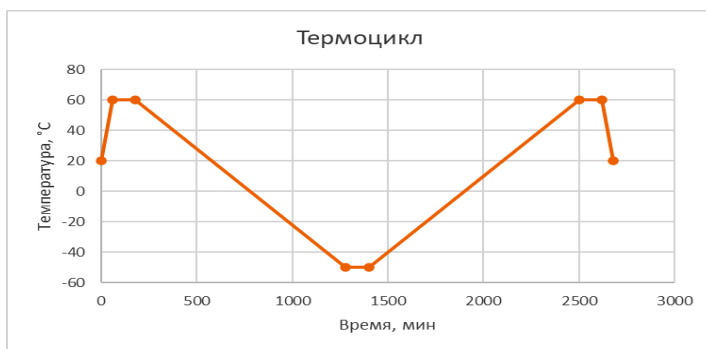


Рис. 2. График изменения внешней температуры

После проведения эксперимента сформированы массивы полученных данных и с помощью программного пакета Curve Fitting среды моделирования MatLab построена поверхность, описывающая полученные данные полиномиальной зависимостью. Для нахождения всех возможных коэффициентов применяется модель с девятью коэффициентами (рис. 3).

$$I = k_0 + k_{10}T + k_{01}I + k_{20}T^2 + k_{11*}TI + k_{02}I^2 + k_{21}T^2I + k_{12}TI^2 + k_{22}T^2I^2,$$

где  $I$  – ток накачки лазерного диода,  $T$  – внешняя температура.

Модель качественно описывает экспериментальные данные, по поверхности заметен нелинейный характер зависимости средневзвешенной длины волны от температуры и от тока накачки лазера.

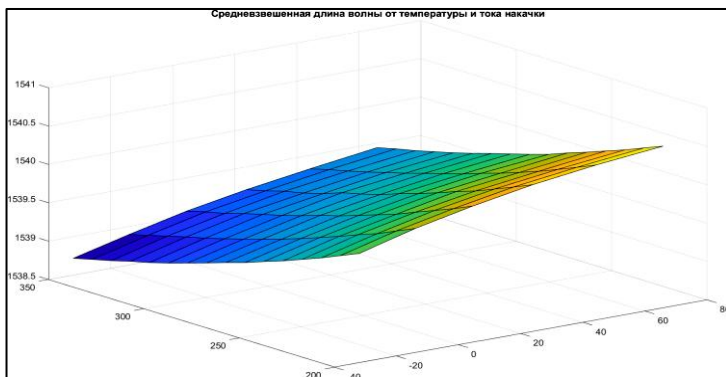


Рис. 3. График для модели с девятью коэффициентами

Но большое количество коэффициентов и вычислительных операций накладывает определенную весомую нагрузку на работу контроллера, его быстродействие и характеристики памяти. Исходя из этого, возникла необходимость проработать модель с меньшим числом коэффициентов. При некоторых параметрах значения коэффициентов оказались очень малы, исходя из чего появилась гипотеза о пренебрежении данными коэффициентами. Выделили шесть наиболее значимых коэффициентов (рис. 4), тогда модель стала выглядеть следующим образом:

$$I = k_0 + k_{10}T + k_{01}I + k_{20}T^2 + k_{11}TI + k_{02}I^2.$$

Модель с шестью коэффициентами является более оптимальной, так как позволяет сократить время обработки информации и не терять точность при стабилизации средней длины волны.

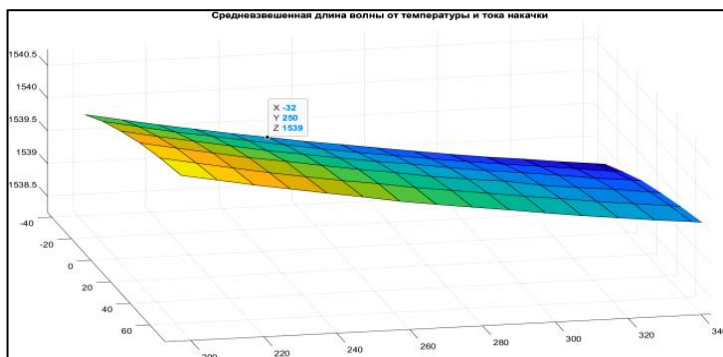


Рис. 4. График для модели с шестью коэффициентами

**Сравнение моделей.** В ходе эксперимента получены данные для двух моделей. По этим данным получена зависимость средней длины волны от температуры и тока накачки лазерного диода. Зависимости для моделей с девятью и шестью коэффициентами приведены на рис. 3 и 4 соответственно.

Максимальная ошибка в обеих моделях составила 15 ppm, что позволяет сделать вывод о незначительном влиянии параметров на стабильность средней длины волны. Аппаратная реализация модели предполагает ее интеграцию в прошивку для загрузки в электронно-вычислительное устройство, что накладывает определенные ограничения. При использовании модели с девятью коэффициентами потребуются больше времени для обработки информации.

Модель с шестью коэффициентами является более оптимальной, так как позволяет сократить время обработки информации и не терять точность при стабилизации средней длины волны.

Рассмотрим оптимизированную модель без учета произведения тока и температуры. Коэффициенты сокращенной модели приведены на рис. 5.

```
General model:
f(x,y) = p00 + p10*x + p01*y + p20*x^2 + p11*x*y + p02*y^2
Coefficients (with 95% confidence bounds):
p00 = 1543 (1543, 1543)
p01 = 0.007353 (0.007144, 0.007562)
p02 = -3.056e-05 (-3.168e-05, -2.944e-05)
p10 = -0.01736 (-0.01769, -0.01704)
p11 = 3.787e-06 (3.041e-06, 4.533e-06)
p20 = 1.679e-05 (1.62e-05, 1.738e-05)
```

Рис. 5. Расчет коэффициентов

Следующий шаг исследования – это апробация модели в реальном устройстве.

**Выводы.** Модель, учитывающая все возможные взаимосвязи, должна точно описывать изменение характеристик во времени, но при этом экспериментальные данные и определенные коэффициенты модели показывают, что влияние некоторых коэффициентов ничтожно мало. Для однозначного ответа на вопрос оптимальности модели необходимо произвести апробацию модели в реальном объекте.

### **Библиографический список**

1. Lefevre H.C. The fiber-optic gyroscope: challenges to become the ultimaterotation-sensing technology. – 2013. – No. 19 (6). – P. 828–835.
2. Lefevre H.C. The fiber-optic gyroscope. – 2nd edn. – 2014. – 416 p.
3. Yuanhong Yang, Fuling Yang. High performance fiber optic gyroscope with a radiationtolerant and temperature-stable scale factor // Chinese Optics Letters. – 2016. – Vol. 14, iss. 11.
4. Hee Gap Park and Seung Chul Yun. Er-doped Superfluorescent Fiber Source with Thermally Stable Mean Wavelength. – Jeonju 561–756, Korea.
5. Shanghong Zhao, Lei Shi, Shufu Dong, Tingting Zhang, Shengbao Zhan, Ruipin Zhu. Theoretical analysis of the double-cladding erbium-ytterbium co-doped wideband superfluorescent fiber source in double-pass forward configuration. – 2021.

### **Сведения об авторах**

**Никитина Ксения Андреевна** – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: ksu2317@yandex.ru

**Глухова Ольга Андреевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. CPPC-20-16, г. Пермь, e-mail: ogluk02@mail.ru

**Малышева Елена Сергеевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. CPPC-20-16, г. Пермь, e-mail: elenamalyseva349@gmail.com

**Д.В. Яруллин, М.О. Ощепков**

## **АЛГОРИТМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА**

Рассмотрен процесс создания алгоритма визуализации данных для анализа.

**Ключевые слова:** анализ данных, визуализация данных, база данных.

**D.V. Yarullin, M.O. Oshchepkov**

## **DATA VISUALIZATION ALGORITHM FOR ANALYSIS**

This article describes the process of creating a data visualization algorithm for analysis.

**Keywords:** data analysis, data visualization, database.

Важным аспектом анализа данных является визуализация полученной информации. Визуализация данных позволяет представить сложные данные в удобном и понятном виде, что помогает быстрее и эффективнее выявлять закономерности и тренды [1].

Существует множество инструментов для визуализации данных: от простых графиков до сложных дашбордов и интерактивных диаграмм. Они позволяют представлять данные в различных форматах, таких как графики, таблицы, диаграммы, карты и т.д.

Важно отметить, что визуализация данных не только помогает быстрее и эффективнее анализировать данные, но и делает результаты анализа более доступными для широкой аудитории. Визуальные представления данных могут быть использованы для создания отчетов и презентаций, которые помогут лучше объяснить результаты анализа и принять обоснованные решения. Таким образом, алгоритм для визуализация данных поможет сделать анализ более эффективным и понятным для всех заинтересованных сторон.

**Постановка задачи.** Необходимо разработать алгоритм визуализации данных для анализа, который предоставит пользователю возможность:

- анализировать данные по выбранным показателям;
- представлять информацию в виде интерактивных графиков.

**Реализация.** Согласно данным параметрам для написания алгоритма был выбран язык JavaScript, который может взаимодействовать

с веб-страницами. JavaScript сам по себе довольно компактный, но очень гибкий. Разработчиками написано большое количество инструментов дополнительно к основному языку JavaScript, которые открывают большое количество дополнительных функций. Одним из таких инструментов является React Framework. React – это инструмент, JavaScript-библиотека для создания пользовательских интерфейсов. Его главная задача – обеспечение вывода на экран того, что можно видеть на веб-страницах. React значительно облегчает создание интерфейсов благодаря разбиению каждой страницы на небольшие фрагменты.

В качестве инструмента для построения интерактивных графиков была выбрана библиотека AnyChart, которая подходит для любого решения, требующего визуализации данных [2]. Схема алгоритма визуализации данных для анализа представлена на рис. 1.

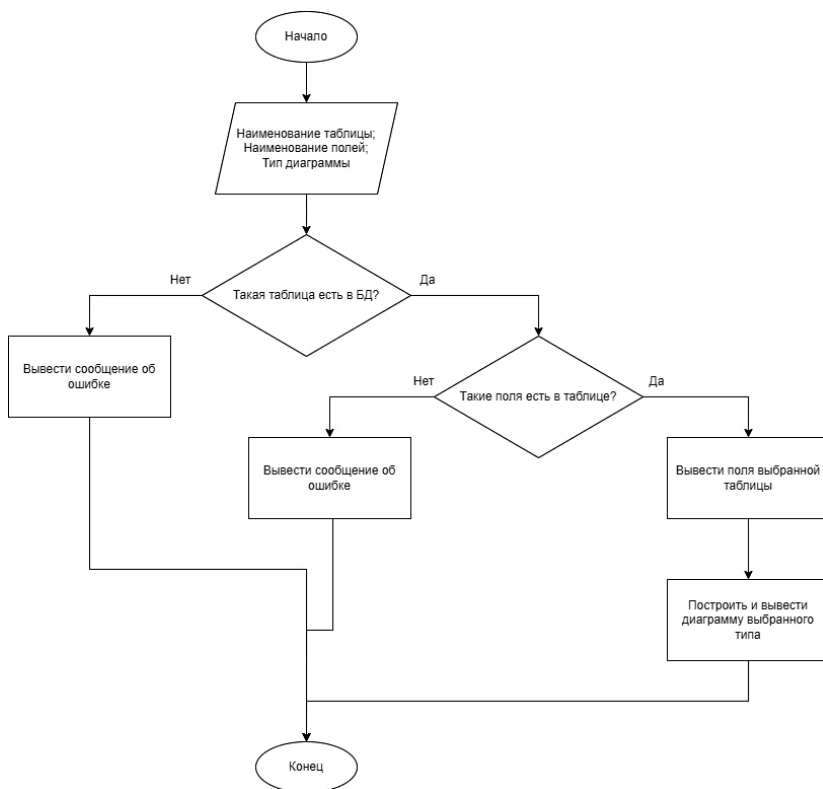


Рис. 1. Схема алгоритма визуализации данных для анализа

Все входные данные получают из строки, которую вводит пользователь, но в данной статье рассматривается именно алгоритм визуализации данных, поэтому акцентируется внимание на нем.

Пример входных данных представлен на рис. 2.

Tables: Поставщики CropFields: Средняя\_цена\_поставки, Код\_торгующей\_страны, Дата\_поставки

table: Поставщики

| Номер декларации | STAT | Код таможи | Дата регистрации | Номер бланка | Дата_поставки | Направление перемещения | Таможенный режим | ИН отг |
|------------------|------|------------|------------------|--------------|---------------|-------------------------|------------------|--------|
|                  |      |            |                  |              |               |                         |                  |        |

Рис. 2. Пример входных данных

В качестве примера входных данных была взята таблица «Поставщики» с полями «Средняя\_цена\_поставки», «Код\_торгующей\_страны» и «Дата\_поставки». Таблица присутствует в БД, выбранные поля есть в таблице. Следующий шаг алгоритма выводит поля выбранной таблицы. Результаты представлены на рис. 3.

cropped table: Поставщики

| Средняя_цена_поставки | Код_торгующей_страны | Дата_поставки |
|-----------------------|----------------------|---------------|
| 1,1                   | CN                   | 10.01.2020    |
| 1964,29               | US                   | 09.01.2020    |
| 20,96                 | CN                   | 10.01.2020    |
| 1,92                  | CN                   | 10.01.2020    |
| 1                     | CN                   | 09.01.2020    |

Рис. 3. Пример вывода данных таблицы с wybranными полями

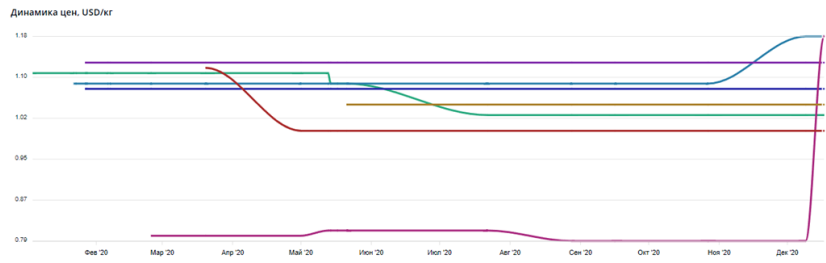


Рис. 4. Пример визуализации выбранных данных

После вывода необходимых полей следующим шагом алгоритма будет построение графика. Результаты представлены на рис. 4.

**Выводы.** В ходе работы был реализован алгоритм, позволяющий визуализировать данные для анализа. Результаты алгоритма в виде интерактивных графиков позволяют сделать анализ более эффективным и понятным для всех заинтересованных сторон.

### **Библиографический список**

1. Уэйн П. Винстон. Бизнес-моделирование и анализ данных. Решение актуальных задач с помощью Microsoft Excel. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2021. – 944 с. (Сер. IT для бизнеса.)
2. Документация по AnyChart [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.npmjs.com/package/anymchart> (дата обращения: 28.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Яруллин Денис Владимирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: d.v.yarullin@ya.ru

**Ощепков Михаил Олегович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: m.oshchepkov01@mail.ru

**Н.А. Павлова, А.Б. Федоров, Р.А. Файзрахманов**

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ  
СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА  
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ**

Проанализированы параметры пульсовой волны и приведены основные методы исследования их информационных характеристик. Показан подбор датчиков для проектирования информационно-измерительной системы, разработка которой позволит диагностировать сердечно-сосудистые заболевания на ранних сроках.

**Ключевые слова:** информационно-измерительная система, пульсовая волна, анализ пульсовой волны, параметры пульсовой волны, диагностирование состояния организма.

**N.A. Pavlova, A.B. Fedorov, R.A. Fayzrahmanov**

**DEVELOPMENT OF INFORMATION-MEASURING SYSTEM  
OF DIAGNOSTICS OF THE STATE OF THE ORGANISM  
ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF PULSE  
WAVE PARAMETERS**

The article analyzes the parameters of the pulse wave and presents the main methods for studying their information characteristics. The article also shows the selection of sensors for the design of an information-measuring system, the development of which will allow diagnosing cardiovascular diseases in the early stages.

**Keywords:** information and measurement system, pulse wave, pulse wave analysis, pulse wave parameters, diagnosis of the state of the body.

Под понятием пульса понимаются любые изменения в работе сердечно-сосудистой системы. С помощью таких характеристик пульса, как ритмичность, частота, сила колебательных ударов, можно судить о здоровье человека и выявлять опасные сердечно-сосудистые заболевания.

Каждый год люди проходят медицинские осмотры, для многих из них проводятся дополнительные исследования. В современной медицине имеются различные устройства для диагностирования сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Однако, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ССЗ – это распространенная причина смерти в возрасте от 20 до 40 лет и основная для лиц старше 40 лет.

Своевременное выявление сердечно-сосудистых заболеваний – первостепенная задача современной медицины.

Работа выполняется с целью проектирования информационно-измерительной системы (ИИС) для диагностики состояния организма на основе анализа параметров пульсовой волны. Создание ИИС поможет эффективно и своевременно выявлять сердечно-сосудистые заболевания, что положительно скажется на продолжительности жизни населения.

**Существующие в современном мире решения.** В мире существует огромное количество методов лечения и выявления ССЗ, однако уровень средств для диагностирования заболеваний и уровень заболеваемости разнятся.

В ходе анализа существующих ИИС была изучена работа А.В. Кычкина «Информационно-измерительная система для оценки состояния сосудов». В своем исследовании Кычкин сравнивает существующие системы и показывает их минусы: высокая стоимость, отсутствие интерфейса для подключения к персональному компьютеру, громоздкое исполнение или отсутствие автономной работы, затрудненные условия снятия сигналов, необходимый уровень квалификации и опыта исследователей, зависимость результатов от прочих параметров, нестандартизированные и необщепринятые измеряемые параметры, ограничение числа каналов снятия сигналов, низкая чувствительность, отсутствие архивов измерений. Однако в своей работе он не выявил существенный недостаток, а именно малое количество определяемых информационных характеристик. В связи с этим расширим список недостатков до 12.

Перечисленные выше недостатки в значительной мере воздействуют на качество исследования. В статье описывается проектирование информационно-измерительной системы. Ее разработка позволит исключить такой недостаток, как малое количество измеряемых информационных характеристик. ИИС поможет анализировать данные. Это способствует обнаружению и исследованию ССЗ на начальных этапах.

**Определение пульсовой волны.** Пульсовая волна (ПВ) – это распространяющаяся по артериям волна повышенного давления [3]. Данный процесс вызван выбросом крови из левого желудочка сердца в период систолы [2]. С помощью информативных характеристик (ИХ) ПВ можно диагностировать многие ССЗ заболевания.

Исследование ИХ ПВ – это точный способ медицинского обследования. С его помощью получают информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы, организма. Исследование ПВ – важнейший этап при постановке диагноза пациенту.

**Существующие методы изучения параметров пульсовой волны.** На сегодняшний день для исследования параметров пульсовой волны применяются следующие методы: сфигмография, плетизмография, ультразвуковой доплерографический метод, механокардиографический. Все перечисленные методы при проведении исследований используют специальные аппараты.

**Подбор датчиков для съема показаний пульсовой волны.** Одним из важнейших моментов при исследовании является выбор датчика, с помощью которого будут сниматься показания пульсовой волны. От точности и устойчивости датчика будут зависеть результаты работы информационно-измерительной системы.

Описание самых популярных датчиков приведено ниже.

**Оптический датчик пульса KY-039.** Датчик пульса KY-039 позволяет измерять показания ПВ на пальце или мочке. Данный датчик включает в себя инфракрасный светодиод и фототранзистор. Инфракрасный свет светодиода поступает на фототранзистор сквозь палец, в котором при изменении кровяного давления в капиллярах меняется сопротивление фототранзистора. Именно эти данные и отображаются на выходе с датчика.

Для того чтобы получить более точные показания с данного датчика, он должен быть отгорожен от всевозможных источников помех. Под помехами в данном случае понимается искусственный и солнечный свет.

**Оптический датчик пульса Pulse sensor.** У оптического датчика пульса Pulse sensor имеется светодиод и фотоприемник, которые располагаются таким образом, чтобы луч света, излучаемый светодиодом, попадал на фотоприемник только отразившись от препятствия, в качестве которого выступает подушечка пальца или мочка уха.

Данный датчик чувствителен к свету, но это легко решается путем закрытия его уплотненной тканью или другим материалом.

**Цифровой датчик пульса и уровня SpO<sub>2</sub> м/с MAX30102.** Датчик SpO<sub>2</sub> м/с MAX30102 состоит из платы с интегрированным сенсорным модулем, с помощью которого можно определить частоту сердечных сокращений, а также уровень насыщения крови кислородом. В данный

сенсор установлен температурный датчик, который позволяет получить значение температуры окружающей среды.

Датчик используется для разработки компактных приборов, предназначенных для исследования частоты сердечных сокращений, а также с его помощью можно получить информацию о содержании кислорода в крови.

Микросхема данного датчика состоит из светодиодов, фотоприемника, оптических элементов. Сигналы, полученные с помощью датчика МАХ30102, обладают маленьким уровнем шума.

Программно датчик переводится в режим ожидания. В этом режиме потребление тока является практически нулевым, это получается благодаря технологии сверхнизкого потребления энергии.

Входное напряжение питания данного датчика равняется 5 В. Датчик МАХ30102 сохраняет работоспособность в температурном режиме от  $-25$  до  $+65$  °С. Датчик содержит интерфейс связи I2C.

**ЭКГ-монитор на м/с AD8232.** ЭКГ-монитор используется для получения электрокардиограмм. Для электромиографии электроды фиксируются на различных группах скелетных мышц. Расположение электродов зависит непосредственно от задачи, которую нужно решить. При неправильном закреплении электродов на выходе будет получен неверный сигнал, поэтому очень важно правильное закрепление электродов. Входное напряжение питания для датчика составляет 3,3 В.

На основании рассмотренных свойств датчиков сформирована сравнительная таблица.

Сравнение датчиков

| Критерий оценки          | Название датчика      |                         |                         |                                                                                                         |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | KY-039                | Pulse sensor            | МАХ30102                | ЭКГ-модуль                                                                                              |
| Габариты модуля          | 35×15×13 мм           | 15×3 мм                 | 15×19×2,5 мм            | 36×28×7 мм                                                                                              |
| Чувствительность к свету | Чувствителен к свету  | Не чувствителен к свету | Не чувствителен к свету | Нечувствителен к свету                                                                                  |
| Точность измерений       | Низкая                | Высокая                 | Высокая                 | Высокая                                                                                                 |
| Потребление тока         | 4,9 мА                | 5 мА                    | 0,7 мкА                 | 170 мкА                                                                                                 |
| Напряжение питания       | 5 В                   | 3–5 В                   | 5 В                     | от 2 до 3,5 В                                                                                           |
| Простота использования   | Прост в использовании | Прост в использовании   | Прост в использовании   | При измерении нужно строго соблюдать последовательность электродов, иначе будет получен неверный сигнал |

Из данных таблицы видно, что для проектирования ИИС наиболее подходящими датчиками являются MAX30102 и Pulse sensor.

Стоит учитывать, что при проектировании ИИС важно сохранить компактность полученного устройства. В связи с тем, что у датчика Pulse sensor наименьшие габариты, предпочтение отдано ему.

Таким образом, доказана необходимость разработки информационно-измерительной системы. С ее помощью будет увеличено число исследуемых показателей, что в свою очередь позволит выявлять и распознавать на начальных стадиях ССЗ.

### **Библиографический список**

1. Файзрахманов Р.А., Кычкин А.В. Информационно-измерительная система для оценки состояния сосудов: монография. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 161 с.
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник – 4-е изд., испр. и перераб. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 648 с.
3. Пульсовая волна [Электронный ресурс]. – URL: <https://kartaslov.ru/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0-%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9/%D0%9F%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F+%D0%B2%D0%BE%D0%B%D0%BD%D0%B0> (дата обращения: 22.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Павлова Наталья Анатольевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ4-22-1м, г. Пермь, e-mail: baru5hnikova123@yandex.ru

**Федоров Андрей Борисович** – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: pstufab@hotmail.com

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

**О.В. Гончаровский, А.А. Пегушин, Д.Ю. Петров**

**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИИ НАВИГАЦИИ  
И ОРИЕНТАЦИИ ДЛЯ МИССИИ ОФИЦИАНТА  
СЕРВИСНОГО РОБОТА PROMOBOT V4**

Описываются этапы разработки функций навигации и ориентации для миссии официанта сервисного робота Promobot V4. Навигация и ориентация – это одни из ключевых задач сервисных роботов. Они позволяют роботам перемещаться по пространству, выполнять задачи и взаимодействовать с окружающей средой. Представлены описания и принцип работы функций навигации, разворота на заданный азимут и ориентации на заданный объект.

**Ключевые слова:** навигация, ориентация, сервисные роботы, маркеры ArUco, алгоритм, Promobot V4.

**O.V. Goncharovsky, A.A. Pegushin, D.Yu. Petrov**

**DEVELOPMENT OF THE NAVIGATION AND ORIENTATION  
FUNCTION FOR THE WAITER MISSION OF THE SERVICE  
ROBOT PROMOBOT V4**

This article describes the stages of developing the navigation and orientation functions for the waiter mission of the Promobot V4 service robot. Navigation and orientation are among the key tasks of service robots. They allow robots to move through space, perform tasks and interact with the environment. The article presents descriptions and working principles of the functions of navigation, turning to a given azimuth and orientation to a given object.

**Keywords:** navigation, orientation, service robots, ArUco markers, algorithm, Promobot V4.

Сервисные роботы могут использоваться для автоматизации различных задач, связанных с обслуживанием людей и предоставлением им услуг. Они могут помочь улучшить качество обслуживания, повысить безопасность и снизить затраты на персонал.

Базовыми функциями роботов являются перцепция, когнитивная функция и локомоция. Перцепция – функция, которая позволяет извлекать значимые данные из показаний датчиков робота. Когнитивная функция выносит решение о том, как действовать роботу для достижения поставленной цели при изменении показаний датчиков. Локомоция – функция, позволяющая неограниченно перемещаться в окру-

жающей среде, выполняя управление движением для достижения требуемой траектории.

В нашем случае существует необходимость разработать функции навигации и ориентации для миссии официанта сервисного робота Promobot V4.

**Разработка функции навигации на базе навигационной системы для помещений.** На рис. 1 изображен план помещения лаборатории с местоположением стационарных маяков Marvelmind, закрепленных на стенах.

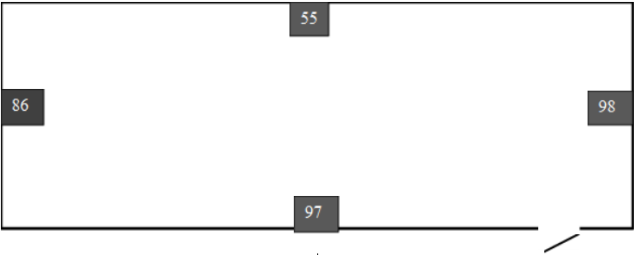


Рис. 1. План лаборатории с указанием мест расположения стационарных маяков GPS Marvelmind

Навигационная система Marvelmind автоматически строит карту помещения, представленную на рис. 2, содержащую только координатную сетку.

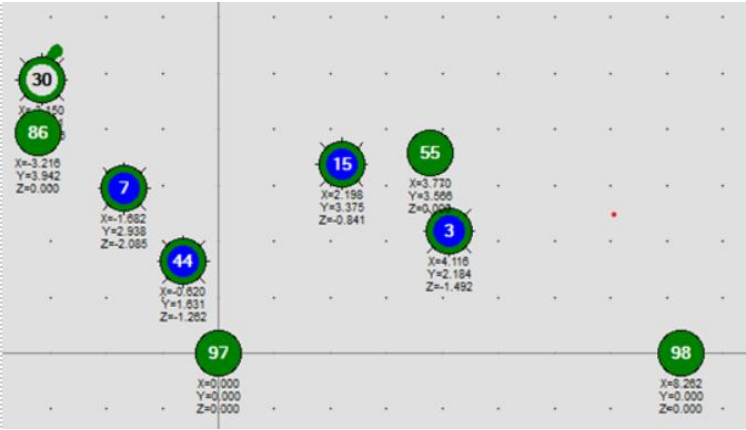


Рис 2. Карта помещения GPS Marvelmind

Зеленым цветом обозначены стационарные маяки, синим — мобильные маяки, установленные на роботах.

Координатная сетка, представленная на рис. 3, Indoor GPS Marvelmind настроена так, что маяк 97 всегда получает координаты (0,0), а маяк 98 лежит на оси X GPS.

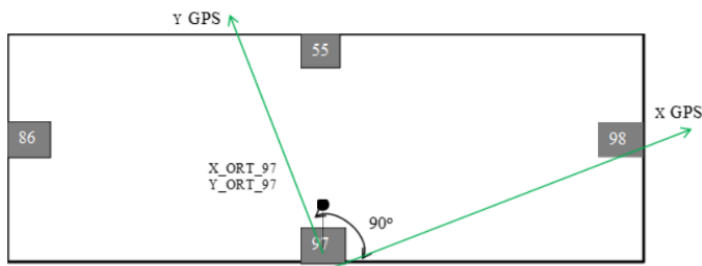


Рис. 3. Соотношение координатной сетки GPS и пространства удаленной лаборатории

**Разработка функции разворота на заданный азимут.** На роботе установлен электронный компас на базе мобильного телефона Samsung или микросистемы с модулем «Магнетометр / компас» на основе LIS3MDL. Показания компаса по Wi-Fi передаются в сетевую систему управления роботом-официантом каждые 125 мс в случае мобильного телефона или 250 мс в случае микросистемы, запоминаются в переменной heading. Напишем функцию потока, которая обеспечит разворот на азимут с точностью  $\pm 2^\circ$ . Функция потока определяет разницу между heading и запомненным азимутом цели и в зависимости от соотношения медленно вращается вправо или влево, пока разница превышает  $2^\circ$ .

**Разработка функции движения к заданной цели.** Функция обеспечивает движение к цели в заданном направлении, пока расстояние до цели не станет меньше значения константы или пока робот попадет в зону доступности. В процессе движения из-за объезда препятствий происходит отклонение от курса, поэтому необходимо проводить реориентацию и продолжить двигаться новым курсом. Работу потока с функцией объезда препятствия индицирует переменная. Из-за неточной ориентации может произойти отклонение от цели. Это обнаруживается постоянным контролем за изменением расстояния до цели. Если Distance + TargetDistance стало больше, чем

StartDistance, на величину константы (рис. 4), то необходимо проводить реориентацию (headingTarget, GpsStartPoint и StartDistance обновятся) и продолжить двигаться новым курсом.

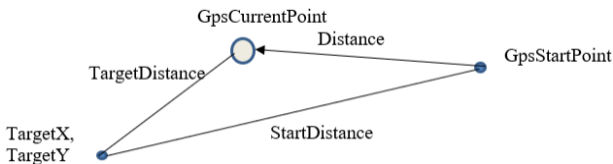


Рис. 4. Отклонение движения от цели

**Разработка функции ориентации на заданный объект.** Для более точной ориентации и навигации робота возле целевого объекта используется функция обнаружения ArUco-маркеров из библиотеки OpenCV. Библиотека предоставляет удобные инструменты и подробную документацию для решения задачи обнаружения маркеров ArUco. ArUco-маркеры – это черно-белые квадратные маркеры с уникальными шаблонами, используемые в компьютерном зрении для определения положения и ориентации объектов в пространстве. Алгоритм функции ориентации робота Promobot V4 представлен на рис. 5.

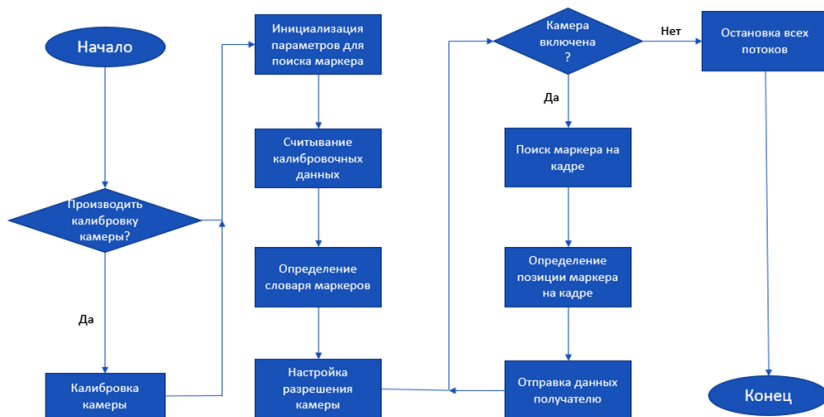


Рис. 5. Алгоритм функции ориентации робота

Калибровка камеры – это процесс определения внутренних и внешних параметров камеры, таких как фокусное расстояние, коэффициент искажения, матрица калибровки и вектор смещения, которые

используются для преобразования 3D-мировых координат в 2D-изображения и обратно. Для калибровки камеры в OpenCV можно использовать шахматную доску, которая имеет известные геометрические свойства и используется для определения параметров камеры. Основными функциями, осуществляющими калибровку камеры, являются `findChessboardCorners()` и `calibrateCamera()` [2].

Для обнаружения ArUco-маркеров в OpenCV используется функция `detectMarkers()`, которая принимает на вход изображение и словарь параметров маркеров и возвращает список обнаруженных маркеров, их идентификаторы и координаты углов маркера на изображении. После обнаружения маркеров при помощи функции `estimatePoseSingleMarkers()` происходит оценка положения маркера в пространстве относительно камеры [1].

Для удобства настройки и отладки алгоритма обнаружения маркера (см. рис. 1) при помощи библиотеки Tkinter был разработан графический интерфейс, который позволяет произвести калибровку камеры, выбрать камеру основного видеопотока, настроить отправку данных по UDP. Также предусмотрена возможность записи данных о позиции маркера в локальный репозиторий, если программа будет запущена непосредственно на роботе. Работа итоговой функции ориентации по ArUco-маркерам представлена на рис. 6.

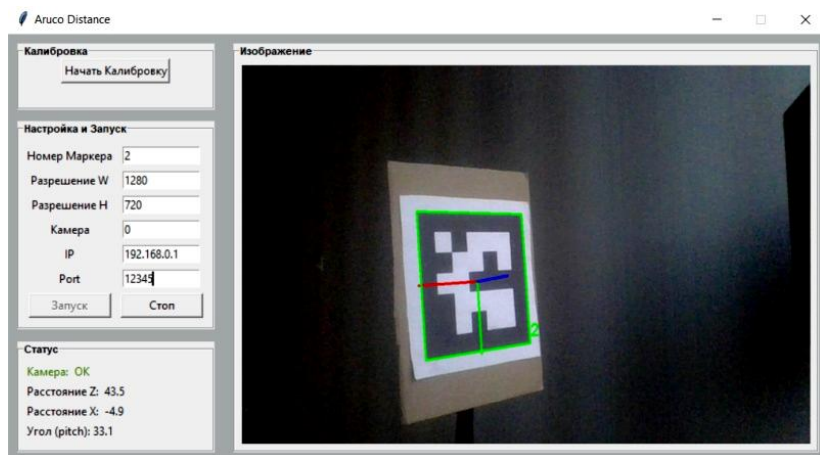


Рис. 6. Работа функции ориентации

Как видно из рис. 5, алгоритм корректно определяет расстояние до маркера в сантиметрах, а также угол поворота относительно камеры. Данные отправляются на заданный адрес с использованием протокола UDP, а также записываются в файл в формате [Z, X, Theta].

#### Средства разработки

| № п/п | Средство разработки | Назначение                                                           |
|-------|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1     | C                   | Написание алгоритма программы, описание основного функционала        |
| 2     | Python 3.10         | Написание функции ориентации сервисного робота с помощью видеокамеры |

В дальнейшем для завершения миссии официанта будут разработаны функции захвата заказа, освобождения заказа и возвращения в зону ожидания (таблица).

#### Библиографический список

1. Detection of ArUco Markers. – URL: [https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial\\_aruco\\_detection.html](https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html) (accessed 02 May 2023).
2. Camera Calibration. – URL: [https://docs.opencv.org/4.x/dc/dbb/tutorial\\_py\\_calibration.html](https://docs.opencv.org/4.x/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html) (accessed 02 May 2023).
3. Гончаровский О.В. Разработка сетевой системы управления технической системой. – Пермь, 2021. – 78 с.

#### Сведения об авторах

**Гончаровский Олег Владленович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: 35911953@mail.ru

**Пегушин Александр Андреевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСР-21-1м, г. Пермь, e-mail: Pegushin\_sasha@mail.ru

**Петров Денис Юрьевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСР-21-1м, г. Пермь, e-mail: mdedenisok@gmail.com

**О.Л. Викентьева, Н.А. Пепеляев**

## **РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАМЕНЫ НАТИВНОГО РЕШЕНИЯ**

Исследуются методы разработки гибридных мобильных приложений на основе существующих нативных решений, с сохранением функциональных свойств и максимально приближенного визуального решения. Гибридные приложения основаны на совмещении веб-технологий для реализации логики и визуальной части. Рассматривается алгоритм перехода к гибридному приложению на примере мобильного приложения системы управления остановочными ремонтами.

**Ключевые слова:** гибридное мобильное приложения, веб-технологии, гибридные технологии.

**O.L. Vikenteva, N.A. Pepelyaev**

## **DEVELOPING A HYBRID MOBILE APPLICATION TO REPLACE A NATIVE SOLUTION**

This article explores methods for developing hybrid mobile applications based on existing native solutions while preserving functional properties and achieving visually similar results. Hybrid applications rely on combining web technologies to implement both logic and the visual aspects. The article discusses the transition algorithm to a hybrid application using the example of a mobile application for stop repair management system.

**Keywords:** hybrid mobile application, web technologies, hybrid technologies.

В современных условиях наличие мобильного телефона стало практически обязательным условием для комфортной жизни. Из-за этого разработка приложений для мобильных устройств стала одной из лидирующих областей в разработке программ. Существует два метода разработки мобильных приложений:

1. Разработка нативных приложений для необходимых платформ.
2. Разработка гибридного приложения.

У этих методов есть особенности, приведенные в таблице [1].

Так, согласно приведенным выше данным, можно сделать вывод:

- нативные приложения требуют гораздо больше затрат на разработку;
- алгоритм выпуска обновлений для нативного приложения заметно сложнее (из-за устройства магазинов приложений мобильных платформ);

- визуальная разница между нативными и гибридными приложениями сводится к минимуму;
- существует небольшая разница в доступе к системе и производительности приложения (что далеко не всегда требуется).

### Особенности нативных и гибридных приложений

| Характеристика                   | Нативные приложения                                        | Гибридные приложения                                       |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Разработка                       | Требуется разработка для каждой платформы (iOS, Android)   | Требуется разработка для каждой платформы (iOS, Android)   |
| Производительность               | Однократная разработка для нескольких платформ             | Однократная разработка для нескольких платформ             |
| Доступ к аппаратным возможностям | Высокая производительность из-за оптимизации под платформу | Высокая производительность из-за оптимизации под платформу |
| Пользовательский интерфейс       | Могут быть незначительные потери производительности        | Могут быть незначительные потери производительности        |
| Обновления                       | Полный доступ к аппаратным возможностям устройства         | Полный доступ к аппаратным возможностям устройства         |
| Затраты                          | Доступ только через выбранный фреймворк                    | Доступ только через выбранный фреймворк                    |

Исходя из этого, можно сделать вывод, что разработка гибридного приложения или переход на него имеют смысл, если:

- приложению не надо выполнять большого количества вычислений;
- приложению не надо содержать в себе большое количество визуальных элементов (разных форм, анимаций);
- не требуется полный доступ к API операционных систем (гибридные приложения зачастую могут использовать только часть из них).

Если же приложению необходимо будет производить много вычислений, демонстрировать большое количество визуальных и графических эффектов либо оно будет использовать какие-либо специфические API системы (к примеру, механизм Monet, который содержится только в Android версии 12 и выше [2], для установления цветов приложения), то следует остановиться на нативном приложении.

Из-за преимуществ гибридной разработки все больше компаний хотят перейти на гибридные мобильные приложения. Для разработки гибридного приложения есть два пути:

1. Адаптация. Поскольку гибридность приложения основывается на веб-технологиях, то можно адаптировать и расширить существую-

щее SPA- или PWA-приложение путем интеграции выбранного фреймворка для взаимодействия с ОС.

2. Разработка на основе существующего приложения. Прямое пути переноса алгоритмов из нативного приложения в гибридное не существует. Следовательно, необходимо разрабатывать гибридное приложение путем обратной разработки, где сначала надо проанализировать входящие и исходящие данные, элементы интерфейса, возможности пользователя при взаимодействии с приложением, а затем реализовать это с использованием гибридных технологий.

Рассмотрим шаги, выполненные для переноса нативного мобильного приложения в гибридную форму, на примере мобильного приложения системы управления остановочными ремонтами.

За основу берется Android-приложение, написанное на Kotlin. Оно является дополнением к системе управления остановочными ремонтами на предприятии и предназначено для просмотра работ, отправки данных выполнения работ и просмотра статистики по процессу их выполнения без необходимости использования компьютера. Количество возможностей меньше, чем в веб-версии, но для работников на предприятии функционал достаточен.

При переносе были выполнены следующие шаги:

#### 1. Определение требований к приложению.

На данном этапе необходимо проанализировать текущее нативное приложение для составления списка функциональных и пользовательских требований к нему.

При анализе существующего приложения были выявлены обязательные возможности пользователя:

- просмотр и фильтрация элементов иерархии системы в списке;
- просмотр подробной информации об элементе иерархии;
- изменение статуса работы (конечного звена иерархии объекта);
- отправка или изменение статуса отчета по работе;
- просмотр статистики по различным уровням иерархии;
- регистрация, авторизация аккаунта, сброс и восстановление пароля;
- получение уведомлений о назначении новых работ, напоминаний о подаче отчетов.

2. Выбор фреймворка для визуальной и логической частей приложения. На данном этапе необходимо проанализировать требования к визуальному оформлению и выбор необходимого веб-фреймворка с учетом уже имеющихся разработок компании и опыта ее сотрудников.

В примере будет использоваться Angular, так как в компании уже есть специалисты по работе с этим фреймворком.

### 3. Выбор фреймворка для нативной (гибридной) части приложения.

На этом этапе необходимо выбрать фреймворк для разработки. Необходимо учесть функционал фреймворка, простоту разработки на нем и сложность его расширения для будущего развития проекта.

Для разработки будет использоваться фреймворк Ionic, так как он позволит ускорить разработку, а более сложная и гибкая интеграция в систему при помощи React Native не будет использоваться [3].

### 4. Проектирование пользовательского интерфейса.

На этом этапе создаются (или изменяются уже существующие) макеты интерфейса под возможности выбранных фреймворков. Также на этом этапе прорабатывается структура пользовательского интерфейса приложения (при разработке нового гораздо проще изменить недочеты, чем вносить изменения в уже существующее).

В примере структура пользовательского интерфейса достаточна, а сложных элементов, которые реализуемы только при использовании нативных средств разработки, в макете нет. Следовательно, будет использоваться весь интерфейс без изменений.

### 5. Разработка приложения.

На этом этапе происходит разработка приложения с использованием выбранных фреймворков.

Пример работы логики при отправке отчета пользователем в виде диаграммы взаимодействия показан на рисунке.

6. Тестирование и доработка. Проводится тестирование разработанного приложения, анализируется быстродействие и удобство использования. При неудовлетворительных результатах приложение дорабатывается, затем тестирование производится заново.

К примеру, необходимо проверить, что приложение полностью повторяет функционал нативного приложения.

### 7. Выпуск нового приложения.

На последнем этапе производится выпуск приложения в магазины целевых платформ.

К примеру, для выпуска обновленной версии приложения в магазин приложений на Android необходимо подписать полученное приложение ключом, использовавшимся для выпуска нативной версии, и загрузить ее. После проверки со стороны магазина обновление станет доступно всем пользователям.

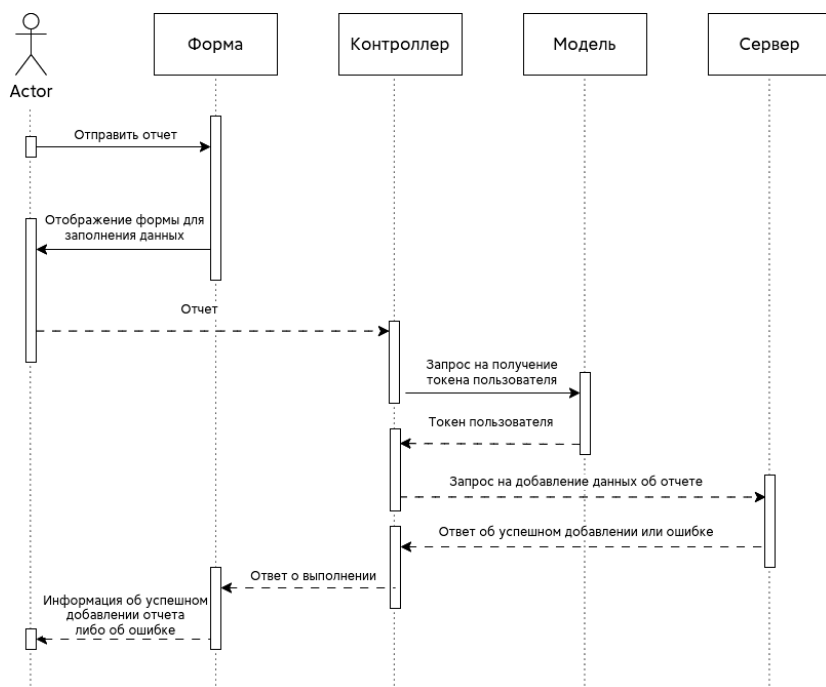


Рис. Диаграмма последовательности для процесса отправки отчета

## 8. Поддержка и расширение функционала.

После выпуска приложения в магазин зачастую необходимо продолжать его обновлять, а также добавлять новый функционал для привлечения новых пользователей и уменьшения оттока старых.

Например, для привлечения новых заказчиков будет добавлено отслеживание ресурсов по QR-кодам, что позволит отслеживать количество рабочих часов и износ оборудования.

В заключение, данная статья исследует методы разработки гибридных мобильных приложений, которые позволяют объединить преимущества нативной разработки с гибкостью и эффективностью веб-технологий. Несмотря на некоторые ограничения гибридных приложений, разработка гибридных приложений остается привлекательным решением для компаний, стремящихся достичь широкой аудитории и сэкономить время и ресурсы на разработке для разных платформ.

### **Библиографический список**

1. Arvind Ravulavaru Learning Ionic. – Second Edition: Hybrid mobile apps with HTML5, CSS3, and Angular. – Packt Publishing, 2017. – 378 p.
2. Сайт документации разработки Material Design]. – URL: <https://m3.material.io/develop/android/mdc-android> (дата обращения: 26.05.2023).
3. Сайт документации Ionic Framework. – URL: <https://ionicframework.com/docs> (дата обращения: 27.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Викентьева Ольга Леонидовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [oleovic@pstu.ru](mailto:oleovic@pstu.ru)

**Пепеляев Николай Анатольевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [napepelyaev@gmail.com](mailto:napepelyaev@gmail.com)

**О.Л. Викентьева, В.С. Пирожков**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА АТТЕСТАЦИИ ПЕРСОНАЛА**

Рассматривается проектирование приложения для аттестации персонала ИТ-компаний. Был рассмотрен текущий процесс аттестации персонала и выявлены его недостатки. После анализа существующих решений было выявлено, что отсутствует простой и дешевый инструмент для решения проблемы субъективности аттестации, поэтому было принято решение о разработке собственной системы. На основе текущего процесса аттестации была составлена диаграмма вариантов использования. После была спроектирована архитектура приложения, составлен список конечных точек и модель базы данных.

**Ключевые слова:** аттестация, веб-технологии, персонал.

**O.L. Vikenteva, V.S. Pirozhkov**

## **DESIGNING A SYSTEM FOR AUTOMATING EMPLOYEE CERTIFICATION PROCESS**

The article examines the design of an application for the certification of employees in an IT company. The current certification process was reviewed, and its shortcomings were identified. After analyzing existing solutions, it was found that a simple and cost-effective tool to address the subjectivity issue in certification is missing. Therefore, the decision was made to develop a proprietary system. Based on the current certification process, a use case diagram was created. Subsequently, the application architecture was designed, and a list of endpoints and a database model were compiled.

**Keywords:** certification, web technologies, employee.

Аттестация персонала – систематическая и объективная процедура оценки квалификации сотрудников, подтверждающая их профессиональные навыки и способности. Квалифицированный персонал способен повысить эффективность работы организации и улучшить качество выпускаемого программного обеспечения [1]. В сфере ИТ аттестация сталкивается с проблемой субъективности, вызванной разнообразием ролей и специализаций, а также сложностью измерения результатов работы, особенно в командной разработке ПО. Для решения этой проблемы требуется разработка системы для автоматизации аттестации персонала, которая позволит установить четкие критерии оценки квалификации и проводить объективную аттестацию сотрудников.

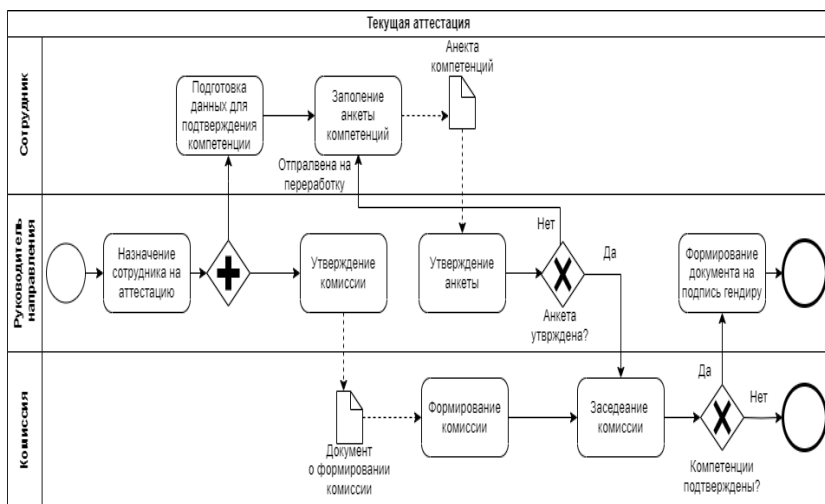


Рис. 1. BPMN-модель текущего процесса аттестации персонала

Текущий процесс аттестации в компании представлен на рис. 1.

Аттестация проводится для того, чтобы определить рост навыков и компетенций сотрудника и предоставить ему соответствующую работу. Сотрудник заполняет специальную анкету, прикладывая доказательства своих способностей в виде ссылок на код или задачи. Специальная комиссия рассматривает данную анкету и выносит решение о подтверждении навыков специалиста на нужный уровень. После этого формируется документ, который содержит все итоги аттестации, который отправляется на подпись к генеральному директору. После этого сотрудника повышают по должности или переводят в другой отдел.

Данный процесс имеет некоторые недостатки, описанные в табл. 1.

Представленные в таблице недостатки приводят к ухудшению качества проводимых аттестаций, следовательно, ухудшается качество выпускаемой продукции.

Различные компании, такие как SAP и OracleЭ, являются поставщиками решений в области управления персоналом. Эти решения представляют собой комплексные платформы, которые включают в себя широкий спектр функциональности для управления персоналом, включая аттестацию и оценку квалификации сотрудников [2].

Недостатки текущего алгоритма

| №<br>п/п | Недостаток                                                                                | Описание недостатка                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Отсутствие единой среды взаимодействия между участниками                                  | Вся коммуникация проходит через мессенджеры или электронную почту. Из-за этого могут возникать различные ошибки, такие как отправка неправильных файлов или выбор неправильных адресатов, что увеличивает сроки проведения аттестации |
| 2        | Отсутствие удобного механизма для создания и редактирования анкет и справочной информации | Анкеты и справочные данные представляют собой отдельные файлы, их создание и изменение вызывают необходимость вручную менять все связанные данные, что может привести к ошибкам                                                       |
| 3        | Отсутствие централизованного места хранения информации о прошедших аттестациях            | Историй аттестаций каждый руководитель хранит отдельно, из-за этого сбор информации по всем направлениям может занять много времени и некоторые данные могут быть потеряны                                                            |

Однако следует отметить, что такие решения обычно являются дорогостоящими и требуют полной интеграции с системами управления персоналом компании.

Исходя из этого, было принято решение о разработке собственной системы аттестации персонала. Система должна перенести текущий бизнес-процесс аттестации и решить его проблемы. Из текущего бизнес-процесса были выделены следующие роли и их возможности:

1. Пользователь – это шаблонная сущность, от которой будут следовать все роли. У данной роли есть следующие возможности:

- просмотр доступных аттестаций.

2. Сотрудник – это пользователь, который проходит аттестацию, помимо унаследованных возможностей пользователь может:

- заполнять анкеты компетенций.

3. Член комиссии – это пользователь, который оценивает анкету проходящего аттестацию. Он имеет следующие возможности:

- выставление оценок.

4. Руководитель направления – это пользователь, который начинает процедуру аттестации и формирует комиссию. У данной роли имеются следующие возможности:

- создание и изменение анкеты;

- согласование заполненной анкеты;

- формирование комиссии.

5. Администратор – это пользователь, который занимается администрированием системы и формированием справочной информации, которая используется для формирования анкет. Этот пользователь имеет следующие возможности:

- создание и изменение справочной информации.

На основе списка ролей и их возможностей была составлена Use Case-диаграмма (рис. 2).

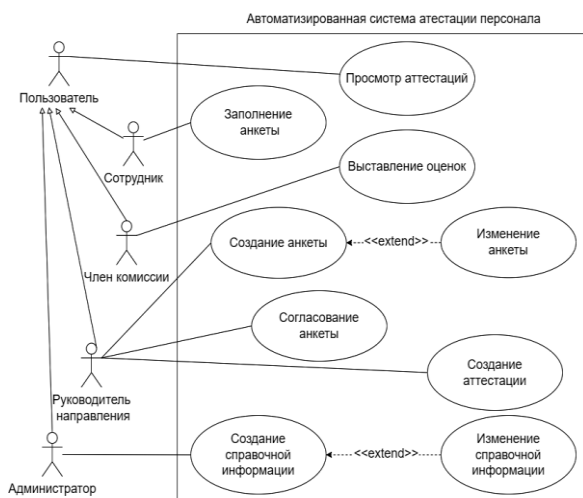


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Следующим шагом стоит выбор проектирования архитектуры приложения.

Преимущества и недостатки архитектурных подходов относительно проектируемой системы представлены в табл. 2.

Из сравнительной таблицы следует, что клиент-серверная архитектура больше подходит разрабатываемому приложению, так как она позволит быть независимой от платформы и рабочего места, что позволяет получать к ней доступ в любое время и с любого устройства.

Следующим шагом идет создание списка конечных точек для серверной части приложения. Конечные точки приложения представляют собой URL-адрес и соответствующий метод, по которому другие компоненты или клиентские приложения могут отправлять запросы и получать ответы для реализации функциональных требований к приложению [3]. Список конечных точек представлен в табл. 3.

Таблица 2

## Преимущества и недостатки архитектурных подходов

| Архитектура      | Преимущества                                                                                                                                                          | Недостатки                                                                                                      |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Монолитная       | Удобство разработки, так как проектируемое приложение небольшое                                                                                                       | Привязка к платформе и рабочему месту, что может привести к сложности в коммуникации между участниками процесса |
| Клиент-серверная | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Независимая разработка отдельных модулей системы.</li> <li>– Независимость от платформы или отдельного устройства</li> </ul> | Необходимость обеспечения коммуникации между клиентом и сервером                                                |

Таблица 3

## Конечные точки приложения

| Название конечной точки                     | Аргументы                                                                                     | Функционал                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Создание формы аттестации                   | 1. ИД проходящего разработчика.<br>2. ИД направления.<br>3. Список ИД членов комиссии         | Создается форма аттестации.<br>Ей присваивается начальный статус.<br>Присваивается дата создания                                                                                                          |
| Получить список аттестаций                  | 1. ИД направления.<br>2. Дата с ...<br>3. Дата по ...<br>4. Роль.<br>5. Статус                | Возвращается список аттестаций:<br>1. ИД аттестации.<br>2. Дата.<br>3. Направление.<br>4. ИД проходящего сотрудника.<br>5. Статус аттестации                                                              |
| Получить информацию об аттестации           | 1. ИД аттестации                                                                              | Возвращается информация о конкретной аттестации:<br>1. Информация о руководителе.<br>2. Информация о проходящем.<br>3. Список членов комиссии.<br>4. ИД текущего статуса аттестации.<br>5. ИД направления |
| Получить анкету компетенций для аттестации  | 1. ИД анкеты компетенций                                                                      | 1. Список записей, связанных с данной анкетой.<br>2. Список навыков, связанных с записью анкеты                                                                                                           |
| Вывести оценки за навыки и компетенции      | 1. ИД аттестации                                                                              | Список оценок комиссии и оценок происходящего                                                                                                                                                             |
| Изменение статуса аттестации                | 1. ИД аттестации.<br>2. ИД статуса                                                            | Изменяется статус аттестации                                                                                                                                                                              |
| Изменение оценки                            | 1. ИД записи.<br>2. ИД навыка.<br>3. ИД роли                                                  | Изменяется оценка                                                                                                                                                                                         |
| Добавить подтверждение навыка в компетенции | 1. ИД записи.<br>2. ИД навыка.<br>3. Ссылка на Код.<br>4. Ссылка на задачу.<br>5. Комментарий | Добавляется подтверждение                                                                                                                                                                                 |

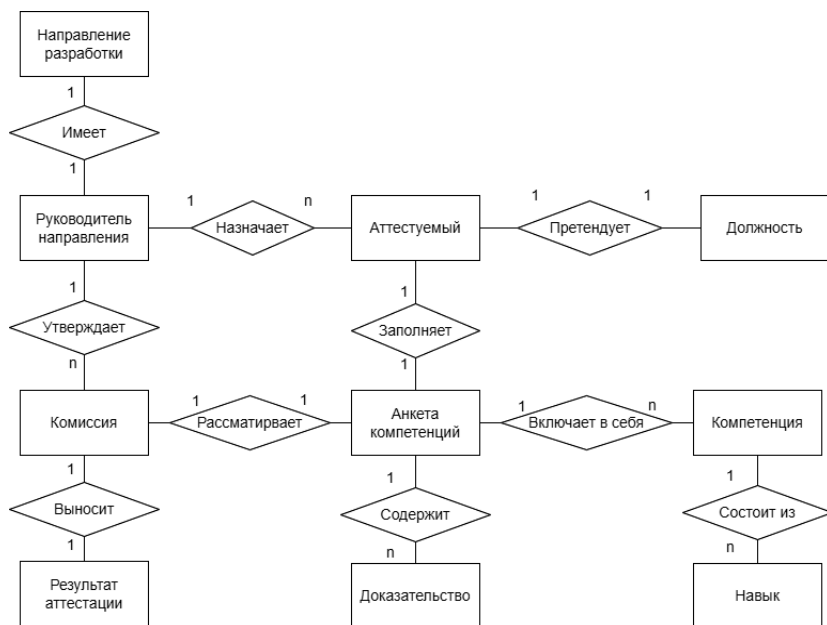


Рис. 3. Концептуальная модель базы данных

Данный список конечных точек послужит основой для написания серверной части приложения. Также на основе параметров и функциональности запросов была создана концептуальная модель базы данных, которая показывает организацию хранения данных в системе (рис. 3).

Таким образом, спроектировано приложение, которое соответствует сформированным требованиям:

- создает среду для взаимодействия между сотрудниками компании, проходящими процедуру аттестации и членами комиссии;
- предоставляет возможность удобного создания и редактирования анкет компетенций, а также справочной информации для руководителей направления и администраторов;
- занимается хранением информации о прошедших аттестациях сотрудников, что позволит анализировать траекторию их развития и принимать правильные управленческие решения на основе этой информации.

### **Библиографический список**

1. Raymond Noe. Employee Training & Development. – London: McGraw-Hill Education, 2019. – 608 p.
2. Oracle Human Resources. – URL: <https://docs.oracle.com/en/cloud/saas/human-resources/22d/books.html> (accessed 24 May 2023).
3. Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language. – URL: <https://www.w3.org/TR/wsdl20/> (accessed 26 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Викентьева Ольга Леонидовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: oleovic@rambler.ru

**Пирожков Виталий Сергеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-16, г. Пермь, e-mail: pirozhkov.vitaly@gmail.com

**В.О. Поносова, А.А. Аксенов, Р.А. Файзрахманов**

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЫЯВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИЙ НА ТОРГОВОЙ БИРЖЕ**

Проведен анализ существующих методов для выявления манипулятивных сделок, разработана математическая модель для выявления манипуляций на торговой бирже. Модель содержит два критерия, которые введены и апробированы Банком России, один критерий, разработанный автором на основе анализа манипуляций, и три критерия, выделенные при анализе статьи К.В. Плетнева.

**Ключевые слова:** классификация, кластеризация, факторный анализ, критерий, математическая модель, манипуляция, торговая биржа.

**V.O. Ponosova, A.A. Aksenov, R.A. Fayzrakhmanov**

## **DEVELOPMENT OF A MODEL FOR DETECTING MANIPULATIONS IN A TRADING EXCHANGE**

In this article, the analysis of existing methods for identifying manipulative deals is carried out, a mathematical model for detecting manipulations on a trading exchange is developed. The model contains two criteria that were introduced and tested by the Bank of Russia, one criterion developed by the author based on the analysis of manipulations and three criteria highlighted in the analysis of the article by K.V. Pletnev.

**Keywords:** classification, clustering, factor analysis, criteria, mathematical model, manipulation, trading exchange.

Авторами предлагается модель выявления манипулятивных сделок на торговой бирже, основанная на новых критериях обнаружения манипуляций, позволяющих с более высокой эффективностью выявлять сделки такого типа. Разрабатываемая модель включает два критерия, установленные Банком России [1], один критерий, введенный самими авторами, и три критерия, выделенные при анализе статьи К.В. Плетнева [2].

**Исходный набор данных.** Набор данных содержит сделки Московской биржи с 01.03.2019 по 31.03.2019. Описание структуры набора представлено в таблице. Данные, предоставленные профессиональными участниками торговой биржи, содержат конфиденциальную информацию о брокерах и агентах.

### Описание данных с 01.03.2019 по 31.03.2019

| №<br>п/п | Атрибут     | Описание                                 |
|----------|-------------|------------------------------------------|
| 1        | security_ID | Тип ценной бумаги (инструмента)          |
| 2        | tradetime   | Время заключения заявки                  |
| 3        | broker_ID   | Код брокера                              |
| 4        | agent_ID    | Код агента                               |
| 5        | tradeno     | Номер сделки на торговой площадке        |
| 6        | buysell     | Направление сделки (покупка или продажа) |
| 7        | price       | Цена за одну ценную бумагу               |
| 8        | volume      | Объем сделки (в ценных бумагах)          |
| 9        | value       | Объем сделки (в валюте расчетов)         |
| 10       | orderno     | Номер заявки, породившей сделку          |
| 11       | ordertime   | Время появления встречной заявки         |
| 12       | orderprice  | Цена заявки                              |
| 13       | ordervolume | Объем заявки (в ценных бумагах)          |
| 14       | liquidity   | Флаг ликвидности                         |

## Анализ существующих методов для выявления манипулятивных сделок

## 1. Классификация [3].

Реализуем следующие алгоритмы классификации: метод k-ближайших соседей, классификатор дерева решений и логистическая регрессия. Для построения классификации необходимо определить признаки и метки. Признаками будут являться столбцы ORDERPRICE и TRADEPRICE, а меткой – FRAUDULENT, который показывает, является ли сделка мошеннической (значение «Yes») или нет («No») (рис. 1).

```

: predictors = ['ORDERPRICE', 'TRADEPRICE']
  outcome = 'FRAUDULENT'
  new_record = data1.loc[0:0, predictors]
  X = data1.loc[1:, predictors]
  y = data1.loc[1:, outcome]

```

```
: X.sample(3)
```

|        | ORDERPRICE | TRADEPRICE |
|--------|------------|------------|
| 119049 | 0          | 0          |
| 32482  | 208        | 208        |
| 19417  | 95         | 95         |

```
: y.sample(3)
```

```
34700      No
56972      No
101243     No
Name: FRAUDULENT, dtype: object
```

Рис. 1. Определение признаков и меток

После обучения классификатора можно оценить его точность, в нашем случае она равна 99 % (рис. 2). Для получения более полной информации составим отчет о классификации (рис. 3).

```
: accuracy_score(logreg_prediction, y_test)
: 0.9989391930289827
```

Рис. 2. Точность классификатора

```
print(classification_report(logreg_prediction, y_test))
```

C:\Users\ponos\OneDrive\Рабочий стол\project\venv\lib\site-packages\sklearn\metrics\\_classification.py:1344: UndefinedMetricWarning: Recall and F-score are ill-defined and being set to 0.0 in labels with no true samples. Use 'zero\_division' parameter to control this behavior.

|              | precision | recall | f1-score | support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| No           | 1.00      | 1.00   | 1.00     | 26395   |
| Yes          | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 0       |
| accuracy     |           |        | 1.00     | 26395   |
| macro avg    | 0.50      | 0.50   | 0.50     | 26395   |
| weighted avg | 1.00      | 1.00   | 1.00     | 26395   |

C:\Users\ponos\OneDrive\Рабочий стол\project\venv\lib\site-packages\sklearn\metrics\\_classification.py:1344: UndefinedMetricWarning: Recall and F-score are ill-defined and being set to 0.0 in labels with no true samples. Use 'zero\_division' parameter to control this behavior.

Активация Windows  
Чтобы активировать Windows, зайдите на [www.microsoft.com/windows/activation](#).

Рис. 3. Статистическая информация по классификатору

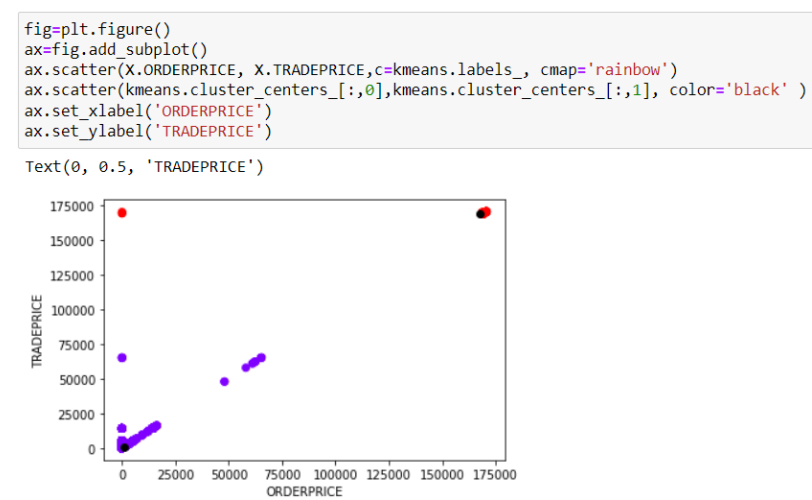


Рис. 4. Диаграмма рассеяния

Необходимо обратить внимание на предупреждение: так как в модели достаточно мало выявленных случаев манипуляции, то данные значения не попали в обучающий набор данных и как следствие такие значения не находятся в прогнозе.

2. Кластеризация.

Рассмотрим метод кластеризации k-средних (KNN). Возьмем те же признаки, что и в классификации. Зададим количество кластеров, равное двум. Построим диаграмму рассеяния (рис. 4).

Исходя из полученной диаграммы рассеяния, видно, что точки находятся далеко друг от друга, т.е. их нельзя выделить в отдельный кластер.

3. Факторный анализ [4].

Начнем с вычисления корреляционной матрицы для всех количественных переменных из исходного набора данных (рис. 5).

|             | NO        | ORDERNO   | ACTION | ORDERPRICE | ORDERVOLUME | TRADENO  | TRADEPRICE | FRAUD    |
|-------------|-----------|-----------|--------|------------|-------------|----------|------------|----------|
| NO          | 1.000000  | 0.910541  | NaN    | -0.006526  | -0.007632   | 0.164531 | -0.007895  | 0.057190 |
| ORDERNO     | 0.910541  | 1.000000  | NaN    | -0.006002  | 0.006097    | 0.355806 | -0.006376  | 0.273905 |
| ACTION      | NaN       | NaN       | NaN    | NaN        | NaN         | NaN      | NaN        | NaN      |
| ORDERPRICE  | -0.006526 | -0.006002 | NaN    | 1.000000   | -0.004375   | 0.011605 | 0.986865   | 0.010921 |
| ORDERVOLUME | -0.007632 | 0.006097  | NaN    | -0.004375  | 1.000000    | 0.055005 | -0.004692  | 0.048509 |
| TRADENO     | 0.164531  | 0.355806  | NaN    | 0.011605   | 0.055005    | 1.000000 | 0.010959   | 0.864156 |
| TRADEPRICE  | -0.007895 | -0.006376 | NaN    | 0.986865   | -0.004692   | 0.010959 | 1.000000   | 0.010387 |
| FRAUD       | 0.057190  | 0.273905  | NaN    | 0.010921   | 0.048509    | 0.864156 | 0.010387   | 1.000000 |

Рис. 5. Матрица корреляции

В матрице нас интересует связь переменной FRAUD и переменных ORDERPRICE, ORDERVOLUME, TRADEPRICE. С помощью факторного анализа выделим новые факторы. Используем класс FactorAnalysis (рис. 6), количество компонентов будет равно двум.

```
#факторный анализ
from sklearn.decomposition import FactorAnalysis

fa = FactorAnalysis(n_components = 2)
fa.fit(scaled_data2_num)
```

▼ FactorAnalysis

FactorAnalysis(n\_components=2)

Рис. 6. Факторный анализ

Координаты факторов находятся в атрибуте `components_` (рис. 7). Видно, что 0 фактор сильно коррелирует с `ORDERPRICE` и `TRADEPRICE` (0,99), так что его можно интерпретировать как цену. Таким образом, можно свести оба показателя к одному фактору «Цена».

```
#координаты факторов в пространстве нах-ся в атрибуте components_
pd.DataFrame(fa.components_, columns = data2_num.columns)
#0 фактор сильно коррелирует с ORDERPRICE и TRADEPRICE
```

|   | FRAUD    | ORDERPRICE | ORDERVOLUME | TRADEPRICE |
|---|----------|------------|-------------|------------|
| 0 | 0.010727 | 0.993411   | -0.004561   | 0.993410   |
| 1 | 0.221053 | 0.000954   | 0.219673    | -0.000973  |

Рис. 7. Координаты факторов

Посчитаем остатки (рис. 8). Поля `FRAUD` и `ORDERVOLUME` объяснены двумя факторами всего на 5 %, `ORDERPRICE` и `TRADEPRICE` на 99%. Остатки по двум первым полям большие, поэтому модель не-удовлетворительна.

```
#дисперсия остатков
pd.Series(fa.noise_variance_, data2_num.columns)
#TRADEPRICE и ORDERPRICE объяснено на 99%, FRAUD и ORDERVOLUME на 5%
#остатки огромные > модель не очень
```

|             |          |
|-------------|----------|
| FRAUD       | 0.951054 |
| ORDERPRICE  | 0.013136 |
| ORDERVOLUME | 0.951688 |
| TRADEPRICE  | 0.013137 |

dtype: float64

Рис. 8. Дисперсия остатков

**Определение критериев.** В модель для выявления манипулятивных сделок вошли следующие критерии, введенные Банком России:

- Критерий отношения цены сделок к величине медианной рыночной цены.
- Критерий отношения объема сделок к величине медианного рыночного объема.

На основе анализа различных видов манипуляций авторами был введен следующий критерий [5–7]:

- Критерий проскальзывания цены заявки.

Также выделены критерии манипулятивных сделок:

– Критерий увеличения значения между лучшей ценой покупки и продажи (спреда) от среднерыночного.

– Критерий общей доли коротких по времени существования сделки (менее 5 минут).

– Критерий разницы между объемом совершенных сделок в последнюю минуту торгов и средним значением объема за день.

К мошенническим операциям будем относить сделки, у которых нарушено четыре и более критерия.

**Математическая модель.** На основе формальной постановки и имеющихся данных была разработана математическая модель. Все критерии имеют динамическое пороговое значение, т.е. начальное значение будет определяться на основе статистического анализа исходных данных и в дальнейшем адаптироваться под поведение рынка. Таким образом, выведена следующая математическая модель:

1. Критерий отношения суммарной цены сделок к величине медианной рыночной цены

$$K_1 = \left\{ x_p \in B \left| \frac{P(x_p)}{Me_p} \geq b \right. \right\},$$

где  $P(x_p)$  – цена сделки лица за день по одному инструменту,  $Me_p$  – медиана рыночной цены,  $b$  – динамическое пороговое значение для данного критерия.

2. Критерий отношения суммарного объема сделок к величине медианного рыночного объема

$$K_2 = \left\{ x_p \in B \left| \frac{V(x_p)}{Me_v} \geq b \right. \right\},$$

где  $V(x_p)$  – объем сделки лица за день по одному инструменту,  $Me_v$  – медиана рыночного объема,  $b$  – динамическое пороговое значение для данного критерия.

3. Критерий разницы между ценой выставленной заявки и ценой совершенной сделки – проскальзывание цены

$$K_3 = \left\{ x_p, x_s \in B \left| \left| \frac{MAX(p(x_p))}{MIN(p(x_s))} - 1 \right| \geq g \right. \right\},$$

где  $MAX(p(x_p))$  – максимальная цена заявки,  $MIN(p(x_s))$  – минимальная цена заявки,  $g$  – динамическое пороговое значение для данного критерия.

4. Критерий увеличения значения между лучшей ценой покупки и продажи (спрэда) от среднерыночного

$$K_4 = \left\{ x_p \in B \left| \frac{P_s(x_p) - P_b(x_p)}{Me_s - Me_p} \geq b \right. \right\},$$

где  $P_s(x_p)$  – цена продажи лица за день по одному инструменту,  $P_b(x_p)$  – цена покупки лица за день по одному инструменту,  $Me_s$  – медиана рыночной цены продажи,  $Me_b$  – медиана рыночной цены покупки,  $b$  – динамическое пороговое значение для данного критерия.

5. Критерий общей доли коротких по времени существования прибыльных сделок, который в разы превышает количество невыгодных,

$$K_5 = \{x_p \in B | t(X_s) - t(X_p) \leq 5\},$$

где  $t(X_p)$  – время заключения сделки,  $t(X_s)$  – время появления встречной заявки.

6. Критерий разницы между объемом совершенных сделок в последнюю минуту торгов и средним значением объема за день

$$K_6 = \left\{ x_p \in B \left| \frac{V_{18.40}(x_p)}{Me_{v1}} \geq b \right. \right\},$$

где  $V_{18.40}(x_p)$  – объем сделки лица в последнюю минуту торгов,  $Me_{v1}$  – медиана рыночного объема за торговый день по инструменту.

На основе расчета всех критериев определяется принадлежность сделки к множеству манипулятивных. Если значения по четырем и более критериям превышают пороговые, то сделка  $x_i$  будет принадлежать множеству

$$\forall x_i \in B: x_i \in \{K_p \cap \bigcup_{q=1}^6 K_{q \neq p}, p, q = 1 \dots 6\} \rightarrow x_i \in F, i = 1 \dots m,$$

где  $K_p, K_q$  – введенные критерии,  $p, q$  – индексы.

**Выводы.** Таким образом, была разработана модель, которая основана на критериях Банка России, опубликованных в методических рекомендациях в 2019 г. Один критерий введен при анализе различных видов манипуляций. Три критерия были введены при анализе магистерской диссертации К.В. Плетнева.

### Библиографический список

1. Методические рекомендации по установлению критериев существенного отклонения объема торгов ценными бумагами от № 7 МР от 11.03.2019 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cbr.ru/StaticHtml/File/59420/7-mr.pdf>

2. Alena Zaborovskaya, Vyacheslav Zaborovskiy, Konstantin Pletnev. Possibilities of preventing manipulative transactions on the stock market in the conditions of new industrialization // Atlantis Press, Advances in Social Science Education and Humanities Research. – 2018. – P. 154–160.
3. Scikit-learn: основные структуры [Электронный ресурс]. – URL: [http://cs.mipt.ru/advanced\\_python/lessons/lab26.html](http://cs.mipt.ru/advanced_python/lessons/lab26.html)
4. Introduction to Factor Analysis in Python. – URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/introduction-factor-analysis>
5. Характеристика отдельных видов манипулирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://lawbook.online/finansovoe-pravo-rossii-kniga/harakteristika-otdelnyih-vidov.html>
6. Irene Aldridge. High-frequency trading: a practical guide to algorithmic strategies and trading systems. – Wiley, 2009. – P. 211.
7. Emiliós E. Avgouleas. The Mechanics and Regulation of Market Abuse: A Legal and Economic Analysis // Oxford University Press. – 2005. – P. 118–119.

### **Сведения об авторах**

**Поносова Виктория Олеговна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ5-21-1м, г. Пермь, e-mail: [ponosovavo@gmail.com](mailto:ponosovavo@gmail.com)

**Аксенов Антон Андреевич** – ассистент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [antaksenov@mail.ru](mailto:antaksenov@mail.ru)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, email: [fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:fayzrakhmanov@gmail.com)

К.М. Попов, С.Н. Костарев, О.В. Кочетова

## РАЗРАБОТКА ГИСТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА ПАТОЛОГИЙ ТКАНЕЙ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Основными этапами цитологического и гистологического анализа являются: выбор объекта исследования, получение гистологического препарата (далее – гистопрепарат) из живых или фиксированных клеток, микроскопирование и анализ изображения. Гистологические препараты могут быть нескольких видов: срез, мазок, отпечаток и пленка. Как правило, гистопрепараты представляют собой срезы толщиной 5–15 мкм. Для автоматизированного приготовления гистопрепарата применяют такое оборудование, как гистологический процессор, уплотнитель, микротом, аппарат для окрашивания и заключения и т.п. Применяют также и ручной метод, который требует меньше дорогостоящего оборудования, но больше времени, причем присутствует шанс отравления парами реагентов при протекании химических реакций. Гистологический анализатор призван автоматизировать процесс приготовления гистопрепарата, заменив при этом гистологический процессор, уплотнитель, микротом, аппарат для окрашивания и заключения и всю ручную работу. Гистологический анализатор – это программно-аппаратный комплекс для приготовления гистологического препарата и его последующего анализа для детектирования клеточных патологий, состоящий из двух модулей – приготовление гистопрепарата и его анализ при помощи нейросетевого подхода. Таким образом, **объектом** исследования является гистологический анализатор, предназначенный для приготовления гистологических препаратов и их анализа. **Предмет** – методы и алгоритмы автоматизации процесса гистологического анализа. **Цель** – разработка технологической карты прибора и анализ аналогов.

**Ключевые слова:** гистология, автоматизация, приборостроение.

K.M. Popov, S.N. Kostarev, O.V. Kochetova

## DEVELOPMENT OF A HISTOLOGICAL ANALYZER FOR ANIMAL AND HUMAN TISSUE PATHOLOGIES

The main stages of cytological and histological analysis are: the choice of the object of study, obtaining a histological preparation (further histopreparation) from living or fixed cells, microscopy and image analysis. Histological preparations can be of several types: section, smear, print and film. As a rule, histopreparations are slices of 5-15  $\mu\text{m}$  thickness. For automated preparation of histopreparation such equipment is used as: histological processor, compactor, microtome, device for staining and conclusions, etc. Manual method is also used which requires less expensive equipment but more time, and there is a chance of poisoning by vapors of reagents in the course of chemical reactions. Histological analyzer is designed to automate the process of histopreparation preparation, replacing the histological processor, compactor, microtome, staining apparatus and con-

clusion and all manual work. Histological analyzer is a hardware-software complex for preparation of histological preparation and its subsequent analysis for detection of cellular pathologies, consisting of two modules – preparation of histopreparation and its analysis with the help of neural network approach. Thus, **the object** of the study is a histological analyzer designed for the preparation of histological preparations and their analysis. **The subject** is an algorithm of the device operation. **Objective** – development of a flow chart of the device and analysis of analogues.

**Keywords:** histology, automation, instrument making.

В настоящее время не существует полностью автоматизированного гистологического анализатора. В статье разработан проект экспресс-анализатора, охватывающий все стадии от загрузки исследуемого биоматериала до выдачи диагноза по распознаванию патологий, вызванных хламидийной инфекцией.

Гистологический анализатор – это программно-аппаратный комплекс, который позволяет лаборантам, гистологам, патологоанатомам, исследователям проводить гистологические исследования тканей с высокой точностью и оперативностью на предмет выявления наличия злокачественных образований в клетках ткани животных и человека, а также благодаря автоматизированной системе подготовки гистологического препарата, его оцифровки и анализа при помощи нейросетевого подхода или методом индикаторов патологий. Разрабатываемый прибор помогает гистологам, патологоанатомам, исследователям с высокой точностью определять злокачественные образования в клетках ткани животных и человека; проводить изучение морфоструктурных изменений в тканях, вызванных инфекционными и другими заболеваниями; решает проблемы: точности и скорости постановки диагноза, безопасности лаборанта, требований к высоквалифицированным патологоанатомам, импортозамещения и т.д. Данный прибор будет востребован медицинскими организациями, в частности мед. компанией «Философия красоты и здоровья», моргами, ветеринарными организациями, медицинскими университетами. Проект находится на этапе исследований. Ключевая особенность – полный цикл создания гистологического препарата, блок оцифровки и анализа. Новизна проекта заключается в оперативности получения результатов, конкурентоспособности по цене, минимальном ожидании получения данных результатов.

Построение технологической карты прибора основывалось на теории гистологического анализа. Изучался анализ существующих приборов, автоматизирующих некоторые этапы гистологического анализа. Изучение целевых рынков проводилось на анализе открытых источни-

ков. Актуальность темы исследования была проанализирована в соответствии с приказом МЗ РФ 203н.

**Разработка технологической карты.** После проведения анализа методики гистологического исследования [6] была составлена технологическая карта проектируемого прибора. Конструктивно прибор-анализатор планируется разбить на два модуля: модуль подготовки гистологического снимка и модуль распознавания патологии ткани (рис. 1).

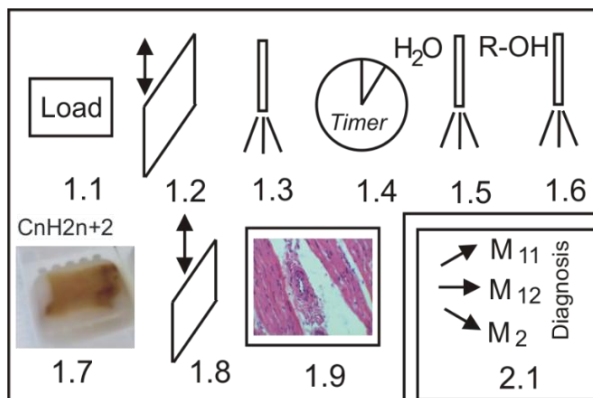


Рис. 1. Технологическая карта прибора

Модуль создания гистологического препарата описывает следующие механические и химико-биологические процессы: 1.1 – загрузка биоматериала; 1.2 – иссечение (вырезка) биоматериала; 1.3 – фиксация материала в фиксирующей жидкости для прекращения биохимических процессов; 1.4 – технологический перерыв; 1.5 – промывка (удаление фиксатора); 1.6 – обезвоживание в спиртах восходящей концентрации; 1.7 – уплотнение (залитка в парафин); 1.8 – приготовление гистологических срезов (микротомирование); 1.9 – окрашивание и заключение срезов.

Модуль распознавания диагноза патологии ткани (2.1) включает световой и/или электронный микроскоп. При распознавании диагноза патологий используется программное обеспечение, основанное на методике построения нейронной сети и методике индикаторов патологий.

**Аналоги.** Рассмотренные приборы [9] не полные аналоги, т.к. полного аналога нет. Частичными аналогами разрабатываемого устройства являются:

– гистологический процессор карусельного типа LEICA TP1020 TP-1020 (Германия, цена 13,995.00 долл., рис. 2, 1);

- аппарат для заливки парафином Tissue-Tek® TEC® 5 (Япония, цена €4,365.60, рис. 2, 2);
- микротом санный MC-1 (Россия, цена 488 000 руб., рис. 2, 3);
- станция для окрашивания и заключения Tissue-Tek® Prisma® & Glas™ g2 (цена договорная > 1 млн руб., рис. 2, 4).

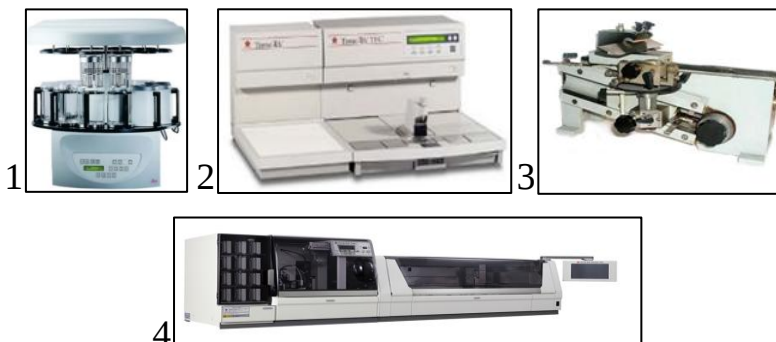


Рис. 2. Аналоги

Таким образом, цена на новое оборудование для сравнительно автоматизированного приготовления гистопрепарата начинается примерно от 3,5 млн руб. Данные приборы позволяют получить гистологический препарат стандартизированного качества. Цена нашего продукта предположительно 500 000 руб. В таблице приведен сравнительный анализ аналогов.

### Сравнительный анализ аналогов

| Характеристики продукта | Своя разработка            | Конкурент № 1 | Конкурент № 2      | Конкурент № 3 | Конкурент № 4                  |
|-------------------------|----------------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------------------|
|                         | Гистологический анализатор | Leica TP1020  | Tissue-Tek® TEC® 5 | MC-2          | Tissue-Tek® Prisma® & Glas™ g2 |
| Проводка                | +                          | +             |                    |               |                                |
| Заливка                 | +                          |               | +                  |               |                                |
| Микротомирование        | +                          |               |                    | +             |                                |
| Депарафинирование       | +                          |               |                    |               | +                              |
| Окрашивание             | +                          |               |                    |               | +                              |
| Заключение              | +                          |               |                    |               | +                              |
| Оцифровка               | +                          |               |                    |               |                                |
| Анализ                  | +                          |               |                    |               |                                |
| Стоимость / тыс. руб.   | 500                        | ~1 142        | ~ 390              | 488           | ?>1000                         |

**Разработка прототипа прибора.** На рис. 3 представлен предварительный вид прототипа прибора. Прототип устройства состоит из семи блоков: 1.1 – загрузка биоматериала / предварительная вырезка / выгрузка отходов; 1.2 – фиксация / технологический перерыв / промывка / обезвоживание / уплотнение; 1.3 – микротомирование / наложение на предметное стекло / депарафинирование; 1.4 – окрашивание / заключение; 2.1 – оцифровка / анализ изображения; 2.2 – выгрузка гистологического препарата; 3 – блок с реагентами.

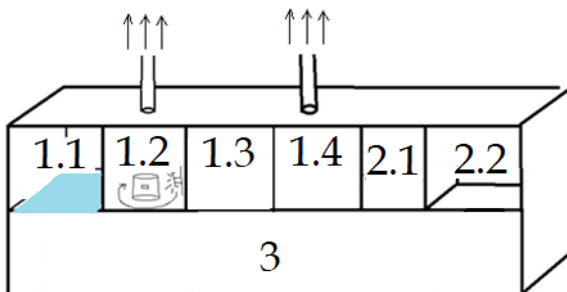


Рис. 3. Предварительный эскиз прототипа прибора

1.1. Загрузка биоматериала производится лаборантом, после чего необходимо определить, какую часть биоматериала следует вырезать (биоматериал должен быть  $> 1 \text{ см}^3$ ). Результат:  $1 \text{ см}^3$  биоматериала и отходы, отходы выгружаются через то же окно с подложки.

1.2. После вырезки биоматериал попадает в блок проводки, где под воздействием переменного давления, температуры и микроволнового излучения происходит процесс скоростной фиксации, промывки, обезвоживания и уплотнения. Чтобы вывести испарения, используется вытяжка.

1.3. Далее необходимо создать тонкий срез парафинового блока (5–15 мкм), для чего необходим процесс микротомирования. После чего срез попадает на предметное стекло и происходит процесс депарафинирования и запекания.

1.4. Далее необходимо окрасить запеченный на предметном стекле срез биоматериала, после чего накрыть покровным стеклом с заключающей жидкостью. Пары необходимо вывести.

1.5. Следующий этап – оцифровка гистологического препарата, анализ и распознавание.

1.6. Готовый оцифрованный гистологический препарат можно забрать для детального анализа.

2. На всем протяжении создания гистологического препарата необходимые реагенты поступают из модуля 3.

**Выводы.** Таким образом, проделана следующая работа над проектом:

- проведен сравнительный анализ аналогов;
- разработаны диаграммы процессов создания гистологического препарата;
- разработана технологическая карта прибора, эскиз прототипа;
- оценены инвестиционные затраты для изготовления прототипа прибора, целевой рынок и риски;
- для модуля 2: разработаны методы диагностики гистологического снимка (для диагностики онкозаболеваний и поражения клеток хламидийной инфекцией);
- разработано программно-аппаратное обеспечение для промышленного контроллера Omron;
- проект занял лидирующее место в региональном конкурсе «Изобретатели Пермского края».

### Библиографический список

1. Tatarnikova N.A., Kostarev S.N., Sereda T.G. Histological analysis of morphostructural changes in bronchial and lung tissues in cattle fetuses during chlamydia infection in Perm Krai and Tyumen Oblast of the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 548 (4). – P. 042002. DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042002
2. Development and study of an algorithm for segmentation of cell nuclei in histological images / A.L. Priorov, V.V. Khryashev, O.A. Stepanova, A.S. Srednyakova // Biomedical Radioelectronics. – 2018. – No. 11. – P. 13–20.
3. Creation of the automatic machine of the cell pathology recognizer / S.N. Kostarev, T.G. Sereda, N.A. Tatarnikova, O.V. Kochetova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421 (4). – P. 042003. DOI: 10.1088/1755-1315/421/4/042003
4. Kostarev S.N., Sereda T.G., Tatarnikova N.A. Building a model for recognition of morphostructure pathologies in animal tissues // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1515 (5). – P. 052005. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/5/052005

5. Semenov V.M. Clinical and epidemiological characteristics of chlamydia // Russian Medical Journal. – 2000. – No. 1. – P. 48–53.

6. Вахрушева Т.И. Патоморфологические методы исследования: учеб. пособие / Красноярск. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 266 с.

7. Оборудование для гистологических лабораторий: SLE medical GmbH. – 40 с.

### **Сведения об авторах**

**Попов Кирилл Михайлович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ4-22-1м, г. Пермь, e-mail: k007pm@yandex.ru

**Костарев Сергей Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: iums@dom.raid.ru

**Кочетова Оксана Валерьевна** – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Внутренние незаразные болезни, хирургия и акушерство» Пермского государственного аграрно-технологического университета им. академика Д.Н. Прянишникова, г. Пермь, e-mail: kochetovaoh@yandex.ru

**Н.В. Попов, О.Л. Викентьева**

## **АНАЛИЗ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНОГО СЕКМЕНТА ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ С СИСТЕМОЙ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ**

Посвящена анализу подходов к интеграции системы скорой медицинской помощи с региональным сегментом Единой государственной системы здравоохранения. Рассмотрены проблемы, существующие при реализации интеграции по данным с различными информационными системами. В статье приведены примеры решения проблем путем стандартизации входных и выходных параметров с использованием нормативно-правовых документов.

**Ключевые слова:** медицинские информационные системы, ЕГИСЗ, интеграция медицинских систем, стандартизация данных.

**N.V. Popov, O.L. Vikenteva**

## **ANALYSIS OF INTEGRATION PROFILES OF THE REGIONAL SEGMENT OF THE UNIFIED STATE HEALTH INFORMATION SYSTEM WHEN INTEGRATED WITH THE EMERGENCY MEDICAL CARE SYSTEM**

The article is devoted to the analysis of approaches to the integration of the ambulance system with the regional segment of the Unified State Health Care System. The problems that exist when implementing data integration with different information systems are considered. The article gives examples of solving problems by standardizing input and output parameters using regulatory and legal documents.

**Keywords:** medical information systems, EGISZ, integration of medical systems, data standardization.

В настоящее время разработано большое количество информационных систем, используемых в медицине для автоматизации бизнес-процессов. Для взаимодействия между различными медицинскими информационными системами в целом была разработана Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ). На данный момент она имеет три уровня взаимодействия:

1. Информационные системы, работающие на уровне конкретной медицинской отрасли в регионе.

2. Региональные медицинские информационные системы, работающие на уровне региона в целом.

3. Федеральная ЕГИСЗ, охватывающая взаимодействие со всеми регионами.

В данной работе будет рассматриваться анализ подходов к интеграции на примере отрасли скорой медицинской помощи (СМП). Это связано с тем, что каждая отрасль медицины имеет закрепленный законодательством порядок оказания медицинской помощи, который формирует перечень данных, необходимых при передаче в ЕГИСЗ [1].

**Анализ проблем интеграции системы скорой медицинской помощи с региональным сегментом ЕГИСЗ.** Зачастую информационные системы отраслевого уровня работают отдельно от регионального сегмента ЕГИСЗ, что не позволяет в полной мере обеспечить взаимодействие между всеми системами здравоохранения в России. Для решения этой проблемы создаются системы, позволяющие интегрировать медицинскую информационную систему (МИС) в региональный сегмент ЕГИСЗ. Однако в реализации интеграции по данным автоматизированной системы скорой медицинской помощи (ИС «АДИС») с региональными информационными системами (ИС «Инфоклиника», ИС «Промед», ИС «Барс») на данный момент существуют следующие проблемы:

1. Интеграционные профили вендоров, реализующих региональный сегмент ЕГИСЗ, предлагают методы работы со скорой помощью, но не специализируются на данной отрасли, и таким образом, не охватывают все потребности скорой помощи в передаче данных для федерального ЕГИСЗ, закрепленные приказом Министерства здравоохранения [2].

2. Для каждой региональной информационной системы необходим уникальный подход к интеграции, так как каждый вендор региональной ЕГИСЗ предлагает собственные интеграционные профили, отличающиеся от региона к региону даже в рамках одной информационной системы [3]. Ввиду этого для интеграции с каждым отдельным региональным сегментом ЕГИСЗ необходимо разрабатывать отдельную интеграционную систему.

Более наглядно эти проблемы отражаются при анализе задач скорой помощи и реализации интеграционных профилей региональных медицинских систем при интеграции по данным (таблица).

## Задачи интеграции скорой помощи

| Задача интеграции                                                       | МИС «Инфоклиника»                                                                                                                                                                                                   | МИС «Промед»                                                                                                                            | МИС «Барс»                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Передача неотложного вызова в региональную ЕГИСЗ                        | Необходимость обязательного указания целевой поликлиники; базовая нормализация, без идентификаторов                                                                                                                 | Необходимость обязательного указания целевой поликлиники; необходимость передавать данные только в идентификаторах региональной системы | Возможность определения поликлиники по КЛАДР; базовая нормализация, без идентификаторов |
| Получение информации о результате обработки вызова в региональной ЕГИСЗ | Метод обратного вызова; передается только статус о назначении врача на вызов                                                                                                                                        | Метод повторного запроса                                                                                                                | Метод обратного вызова; передаются статусы о назначении врача на вызов, отмене вызова   |
| Идентификация пациента в региональном ЕГИСЗ на стационарном АРМ         | Ф.И.О., дата рождения пациента                                                                                                                                                                                      | Ф.И.О., дата рождения пациента и один из документов, удостоверяющих личность                                                            | Ф.И.О., дата рождения пациента                                                          |
| Передача активных вызовов                                               | Базовая нормализация, без идентификаторов                                                                                                                                                                           | Необходимость передавать данные только в идентификаторах региональной системы                                                           | Базовая нормализация, без идентификаторов                                               |
| Передача карт закрытых вызовов в электронную медицинскую карту пациента |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |                                                                                         |
| Передача карт закрытых вызовов в интегрированную систему реестров       | Передача структурированного электронного медицинского документа в различные структуры ЕГИСЗ (ВИМИС Профилактика, ВИМИС ССЗ, Реестр электронных медицинских документов) на стороне системы скорой медицинской помощи |                                                                                                                                         |                                                                                         |

Для решения этих проблем предлагается создание единой модели данных для интеграционного профиля скорой помощи в региональных медицинских информационных системах. Это позволит структурировать потребности в передаче данных из системы скорой помощи, указанных в таблице, и стандартизировать подход к интеграции скорой помощи в различных регионах.

**Анализ вариантов решения проблемы интеграции скорой помощи с региональным сегментом ЕГИСЗ.** Для регионального сегмента ЕГИСЗ были выделены следующие варианты модели:

1. Создание единой модели данных интеграционного профиля, включающей в себя все лучшие реализации и технологии по итогам анализа региональных информационных систем ЕГИСЗ.

2. Стандартизация набора входных и выходных параметров, необходимых скорой помощи при интеграции по данным согласно приказу «Об утверждении статистического инструментария станции скорой медицинской помощи» [2].

Однако реализация модели согласно первому варианту вряд ли будет внедряться в региональных системах ЕГИСЗ по той причине, что региональные ЕГИСЗ являются унаследованными информационными системами и полная переработка интеграционных профилей каждой региональной системы займет большое количество времени и ресурсов. Таким образом, модель стандартизации входных и выходных параметров для скорой помощи будет наиболее реальной, так как она не требует полной переработки интеграционного профиля каждой региональной системы ЕГИСЗ.

#### **Модель стандартизации входных и выходных параметров.**

Для наглядной демонстрации работы модели стандартизации входных и выходных параметров была взята задача передачи структурированных электронных медицинских документов (СЭМД) в федеральную ЕГИСЗ. Кроме передачи карт законченных случаев вызова в реестр электронных медицинских документов, скорая медицинская помощь с 2021 г. должна передавать СЭМД и в Вертикально-интегрированную медицинскую информационную систему (ВИМИС) [4]. На данный момент интеграционные профили региональных систем ЕГИСЗ предоставляют отдельные методы для передачи данных в различные структуры федерального ЕГИСЗ, и тем самым ответственность о передаче СЭМД в различные ВИМИС, полностью ложится на систему скорой помощи (рис. 1). Однако передача СЭМД в конкретную ВИМИС должна происходить только при наличии у пациента определенных заболеваний (например, сердечно-сосудистые заболевания). Скорая помощь не имеет прямого доступа к списку заболеваний пациента и для передачи СЭМД в ВИМИС, и тем самым передачу СЭМД в другие системы предлагается проводить на стороне регионального ЕГИСЗ. Это связано с тем, что информация о заболеваниях пациента хранится в региональной медицинской информационной системе и поэтому она имеет прямой доступ к определению необходимости передачи данных в различные ВИМИС.

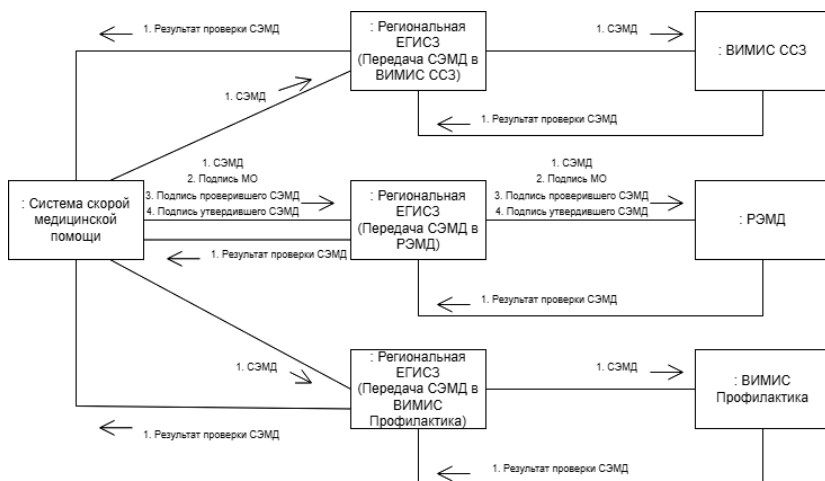


Рис. 1. Модель текущего процесса передачи СЭМД в ЕГИСЗ

Таким образом, будет единый перечень входных параметров системы скорой помощи при интеграции с ЕГИСЗ, представленный на рис. 2.

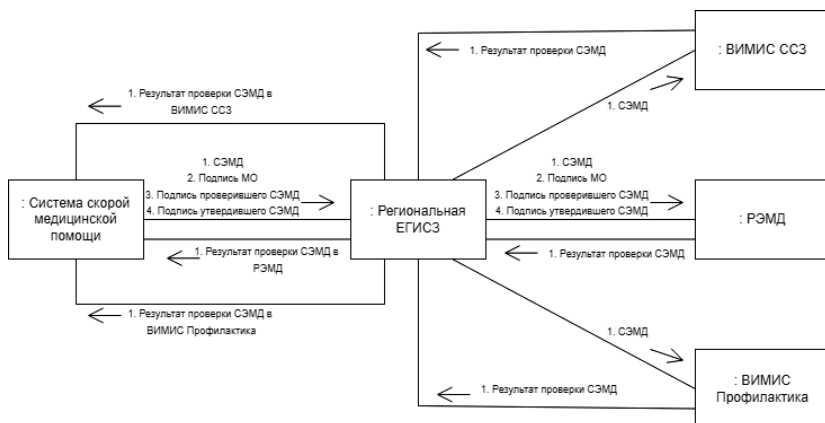


Рис. 2. Модель стандартизации передачи СЭМД в ЕГИСЗ

На примере передачи СЭМД в ЕГИСЗ необходимо также стандартизировать входные параметры и для остальных задач скорой помощи. Пример предложенных решений стандартизации данных представлен в табл. 2.

Таблица 2

## Предлагаемые решения стандартизации для задач СМП

| № п/п | Задача интеграции                                                       | Предлагаемая модель                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Передача неотложного вызова в региональную ЕГИСЗ                        | Входные параметры: Ф.И.О.; дата рождения; повод к вызову; статус вызова; адресные данные (КЛАДР/ФИАС).<br>Выходные параметры: Идентификатор неотложного вызова в ЕГИСЗ                                                                                                                                                                                 |
| 2     | Получение информации о результате обработки вызова в региональной ЕГИСЗ | Выходные параметры: Идентификатор неотложного вызова в ЕГИСЗ, Дата и время, Статус вызова.<br>Список обязательных статусов: Отмена вызова: Отказ пациента, Отмена вызова: Выезд бригады СМП, Вызов взят Отказ от вызова Назначен врач Вызов завершен                                                                                                   |
| 3     | Идентификация пациента в региональном ЕГИСЗ на стационарном АРМ         | Входные параметры: Ф.И.О.; дата рождения пациента и один из документов (полис, СНИЛС, документ, удостоверяющий личность). Выходные параметры: Идентификатор пациента в региональной ЕГИСЗ; Идентификатор страховой компании, Единый номер полиса ОМС; Блок: Документы УДЛ; Блок: Адреса (проживание, регистрация); СНИЛС; ОIД Поликлиники прикрепления |
| 4     | Передача активных вызовов                                               | Входные параметры: Ф.И.О.; дата рождения; повод к вызову; статус вызова; адресные данные (КЛАДР/ФИАС); СНИЛС старшего врача бригады СМП; СНИЛС диспетчера, принявшего вызов; СНИЛС диспетчера, передавшего вызов; СНИЛС диспетчера, закрывшего вызов. Выходные параметры: Идентификатор активного вызова в ЕГИСЗ                                       |
| 5     | Передача карт закрытых вызовов в электронную медицинскую карту пациента | Стандартизацией передачи карт закрытых вызовов является передача СЭМД, оформленного по федеральным классификаторам. СЭМД содержит все данные карты закрытого вызова и формируется из формы 110/у в системе СМП [2]                                                                                                                                     |

Предложенная модель легла в основу интеграции системы скорой помощи с региональным сегментом ЕГИСЗ в Волгоградской области. На рис. 3 изображена архитектура сервиса передачи активных вызовов.

На данный момент в Волгоградской области предложенная модель стандартизации данных не охватывает все задачи скорой медицинской

помощи, однако продолжается активная работа и улучшение интеграционного профиля региональной медицинской информационной системы для полного соответствия предложенной модели.

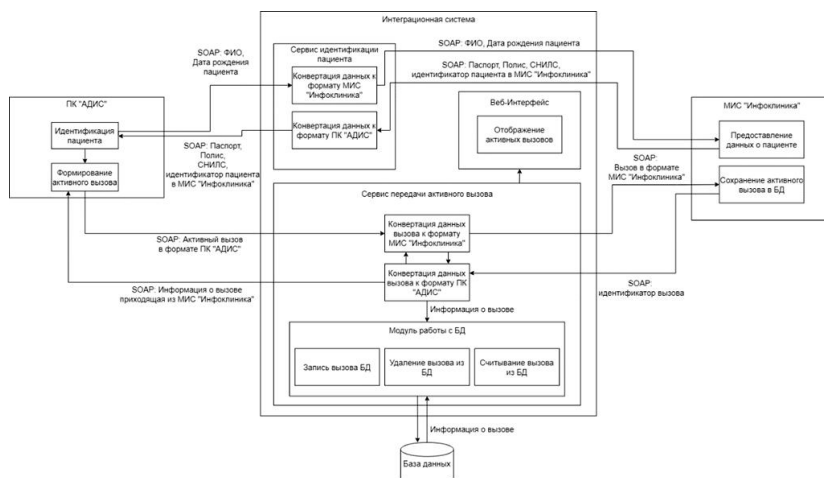


Рис. 3. Архитектура сервиса передачи карт закрытых вызовов

**Выводы.** В этой статье был рассмотрен подход к интеграции отрасли скорой помощи с региональным сегментом ЕГИСЗ. Представленная модель стандартизации входных и выходных параметров позволит упростить разработку интеграционных систем скорой медицинской помощи для всех сегментов ЕГИСЗ благодаря единому набору данных, передаваемых между информационными системами. Кроме того, данная модель позволит обеспечить обмен информацией, соответствующий нормативно-правовым документам [2].

### Библиографический список

1. Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 июня 2013 г. № 388н // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 26. – 3442 с.
2. Об утверждении статистического инструментария станции (отделения), больницы скорой медицинской помощи: Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации

от 2 декабря 2009 г. № 942 (ред. от 15.09.2020) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009. – № 2. – Ст. 244.

3. Соколова М.А. Проблемы интеграции информационных систем в медицине и пути их решения // Постулат. – 2017. – № 12.

4. Об утверждении ведомственной программы цифровой трансформации Министерства здравоохранения Российской Федерации на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 27 января 2021 г. № 28 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 42. – Ст. 6612.

### **Сведения об авторах**

**Попов Никита Викторович** – студент Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Пермь, e-mail: nvpopov.me@gmail.com

**Викентьева Ольга Леонидовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии в бизнесе» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Пермь, e-mail: ovikenteva@hse.ru

**А.К. Рождественский, Д.В. Яруллин**

## **КРОССПЛАТФОРМЕННАЯ МИГРАЦИЯ .NET FRAMEWORK ПРИЛОЖЕНИЯ НА .NET CORE**

Демонстрируется один из возможных способов автоматизации миграции проекта. Выбор технологии является главным этапом разработки, от которого зависит работа приложения. Процесс миграции приложения осуществляется в автоматическом режиме, насколько это возможно. Приведен реальный кейс реализации архитектурного решения, описанного в виде схемы процесса миграции.

**Ключевые слова:** .Net framework, .Net core, кроссплатформенность, миграция.

**A.K. Rozhdestvenskiy, D.V. Yarullin**

## **CROSS-PLATFORM MIGRATION OF .NET FRAMEWORK APPLICATIONS TO .NET CORE**

This article demonstrates one of the possible ways to migrate a project by automation. The choice of technology is a crucial development stage that determines the application's functionality. The application migration process is automated to the greatest extent possible. The article presents a real-life case of implementing the architectural solution described in the form of a migration process diagram.

**Keywords:** .Net framework, .Net core, cross-platform, migration.

В современном мире информационных технологий кроссплатформенность и безопасность данных являются ключевыми аспектами разработки приложений, особенно для предприятий критической инфраструктуры. Такие предприятия, включая энергетические, транспортные, финансовые компании и другие, обрабатывают и хранят огромное количество конфиденциальной и чувствительной информации, что значительно ограничивает стек возможных технологий реализации. В связи с этим при разработке данных приложений основным требованием выбора технологии разработки является открытый исходный код данной платформы.

С учетом быстрого развития технологий и постоянного появления новых платформ, операционных систем и устройств разработчики сталкиваются с вызовом создания приложений, которые могут эффективно функционировать на разных платформах без необходимости значительных изменений в коде. Разработка и поддержка одного приложе-

ния для разных устройств с каждым изменением функциональности требует изменения этой функциональности в каждой из версий приложения, ориентированной на ту или иную ОС. С точки зрения безопасности и дешевизны также требуется, чтобы приложение имело возможность работы на Linux, уменьшая использование скрытого исполняемого кода в работе приложения.

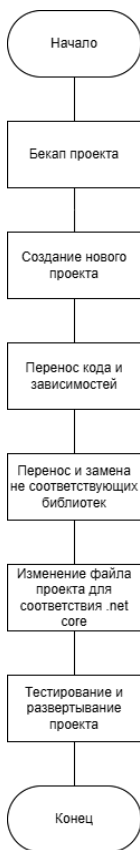


Рис. 1. Схема этапов миграции проекта с .Net Framework на .Net Core

Кроссплатформенная миграция приложения представляет собой процесс адаптации приложения, разработанного для одной платформы или ОС, к другим платформам и системам с минимальными изменениями в исходном коде. Это позволяет компаниям сократить время

и ресурсы, затрачиваемые на создание отдельных версий приложений для каждой платформы, и обеспечивает более широкий охват аудиторией. Однако кроссплатформенная миграция приложений также имеет ряд технических сложностей и вызовов, связанных с различиями в архитектуре, интерфейсах и возможностях различных платформ и ОС, а также с обеспечением безопасности данных на предприятиях критической инфраструктуры.

Таким образом, существует необходимость создания элемента, отвечающего за автоматизацию миграции приложения с .net framework на .net core. На рис. 1 представлена схема этапов миграции проекта с .Net Framework на .Net Core. После построения схемы этапов миграции была построена диаграмма компонентов программного обеспечения. Диаграмма компонентов представлена на рис. 2.

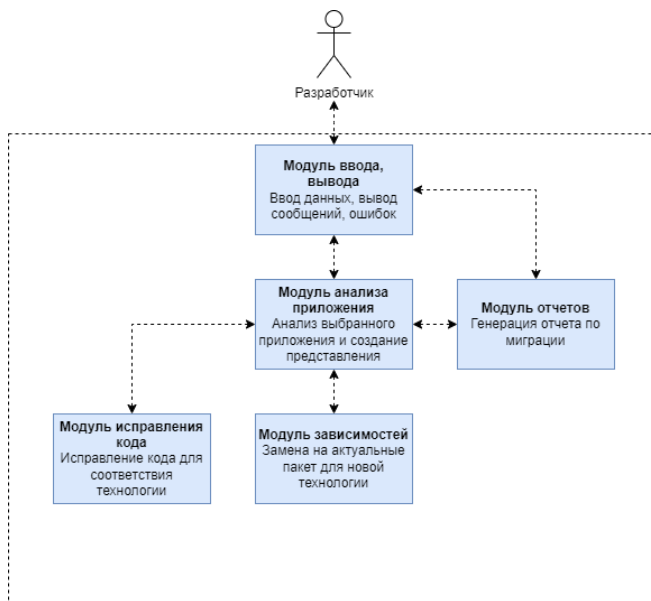


Рис. 2. Диаграмма компонентов

В диаграмме компонентов описано пять модулей, которые потребуются при разработке приложения для миграции с .Net Framework на .Net Core. Также показан один внешний компонент – разработчик, выполняющий перенос проекта на другую технологию. Описание компонентов представлено в таблице.

## Описание компонентов программной системы

| № п/п | Название                  | Описание                                                                                                                                                                                                    |
|-------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Модуль ввода-вывода       | Программный компонент, обеспечивающий процесс взаимодействия с приложением. Позволяет указать необходимый к миграции проект на ввод, а на вывод – результаты о миграции, выявленные ошибки и отчет миграции |
| 2     | Модуль анализа приложения | Программный компонент, производящий анализ проекта, его кода, зависимостей, структуры и конфигурации                                                                                                        |
| 3     | Модуль исправления кода   | Программный компонент, отвечающий за автоматическое исправление кода проекта для обеспечения совместимости с .Net Core                                                                                      |
| 4     | Модуль зависимостей       | Программный компонент, изменяющий используемые nuget-пакеты на их аналоги .Net core, способные работать на Linux и Windows                                                                                  |
| 5     | Модуль отчетов            | Программный компонент, генерирующий отчет о проведенной миграции, ошибках, замечаниях и др.                                                                                                                 |

Ниже представлено описание внешних компонентов по отношению к разрабатываемой программной системе.

### Описание внешних компонентов

| Название    | Описание                                |
|-------------|-----------------------------------------|
| Разработчик | Работник компании, отвечающий за проект |

Исходя из требований заказчика возникает необходимость в запуске приложения генератора отчетов Stimulsoft, использующего технологию .Net Framework, и из-за закрытости исходного кода приложения его невозможно мигрировать на другую технологию, а заказчик требует работоспособность приложения на подобных Unix системах, в частности Linux.

Для решения данной проблемы был создан docker-контейнер. Реализация генерации отчетов Stimulsoft была организована с помощью библиотеки libgdipplus, отрисовывающей графику отчета. Листинг кода для создания контейнера описан ниже.

Листинг 1 – Код docker-контейнера для запуска приложения

```
# Используем базовый образ с .NET Core SDK
FROM mcr.microsoft.com/dotnet/sdk:7.0

# Устанавливаем зависимости Stimulsoft
RUN apt-get update && apt-get install -y libgdipplus
# Копируем файлы приложения в контейнер
WORKDIR /app
```

COPY ..

```
# Собираем и запускаем приложение
RUN dotnet restore
RUN dotnet build -configuration Release
CMD ["dotnet", "ARMTI.dll"]
```

В данном коде мы используем базовый образ .Net Core от Microsoft с открытым исходным кодом, устанавливаем библиотеку для отрисовки отчетов Stimulsoft. Далее происходит копирование файлов программной системы в контейнер, запускаем приложение, предварительно проверив все зависимости и установив, если каких-либо недостаточно.

Архитектурное решение для миграции автоматизированного рабочего места было реализовано с целью миграции проектов компании, что снизило время для перехода на новую технологию. Данной платформой оказался российский программный продукт «Т-Мобис». Переход на .Net Core позволяет выполнять кроссплатформенную развертку приложения на любой ОС, также внести ПО компании в реестр открытого ПО и решает проблему окончания поддержки .Net Framework со стороны разработчика, делая акцент на актуальной .Net Core.

### Библиографический список

1. Документация по ASP.NET [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/?view=aspnetcore-7.0> (дата обращения: 28.05.2023).
2. Документация по .NET [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/fundamentals/> (дата обращения: 28.05.2023).

### Сведения об авторах

**Рождественский Артем Константинович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-16, г. Пермь, e-mail: rozhdestvenskiy@yandex.ru

**Яруллин Денис Владимирович** – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: d.v.yarullin@ya.ru

**Ю.Ф. Рубцов, В.В. Минин**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ  
ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ФАБРИКИ  
АРХИТЕКТУРНОГО СТЕКЛА «КРИСТАЛЛ»**

Приведен анализ работ по проектированию и автоматизации системы видеонаблюдения, разрабатываемой для фабрики архитектурного стекла «Кристалл». Использование пошаговой технологии подготовки и разработки системы можно использовать в работе уже сегодня, чтобы оставаться конкурентоспособным на рынке труда в настоящее время.

**Ключевые слова:** автоматизация, проектирование, видеонаблюдение, система, объект, камеры, шаг, матрица, модель, дисторсия.

**Yu.F. Rubtsov, V.V.Minin**

**AUTOMATION OF VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM  
DEVELOPMENT FOR THE ARCHITECTURAL  
GLASS FACTORY «CRYSTAL»**

The article provides an analysis of the work on the design and automation of a video surveillance system developed for the architectural glass factory "Crystal". The use of step-by-step technology for preparing and developing the system can be used in work today to remain competitive in the labor market at the present time.

**Keywords:** automation, design, video surveillance, system, object, cameras, step, matrix, model, distortion.

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования разработки системы видеонаблюдения на фабрике архитектурного стекла «Кристалл» (рисунок). Этот процесс включает принятие основных технических решений (ОТР) и их оформление согласно требованиям нормативно-правовых актов (НПА) и документов правительства РФ. В некоторых случаях автоматизация может быть полезной.

Цель работы: исследовать шаги, которые разработчик может предпринять для ускорения процесса проектирования и автоматизации задач.

Проектирование системы видеонаблюдения может быть автоматизировано на нескольких этапах, что значительно ускорит работу проектировщика, снизит вероятность ошибок и повысит качество проектных решений.

Первый шаг – определение проблемы и задач. Процесс разработки системы начинается с определения проблемы или задачи, которые требуется решить. Этот шаг включает сбор информации и ситуационный анализ. При этом ключевую роль в определении задач играют профессиональные навыки разработчика, поэтому этот шаг нельзя полностью автоматизировать.

Второй шаг – определение целей наблюдения. После выявления проблем и задач необходимо определить цели наблюдения, которые должны быть логически связаны с ранее выявленными задачами. Этот шаг также требует индивидуального подхода и не может быть полностью автоматизирован. Обычно его выполняет служба технической поддержки заказчика или разработчика, руководствуясь инструкциями заказчика\*.



Рис. Производственное предприятие «Кристалл»

Третий шаг – определение параметров зон обзора. Осуществляется сбор информации о характеристиках зон обзора. Это позволит рассчитать такие характеристики камер, как разрешение матриц и фокусное расстояние. Для расчета требуется знать высоту установки камеры, верхнюю границу поля зрения и расстояние до нее. На каждом месте

---

\* Озеров Е.И. Как автоматизировать проектирование систем видеонаблюдения? // Системы безопасности. 2018. № 1. С. 78–80.

наблюдения определяют места размещения видеокамеры и параметры, указанные ранее. Для автоматизации этого этапа используется стандартная САД-программа – AutoCAD.

Четвертый шаг – расчет характеристик видеокамеры. На четвертом шаге, после определения расположения камеры и изучения основных параметров зоны обзора, необходимо произвести расчет фокусного расстояния и разрешения матрицы. Этот шаг зависит от предыдущих и требует использования соответствующей технологии.

Данные характеристики можно рассчитать по формулам\*:

– для определения углов поля зрения объектива по горизонтали и вертикали используются следующие формулы:

$$\alpha_{\text{в}} = 2\arctg\left(\frac{V}{D}\right), \quad \alpha_{\text{г}} = 2\arctg\left(\frac{H}{D}\right),$$

где  $V$  – угол обзора по вертикали, м;  $H$  – угол обзора по горизонтали, м;  $D$  – расстояние от телевизионной камеры до объекта, м;

– затем производится расчет фокусного расстояния объектива ( $f$ ):

$$f_1 = \frac{H}{2} \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{\text{г}}}{2}\right), \quad f_2 = \frac{V}{2} \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{\text{в}}}{2}\right),$$

где  $V$  – размер матрицы по вертикали, мм;  $H$  – размер матрицы по горизонтали, мм;  $f_1, f_2$  – фокусные расстояния объектива, мм;

– после определяется минимально различимая деталь для видеокамеры:

$$S_H = \frac{2000D}{R} \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{г}}}{2}, \quad S_V = \frac{2000D}{625} \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{в}}}{2},$$

где  $R$  – разрешение камеры, ТВ-линий;  $D$  – расстояние до объекта контроля, м;  $S_H$  – минимальный размер детали объекта, который требуется различать по горизонтали, мм;  $S_V$  – минимальный размер детали объекта, который требуется различать по вертикали, мм;

Эти расчеты позволяют подобрать подходящие камеры и оптимизировать их размещение на объекте, с учетом параметров, определенных на третьем шаге. Для данной задачи существует два способа автоматизации, не требующих покупки дополнительного программного обеспечения:

---

\* Озеров Е.И. Как автоматизировать проектирование систем видеонаблюдения? // Системы безопасности. 2018. № 1. С. 78–80.

1. Использование бесплатных утилит или онлайн-сервисов, предоставляемых производителями оборудования.

2. Создание или использование готовых инструментальных динамических блоков для CAD-систем, которые содержат информацию об углах обзора с учетом мертвой зоны и распределении пространственного разрешения от камеры видеонаблюдения до определенного объекта съемки.

Пятый шаг – учет освещенности, глубины резкости, контраста и скорости цели наблюдения. При принятии решения по выбору модели видеокамеры необходимо учитывать такие дополнительные параметры, как чувствительность, глубина резкости, настройки диафрагмы и затвора, а также дисторсия объектива\*.

Важно также учесть возможные препятствия, которые могут создать затемнение в зоне обзора, с учетом высоты препятствия и уровня установки камеры. Автоматизация этого шага позволяет повысить эффективность работы разработчика и увеличить точность принимаемых решений.

Шестой шаг – выбор структуры и компонентов локальной вычислительной сети. Расчет архива. После определения расположения и характеристик видеокамер переходим к созданию локальной вычислительной сети (ЛВС) и структурированной кабельной системы (СКС). Особую важность имеет учет требований к архиву видеонаблюдения. Построение ЛВС требует глубокого понимания особенностей объекта, поэтому этот этап сложно автоматизировать. Однако расчет архива и проектирование СКС могут быть выполнены в соответствии с требованиями автоматизации задач\*\*.

Расчет архива видеонаблюдения требует внедрения автоматизации для более точных результатов. Этот процесс хоть и может быть автоматизирован, но все же подразумевает наличие опыта у проектировщика, так как он включает некоторую субъективность. В процессе расчета крайне важно учитывать, что современные кодеки сжатия видеосигнала используют переменную скорость передачи данных. Это влияет на требования к пропускной способности Ethernet и может привести к скачкам трафика. Таким образом, важно обеспечить достаточный запас производительности для локальной вычислительной сети (LAN).

Автоматизация проектирования структурированной кабельной системы (СКС) включает в себя несколько этапов. Первоначально

---

\* Озёров Е.И. Как автоматизировать проектирование систем видеонаблюдения? // Системы безопасности. 2018. № 1. С. 78–80.

\*\* Там же.

необходимо заполнить журнал учета кабелей и соответствующим образом промаркировать оборудование. Кроме того, важно рассчитать необходимое количество коробок и лотков с учетом информации, предоставляемой самими производителями СКС, шкафов и кабельных систем.

Важно отметить, что, несмотря на возможность автоматизации проектирования архива и ЛВС, без специализированных знаний и навыков проектировщика инструменты автоматизации могут давать большие погрешности вычислений. Проектировщик должен понимать специфику объекта для грамотного построения ЛВС, поэтому данный этап слабо поддается автоматизации. Для автоматизации этого шага используются бесплатные утилиты или онлайн-сервисы.

Седьмой шаг – проектирование наблюдательного поста, выбор подходящего программного обеспечения (ПО) и сервера для системы видеонаблюдения. Конструирование наблюдательного поста имеет первостепенное значение и требует тщательного обдумывания. Конкретные задачи, которые должна решать система, диктуют выбор соответствующих программных модулей для проекта. Такие факторы, как размер системы, предпочтения разработчика камеры и другие соображения, также влияют на выбор ПО. Производители часто предоставляют рекомендации по минимальным требованиям к серверу. При выборе сервера важно учитывать такие факторы, как количество каналов для записи и отображения, параметры видеопотока и возможности использования процессора и видеокарты для выполнения дополнительных аналитических функций. Чтобы автоматизировать процесс выбора сервера, можно воспользоваться бесплатными утилитами или онлайн-сервисами, предоставляемыми производителями оборудования.

Проектирование наблюдательных пунктов требует более конкретный набор задач. Это предполагает учет человеко-машинного интерфейса, эргономики рабочей станции, рабочего процесса оператора видеонаблюдения и других соответствующих факторов. Хотя полная автоматизация этого процесса невозможна, в некоторой степени можно использовать инструменты моделирования. Эти инструменты помогают отобразить изображения с камер на нескольких экранах, определить оптимальные размеры и количество мониторов и устанавливать соответствующие расстояния наблюдения. Учитывая уникальные характеристики разрабатываемой системы видеонаблюдения, можно добиться эффективного проектирования наблюдательных пунктов.

Восьмой шаг – заполнение журнала, спецификации. На данном этапе производится заполнение журнала и составление спецификации,

что происходит после принятия всех основных технических решений (ОТР). Этот этап включает подсчет необходимого оборудования, кабельной продукции и расходных материалов. Заполнение журнала и подготовка спецификации являются важными задачами, которые можно эффективно автоматизировать, чтобы повысить производительность работы проектировщика\*.

Для расчета кабельного журнала доступно несколько методов. CAD-системы обладают встроенными функциями расчетов длин линий, что позволит упростить выполнение расчетов. Также можно разработать простые программы с помощью языка программирования ЛИСП.

При расчете спецификации CAD-системы позволяют извлекать количество и атрибуты блоков непосредственно из чертежей, что существенно ускоряет составление спецификаций. Существует более сложный вариант – полная автоматизация этого процесса с использованием программирования на подобных ЛИСП языках.

Девятый шаг – оформление документации. Помимо разработки оперативно-технического задания (ОТР) для системы видеонаблюдения необходимо обратить внимание на правильное оформление документации. Принятые решения следует корректно оформлять в проектной или рабочей документации. Данный шаг можно автоматизировать уже на этапе рабочего проектирования (РП).

CAD-системы предоставляют разнообразные инструменты для автоматизации оформления документации, что упрощает создание заключительной документации.

Одно из основных преимуществ специализированного ПО для проектирования видеонаблюдения заключается в повышении качества проектных решений. В отличие от множества бесплатных инструментов платное ПО предлагает расширенный функционал, позволяющий оптимизировать и обосновать технические решения.

Современные CAD-системы обладают особенностью: они предоставляют простые и эффективные инструменты для создания трехмерных моделей объектов на основе двухмерных схем. Это позволяет учесть такие факторы, как высота установки камер, влияние затенений от препятствий на зону обзора и визуальную оценку правильности размещения камер в соответствии со спецификой объекта.

---

\* Озёров Е.И. Как автоматизировать проектирование систем видеонаблюдения? // Системы безопасности. 2018. № 1. С. 78–80.

Использование САПР-систем предоставляет целый ряд возможностей. Во-первых, эти системы позволяют создавать трехмерные модели объектов и визуализировать изображения, полученные с помощью установленной видеокамеры. Это позволяет получить визуальное представление о том, как система видеонаблюдения будет работать в конкретной среде.

Во-вторых, САПР-системы позволяют создавать дополнительные 3D-модели, такие как люди, транспортные средства, турникеты, барьеры и другие элементы. Это помогает оценить, как система наблюдения будет взаимодействовать с различными объектами и сценариями.

САПР-системы также способны учитывать некоторые дополнительные факторы. Сюда входят такие факторы, как освещенность объекта, чувствительность камеры, открытие диафрагмы (F-число), влияние движения объекта в течение заданного времени экспозиции, искажение объектива, влияющее на пространственное разрешение, и вызванное камерой затенение в области обзора. Учет этих факторов облегчает создание более точных проектных решений.

Наконец, использование САПР-систем имеет особое значение при разработке автоматизированных систем видеонаблюдения для промышленных предприятий, таких как «Кристалл». Точность в принятии проектных решений и способность их обосновывать становятся основой для эффективного функционирования таких систем.

### **Сведения об авторах**

**Рубцов Юрий Федорович** – доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: rehino@permink.ru

**Минин Валентин Валерьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КС-19-16, г. Пермь, e-mail: valentinminin44@gmail.com

**А.С. Свитек, Л.А. Мыльников**

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ОБ ОБЪЕКТАХ НЕДВИЖИМОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА**

Приводится разработанная методика, позволяющая подготовить данные об объектах недвижимости с целью их дальнейшего анализа. Дано обоснование актуальности проведения исследования. Данные для исследования взяты из открытых источников с объявлениями о продаже жилой недвижимости на первичном и вторичном рынках. Методика позволяет идентифицировать аномальные значения, вставить пропущенные и заменить некорректные значения. Разработанную методику можно будет использовать при необходимости подготовить данные о характеристиках объектов недвижимости для их последующей передачи в алгоритмы машинного обучения, визуализации или пользователям информационных систем.

**Ключевые слова:** объекты недвижимости, подготовка данных, аномалии в данных, корректность значений, анализ данных.

**A.S. Svitek, L.A. Mylnikov**

## **DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR PREPARING DATA ON REAL ESTATE OBJECTS FOR ANALYSIS**

The article presents the developed methodology, which allows to prepare data on real estate objects for the purpose of their further analysis. The rationale for the relevance of the study is given. The data for the study are taken from public sources with advertisements for the sale of residential real estate in the primary and secondary markets. The methodology allows to identify the anomalous values, insert missing and replace the incorrect values. The developed methodology can be used when it is necessary to prepare data on the characteristics of real estate properties for their subsequent transfer to machine learning algorithms, visualization, or to the users of information systems.

**Keywords:** real estate objects, data preparation, anomalies in the data, correctness of values, data analysis.

**Актуальность.** Инвестирование в недвижимость является одним из самых стабильных и прибыльных инструментов на сегодняшний день. Она является основным активом для многих компаний и частных инвесторов, что подтверждается растущим спросом. Однако принятие решения о инвестировании необходимо сопровождать анализом рынка недвижимости, который позволяет определить текущую ситуацию, потенциальные риски, ценовые тренды и прогнозы на будущее.

Для проведения анализа рынка недвижимости необходимо обрабатывать данные о продажах, ценах, характеристике объектов недвижимости и т.д. Подготовка данных и их последующая обработка позволяет получить более точную картину ситуации на рынке и сделать более обоснованный выбор при инвестировании [1].

**Методология.** Разработанная методика подготовки данных состоит из следующей последовательности действий:

1. Определение типа данных анализируемой характеристики объекта недвижимости.
2. Определение аномалий в данных и анализ причин их появления.
3. Определение коррелируемых и логически связанных характеристик по отношению к анализируемой.
4. Выбор характеристик, в зависимости от которых будет производиться ее корректировка.
5. Определение шага дискретизации в случае непрерывной величины.
6. Установление соответствия между интервалами или дискретными (в том числе качественными) величинами и значениями анализируемой характеристики.
7. Проверка адекватности новых значений взамен пропущенных или аномальных.
8. Повторение п.п. 2–7 в случае отрицательного результата в п. 7.

При этом в зависимости от особенностей конкретной характеристики некоторые пункты методики могут быть исключены из последовательности операций [2]. Для наглядной демонстрации возможностей и результативности методики рассмотрим ее применение на нескольких примерах.

**Применение методики.** Построим матрицу корреляции между характеристиками объектов недвижимости (таблица).

Коэффициент корреляции изменяется в пределах от  $-1$  до  $+1$ , что визуализировано цветовой палитрой, в которой темно-красный цвет означает максимальную отрицательную корреляцию, а темно-зеленый – положительную [3].

Как видно из таблицы, наибольшая корреляция наблюдается с характеристикой «Жилая площадь», однако доля тех строк, где она заполнена и при этом отсутствует анализируемая характеристика мала, поэтому рассмотрим другие характеристики, представленные на рис. 1.

Рассмотрим пример заполнения отсутствующих или некорректных значений в столбце «Общая площадь».

## Матрица корреляции между характеристиками объектов недвижимости

| Характеристики    | Общая площадь | Стоимость | Этаж | Этажей в доме | Площадь кухни | Жилая площадь | Количество комнат | Год постройки |
|-------------------|---------------|-----------|------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|
| Общая площадь     | 1,00          | 0,74      | 0,16 | 0,17          | 0,43          | 0,92          | 0,63              | 0,03          |
| Стоимость         | 0,74          | 1,00      | 0,31 | 0,36          | 0,53          | 0,55          | 0,46              | 0,07          |
| Этаж              | 0,16          | 0,31      | 1,00 | 0,66          | 0,20          | 0,09          | 0,00              | 0,08          |
| Этажей в доме     | 0,17          | 0,36      | 0,66 | 1,00          | 0,27          | 0,07          | -0,02             | 0,11          |
| Площадь кухни     | 0,43          | 0,53      | 0,20 | 0,27          | 1,00          | 0,17          | 0,28              | 0,05          |
| Жилая площадь     | 0,92          | 0,55      | 0,09 | 0,07          | 0,17          | 1,00          | 0,56              | 0,01          |
| Количество комнат | 0,63          | 0,46      | 0,00 | -0,02         | 0,28          | 0,56          | 1,00              | -0,02         |
| Год постройки     | 0,03          | 0,07      | 0,08 | 0,11          | 0,05          | 0,01          | -0,02             | 1,00          |

На графиках рис. 1 наблюдается линейное возрастание общей площади объекта с увеличением стоимости и количества комнат. При этом наблюдаются выбросы в данных, так, например, в выборке имеется всего один объект площадью более 400 м<sup>2</sup> и стоимостью более 80 млн руб. Большая часть объектов имеет площадь до 200 м<sup>2</sup> и стоимость до 20 млн руб. Ситуация с графиком зависимости от количества комнат осложняется тем, что достаточно большое количество точек перекрываются. Это говорит о том, что объекты с разным количеством комнат имеют одинаковую площадь.

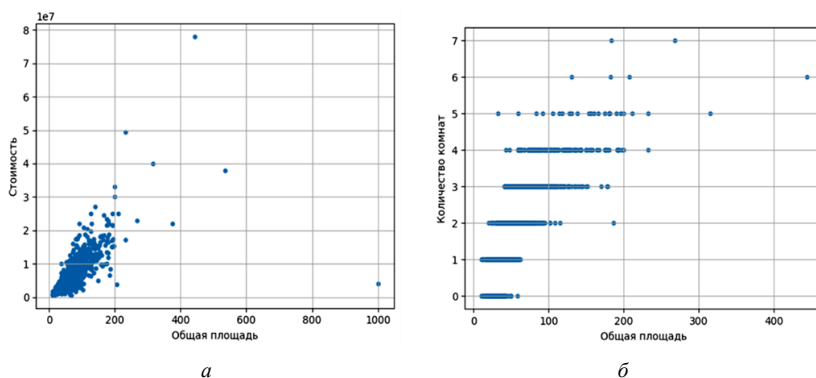


Рис. 1. Графики зависимости общей площади от стоимости (а)  
и от количества комнат (б)

Механизм заполнения пропущенных значений был выбран следующий: задаем дельту  $\Delta$ , в пределах отклонения от стоимости рассматриваемого объекта недвижимости которой формируем массив объектов [4]; затем фильтруем этот массив по количеству комнат рассматриваемого объекта; затем находим среднее значение среди оставшихся объектов в массиве. Аномальные выбросы имеются, однако они не имеют противоречия с реальностью, поэтому их удаление или замена в данном случае не требуется.

Рассмотрим пример заполнения отсутствующих значений у характеристики «ремонт». Корреляция с другими характеристиками не наблюдается. Из гистограммы типа ремонта от количества упоминаний в выборке, представленной на рис. 2, видно, что подавляющее большинство объектов имеют косметический тип ремонта. В более чем 2,5 раза меньше объектов с евроремонтом и отсутствующим ремонтом. И в 5 раз меньше встречается в выборке дизайнерский ремонт. Это дает основание полагать, что наиболее распространенный тип ремонта «косметический» может быть выбран в качестве заполнения отсутствующих значений.

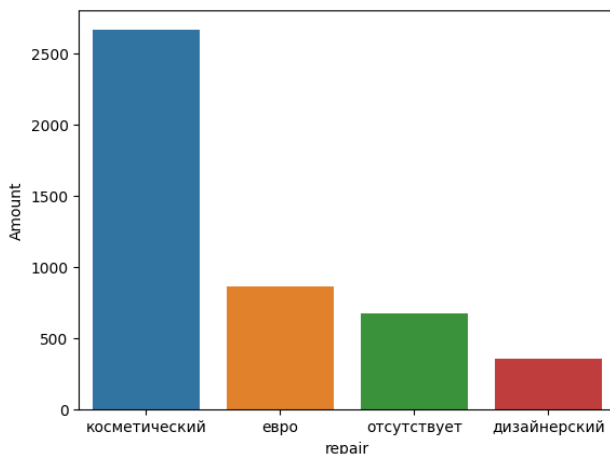


Рис. 2. Гистограмма типа ремонта от количества упоминаний в выборке

Рассмотрим еще один пример заполнения пропущенных значений характеристики «тип дома». Построим диаграммы рассеяния (рис. 3) для этой характеристики в зависимости от количества этажей в доме и года постройки [5].

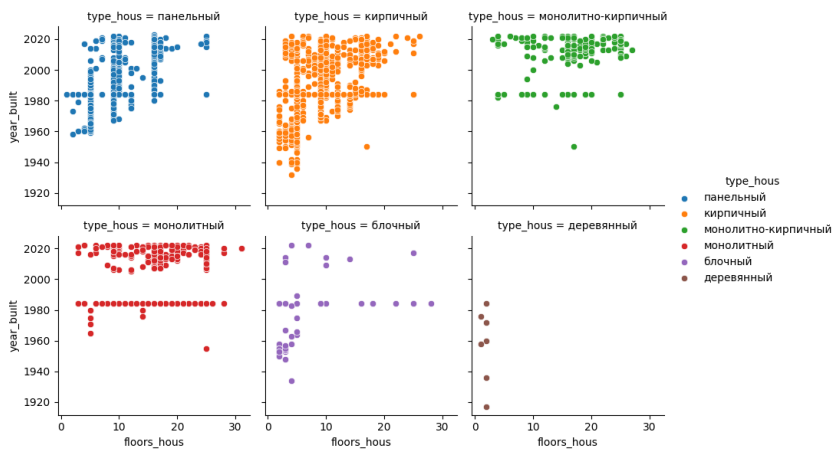


Рис. 3. Диаграммы рассеяния для группы «тип дома»

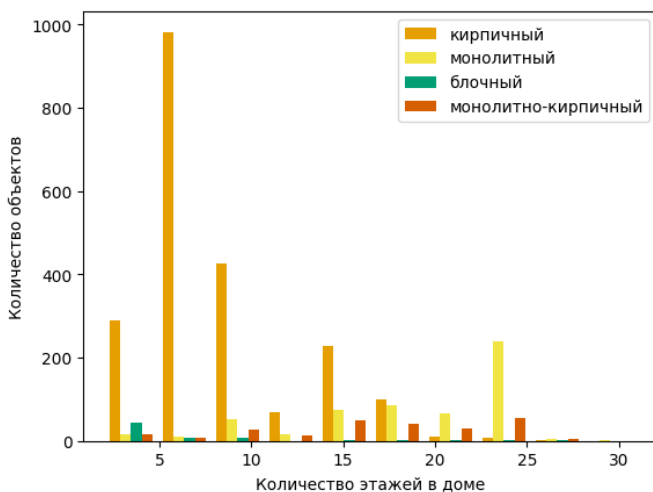


Рис. 4. Сравнительная гистограмма количества объектов от типа дома и количества этажей в нем

Анализ диаграмм на рис. 3 показывает, что можно выявить определенные тенденции, связанные с типом дома и его двумя характеристиками, такими как количество этажей и год постройки. Деревянный тип дома находится в диапазоне 1–2-этажности и не превышает 1990 г. постройки. Панельные дома построены позже 1960 г. и имеют четко вы-

раженные вертикальные линии, которые говорят о том, что большинство таких домов имеют 5, 9 и 10-этажность. Кирпичные дома строились на протяжении последних 100 лет и имеют различную этажность, однако с увеличением года постройки линейно возрастает и этажность таких домов. Монолитные и монолитно-кирпичные дома в основном построены после 2000 г. и имеют этажность свыше 15 этажей.

По анализу диаграммы можно сформировать набор правил, с помощью которых выстроить процесс заполнения пустых значений. Сначала заполняются те объекты, которые имеют высотность 1–2 этажа и построены до 1990 г., значениями «деревянный» тип дома. Затем заполняются объекты высотностью 5, 9 и 10 этажей как «панельные». Затем заполняются дома в 15 и более этажей как монолитные и монолитно-кирпичные по наибольшему количеству объектов согласно гистограмме на рис. 4. Оставшимся строкам присваивается тот тип дома, который имеет наибольшее количество объектов данной этажности.

**Выводы.** Апробация разработанной методики прошла успешно. Все отсутствующие значения заполнились. Анализ графиков с новыми значениями не выявил аномалий или некорректности в данных. Установление соответствий между анализируемой характеристикой и зависимыми было показано на различных диаграммах и примерах. Однако применение методики не ограничивается представленными примерами и может быть распространено и на другие характеристики объектов недвижимости, например количество комнат, способ продажи, жилая площадь, наличие балкона, тип комнат и др.

### **Библиографический список**

1. Голикова В.А., Федорова П.А. Анализ рисков инвестирования в недвижимость в современных реалиях // Проблемы управления – 2022: материалы 30-й Всерос. студ. конф., г. Москва, 27 апреля 2022 г. / Гос. ун-т управ.– М., 2022. – Т. 1. – С. 71–73.
2. Мыльников Л.А., Селедкова А.Б. Способ выбора метода прогнозирования и горизонта планирования параметров с использованием оценки риска // Информационные технологии. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 97–103.
3. Борисова А.А. Метод парной корреляции и регрессии зависимости роста цены на недвижимость от курса доллара // Журнал У. Экономика. Управление. Финансы. – 2018. – № 4 (14). – С. 71–78.

4. Саушкин А.С., Шилова Н.П., Петрова Е.И. Основные ценообразующие факторы и их влияние на жилую недвижимость города Воронежа // Финансовый вестник. – 2023. – № 1 (60). – С. 91–96.

5. Филина Е.В. Моделирование и визуализация данных на языке программирования Python с помощью библиотеки Plotly в различных областях знаний // Вестник Саратовского областного института развития образования. – 2020. – № 1 (21). – С. 81–88.

### **Сведения об авторах**

**Свитек Антон Станиславович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-1м, г. Пермь, e-mail: antoxa.svitek@mail.ru

**Мыльников Леонид Александрович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий научно-учебной лабораторией междисциплинарных эмпирических исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: lamylnikov@hse.ru

**С.И. Советов, С.Ф. Тюрин**

## **ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО LUT FPGA**

Рассматривается топологическое моделирование предлагаемого логического элемента LUT, который реализует несколько функций одновременно. Таблица истинности является базовым элементом программируемой логической интегральной схемы. Моделирование проводилось в системе проектирования специализированных интегральных схем Microwind. Продемонстрирована работоспособность топологии многофункционального LUT с оценкой занимаемой площади на кристалле, потребляемой мощности и задержки.

**Ключевые слова:** ПЛИС, LUT, передающие транзисторы, таблица истинности, логическая функция.

**S.I. Sovetov, S.F. Tyurin**

## **LAY-OUT SIMULATION OF MULTIFUNCTIONAL LUT FOR FPGA**

This article discusses modeling a logical element (LUT – look up table) topology that implements multiple functions at the same time. Look up table is the basic element of a field programmable gate array (FPGA). The simulation was carried out in the Microwind ASIC design system. The operability of the topology of a multifunctional LUT is demonstrated with an estimate of the area occupied on a chip, power consumption, and delay.

**Keywords:** FPGA, LUT, transmitting transistors, truth table, logic function.

Исследование конфигурации базового логического элемента ПЛИС проводится для улучшения функциональности кристалла с сохранением его площади и энергоэффективности. Базовый элемент в виде таблицы истинности (LUT – Look Up Table) представляет собой дерево передающих транзисторов, которые используются для реализации логических функций нескольких переменных [1]. В предыдущих работах была предложена схема использования неактивных передающих транзисторов для реализации дополнительных функций в одном LUT [2, 3]. Было реализовано электротехническое моделирование, демонстрирующее работоспособность схемы, и приведено сравнение сложности по количеству используемых транзисторов, иллюстрирующее преимущество конфигурации [4–6]. В данной работе приводится

результат моделирования топологии исследованных конфигураций LUT трех переменных, которая реализует четыре функции.

**Моделирование топологии LUT трех переменных.** Моделирование проводилось в системе проектирования специализированных интегральных схем Microwind [7] по технологии 32 нм. Топология транзистора *n*-типа состоит из четырех компонентов: затвор, контактные окна сток-исток, металлизация на контактных окнах, область *n*-проводимости (рис. 1).



Рис. 1. Топология nMOS (N-type metal-oxide-semiconductor)

Топология транзистора *p*-типа состоит из пяти компонентов: затвор, контактные окна сток-исток, металлизация на контактных окнах, область *p*-проводимости и карман *n*-типа (рис. 2).

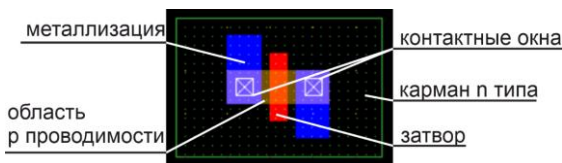


Рис. 2. Топология pMOS (P-type metal-oxide-semiconductor)

Топология инвертора представляет собой комбинацию транзисторов *n*- и *p*-типов, объединенных общим затвором, выход которого реализуется через общий сток (рис. 3).

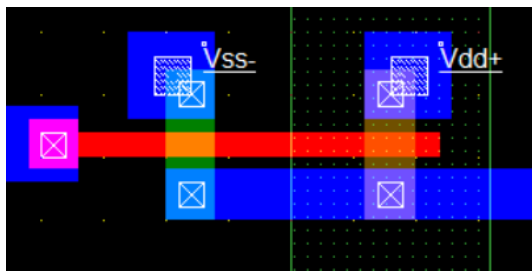


Рис. 3. Топология инвертора

Общая схема LUT трех переменных, реализующая четыре функции, представлена на рис. 4.

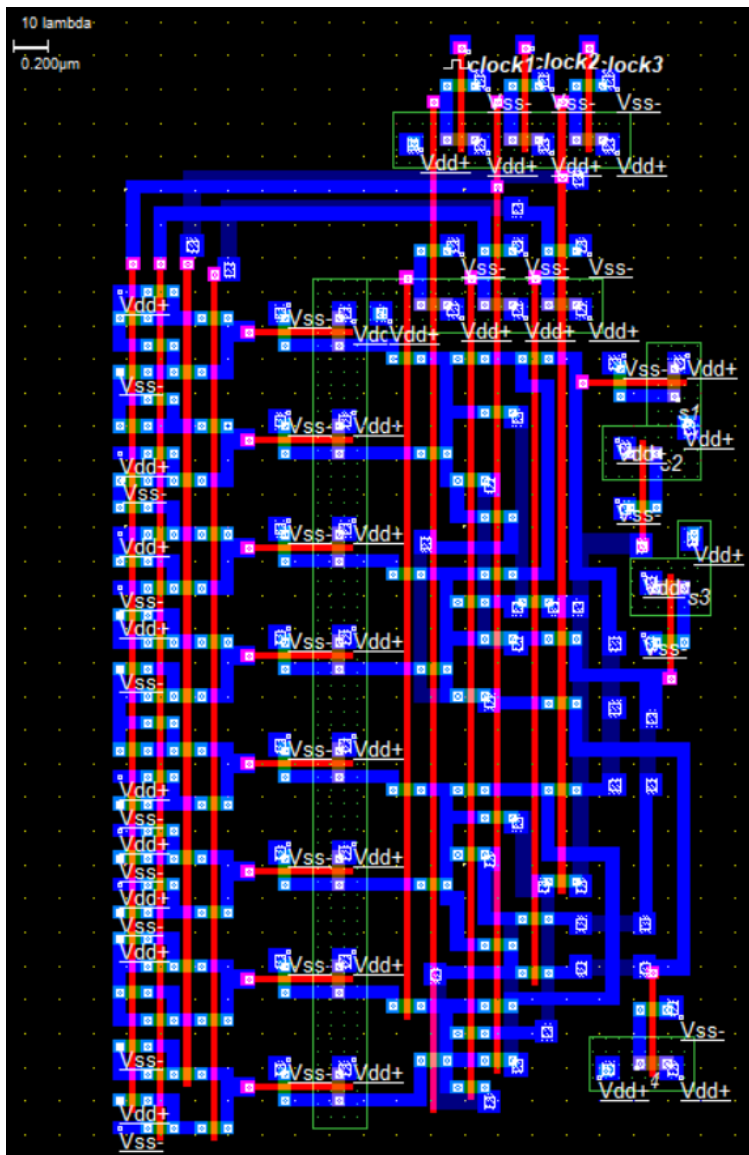


Рис. 4. Топология LUT трех переменных, реализующая четыре функции

Конфигурация логических функций задается из статической памяти SRAM (Static Random Access Memory), реализуется в виде высокого уровня напряжения и заземления (логические единица и ноль соответственно). Подключение настроек функций выполняется с помощью передающих транзисторов настройки, которые управляются с помощью третьей (clock3) и второй (clock2) переменных. Сигналы переменных (clock1, clock2, clock3) задаются в формате кода Грея. Результаты моделирования четырех функций: исключающее ИЛИ (s1), мажоритарная (s2), дизъюнкция (s3) и конъюнкция (s4) (рис. 5).

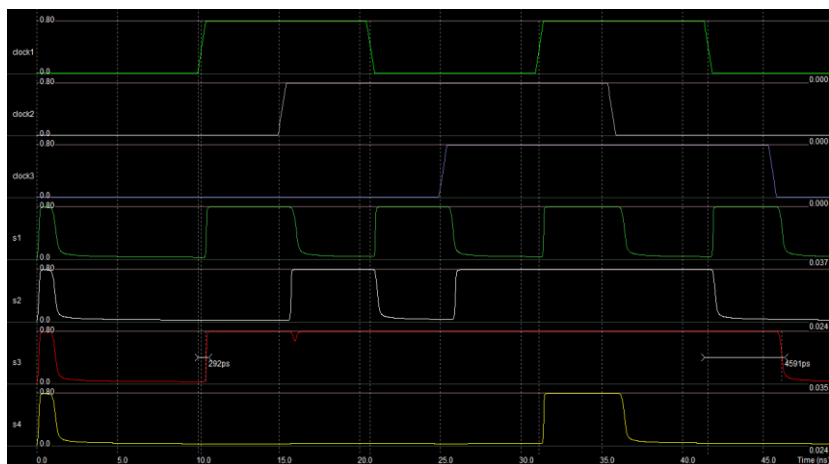


Рис. 5. Моделирование LUT трех переменных, выполняющей четыре функции одновременно

Моделирование выполнялось по реальной модели BSim4. Общее время моделирования составляло 50 нс. Напряжение нарастания и спада составляло 0,5 нс. Задержка в таком случае составляла 292 пс. Сигнальное напряжение задавалось равным 0,8 В. Результирующая потребляемая мощность составила 2,9 мкВт. Площадь, занимаемая LUT трех переменных на кристалле, составляет 23,2 мкм<sup>2</sup> и использует 98 pMOS и 18 nMOS транзисторов.

**Выводы.** Приведено моделирование топологии LUT трех переменных, выполняющей четыре функции одновременно. Продемонстрирована работоспособность схемы многофункционального LUT для трех переменных. Существующая реализация позволяет предположить ра-

ботоспособность LUT для большего числа переменных. В дальнейшей работе будет реализована оптимизация по использованию площади и потребляемой мощности для различных конфигураций LUT.

### **Библиографический список**

1. Пат. 2637462 Рос. Федерация, МПК G11C17/00. Программируемое логическое устройство / Тюрин С.Ф., Прохоров А.С.
2. Строгонов А., Городков П. Современные тенденции развития ПЛИС: от системной интеграции к искусственному интеллекту // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2020. – № 4 (195). – С. 46–56.
3. Sovetov S., Tyurin S. Multifunctional LUT for FPGA // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016.
4. Vikhorev R. Universal logic cells to implement systems functions // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016. – P. 404–406. DOI: 10.1109/EIConRusNW.2016.7448197
5. Vikhorev R. Improved FPGA logic elements and their simulation // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2016. – P. 275–280. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317080
6. Skornyakova A., Vikhorev R. Self-Timed LUT Layout Simulation // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – 2020. – P. 176–179. DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039374
7. Microwind & Dsch Version 3.8. – URL: <https://www.microwind.net/> (accessed 10 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Советов Станислав Игоревич** – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fizikoz@gmail.com

**Тюрин Сергей Феофентович** – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru; профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

**В.А. Щапов, Р.Ю. Софронов**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПАТТЕРНОВ НА СНИМКАХ ЛАБОРАТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ**

Посвящена автоматизации выявления паттернов на снимках лабораторных моделей атмосферы с помощью спутниковых снимков. Предлагается использовать пороговую фильтрацию, квантизацию палитры изображения, поиск плотного оптического потока и сегментацию методом водораздела. Результаты исследования демонстрируют значительное сокращение времени и усилий для анализа изображений, что может способствовать повышению эффективности прогнозирования и мониторинга атмосферных явлений.

**Ключевые слова:** автоматизация, выявление паттернов, пороговая фильтрация, кластеризация, плотный оптический поток, сегментация методом водораздела.

**V.A. Shchapov, R.Yu. Sofronov**

## **AUTOMATION OF PATTERN RECOGNITION IN LABORATORY MODEL ATMOSPHERIC IMAGES**

The article is devoted to the automation of pattern recognition in laboratory model atmospheric images using satellite imagery. The work proposes the use of threshold filtering, image palette quantization, dense optical flow search and segmentation using the watershed method. The research results demonstrate a significant reduction in time and effort for image analysis, which can contribute to increased efficiency in forecasting and monitoring atmospheric phenomena.

**Keywords:** automation, pattern recognition, threshold filtering, clustering, dense optical flow, segmentation using the watershed method.

С каждым годом число запускаемых спутников, которые обеспечивают поставку высококачественных изображений, увеличивается. Эти изображения используются во многих сферах деятельности. Однако широкое использование спутниковых снимков затрудняется из-за сложности или отсутствия подходящего инструментария для конкретной задачи. Кроме того, важно не только получать информацию с таких изображений, но нужно уметь анализировать и обрабатывать эти данные.

Наблюдение за динамическими процессами на определенной территории может дать много важной информации. Эта проблема затрагивает многие отрасли науки, так как информация, получаемая со спутниковых изображений, очень разнообразна и велика.

Спутниковые снимки (рис. 1) особенно широко используются для наблюдения за опасными метеорологическими явлениями и неблагоприятными погодными условиями.

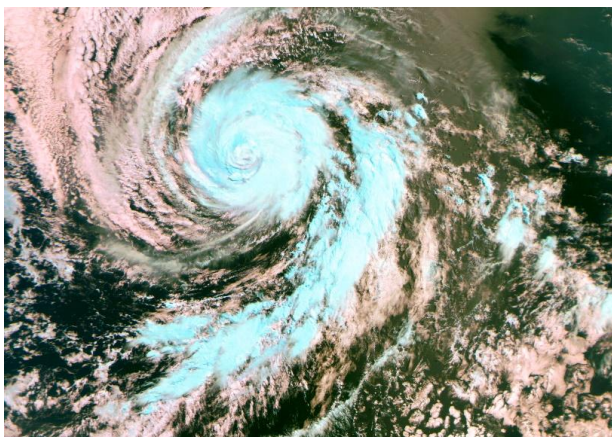


Рис. 1. Пример получаемых спутниковых снимков

Опасные атмосферные явления являются наиболее заметным проявлением нестабильности климата. За последние 20 лет их количество на территории Российской Федерации увеличилось из-за значительных колебаний климата [1]. Иногда они имеют катастрофический характер и приводят к большим материальным потерям для экономики страны [2]. Решения, принимаемые в разных странах на основе информации от гидрометеорологических служб и аналитиков климата, играют важную роль в жизни и экономическом благополучии многих людей по всему миру. В нашем распоряжении есть снимки, показывающие динамику в лабораторных моделях атмосферы (рис. 2).

Подобные изображения может рассматривать человек и выявлять паттерны и направления движения, но это достаточно трудоемкая задача, которая требует высокой концентрации. Наша идея – автоматизировать этот процесс.

В рамках исследования было выдвинуто несколько гипотез:

1. Мы сможем эффективно очищать исходные данные при помощи пороговой фильтрации и последующей квантизации палитры изображения. Эти методы позволяют сгладить шумы и избавиться от избыточных данных.

2. Мы сможем получить информацию о паттернах движения при помощи поиска плотного оптического потока.

3. Мы сможем сегментировать полученное изображение оптического потока, выделив отдельные циркуляционные потоки при помощи метода водораздела.

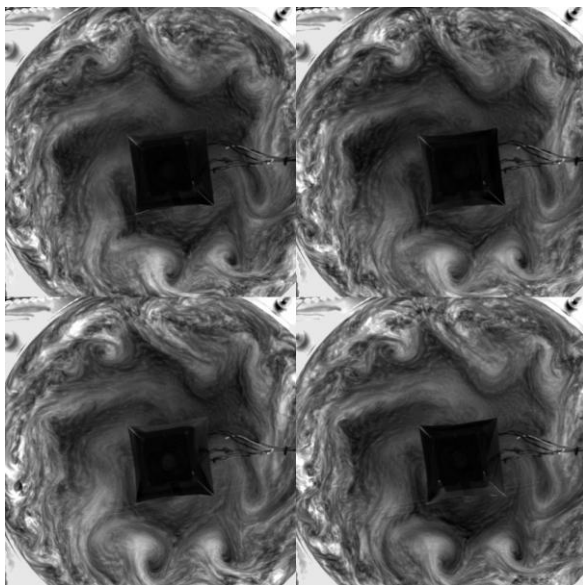


Рис. 2. Снимки лабораторной модели

Для обеспечения корректной работы алгоритма Гуннара Фарнебека изображения необходимо обработать. Для этого мы используем фильтрацию изображений с использованием двух методов:

1. Пороговая фильтрация методом `threshold`. В этом методе мы оцениваем значение каждого пикселя. Если оно меньше порогового значения, то значение пикселя устанавливается равным 0, в противном случае оно остается неизменным.

2. Квантизация (кластеризация цветов) методом `k-means++` для уменьшения палитры изображения.

Квантизация работает по следующему алгоритму:

- выбираем один центр кластера случайным образом из данных;
- для каждой точки данных вычисляем квадрат расстояния до ближайшего уже выбранного центра кластера;

– выбираем следующий центр кластера из данных с вероятностью, пропорциональной квадрату расстояния до ближайшего уже выбранного центра кластера;

– повторяем шаги до тех пор, пока не будет выбрано нужное количество центров кластеров.

Результаты предварительной обработки изображений представлены на рис. 5. В качестве порога для метода threshold установлено значение пикселя, равное 80. Для квантизации выбрано количество кластеров, равное пяти.

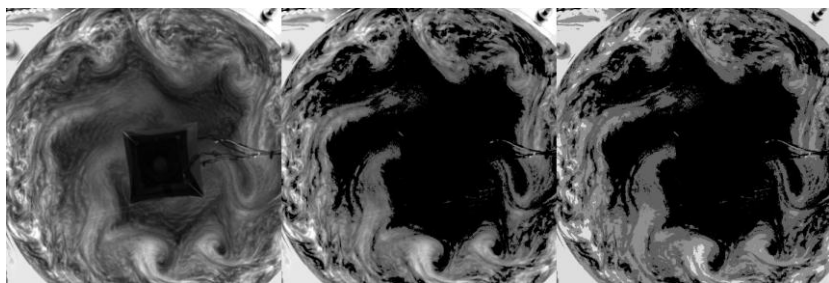


Рис. 3. Результаты предварительной обработки изображения

После предварительной обработки данных мы переходим к нахождению оптического потока. Цель этого метода – нахождение паттернов видимого движения объектов изображения между двумя последовательными кадрами. Для этого используется алгоритм Гуннара Фарнебека [3].

Основные шаги работы этого метода:

1. Предварительная фильтрация. Применяется гауссовская фильтрация для сглаживания изображения и удаления шумов. Это делается для того, чтобы оптический поток был более устойчивым.

2. Вычисление градиентов. Вычисляются горизонтальный и вертикальный градиенты яркости изображения. Они нужны для определения направления движения.

3. Выделение особых точек. На изображении выделяются точки, которые имеют высокий градиент и могут быть хорошо отслежены на соседних кадрах. Это обычно углы, контуры и текстуры.

4. Поиск соответствий. Для каждой особой точки на текущем изображении находится наиболее похожая точка на следующем изображении. Это делается путем минимизации какой-либо метрики расстояния в окрестности точки.

5. Вычисление оптического потока. На основе найденных соответствий вычисляются векторы перемещения точек, которые представляют собой оптический поток.

Результат работы метода представлен на рис. 4.

Для сегментации и выделения циркуляционных потоков мы использовали метод водораздела, который основан на представлении изображения в виде поверхности, где интенсивность пикселя соответствует высоте (рис. 3). В результате применения метода водораздела получим разделенные области, соответствующие разным циркуляционным потокам на изображении.

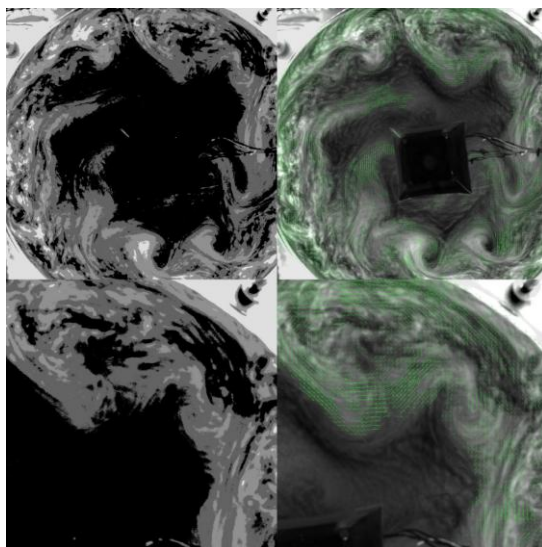


Рис. 4. Визуализация найденного плотного оптического потока

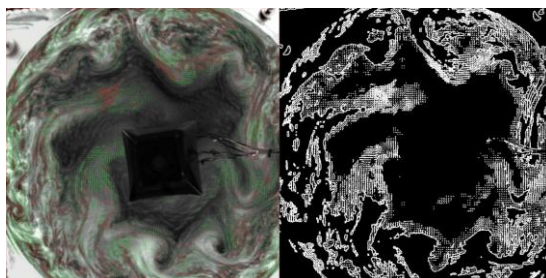


Рис. 5. Результат обработки методом водораздела

Автоматизация процесса выявления паттернов на снимках лабораторных моделей атмосферы является важным шагом для разработки инструментов, способных анализировать и обрабатывать большие объемы данных, получаемых со спутниковых снимков.

В ходе исследования были разработаны и применены методы для предварительной обработки изображений и вычисления оптического потока. Сегментацию циркуляционных потоков на данном этапе работы реализовать не удалось. Результаты демонстрируют значительное сокращение времени и усилий для анализа изображений, что может способствовать повышению эффективности прогнозирования и мониторинга атмосферных явлений.

### **Библиографический список**

1. Коршунов А.А., Шаймарданов В.М., Шаймарданов М.З. Система накопления и обработки данных об опасных гидрометеорологических явлениях в России // Метеорология и гидрология. – 2019. – № 3. – С. 86–92.
2. Оганесян В.В., Стерин А.М. Расчет потенциального финансового ущерба от опасных и неблагоприятных метеорологических явлений на территории Российской Федерации в 1987–2017 гг. // Метеорология и гидрология. – 2019. – № 12. – С. 97–108.
3. Two-frame motion estimation based on polynomial expansion // SCIA'03: Proceedings of the 13th Scandinavian conference on Image analysis. – 2003. – P. 363–370.

### **Сведения об авторах**

**Щапов Владислав Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: vladislav@shchapov.ru

**Софронов Роман Юрьевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ4-22-1м, г. Пермь, e-mail: ryusofronov@gmail.com

**А.Е. Старков, А.А. Широков**

## **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОИСКА УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Рассматривается разработка прототипа информационной системы для поиска узкоспециализированной информации. Предложены критерии системы, что позволит повысить качество поиска.

**Ключевые слова:** разработка прототипа, узкоспециализированная информация, специальные сервисы для поиска профессиональной информации.

**A.E. Starkov, A.A. Shyrovkov**

## **DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF INFORMATION SYSTEM FOR SEARCH OF HIGHLY SPECIALIZED INFORMATION**

The paper considers the development of a prototype of an information system for searching highly specialized information. The criteria of the system are proposed, which will improve the quality of the search.

**Keywords:** prototype development, highly specialized information, special services for professional information search.

Существующие интернет-системы не могут обеспечить качественный поиск профессиональной информации. При обращении к сетям открытого доступа сталкиваются с определенными проблемами, которые мешают дальнейшему изучению профессиональной области. Человеку приходится тратить большие временные ресурсы на поиск необходимой информации.

Наиболее популярными в сетях для поиска профессиональной информации являются следующие группы:

- поисковые системы (Google, Яндекс и т.д.);
- социальные сети (ВК, Facebook и т.д.);
- специальные сервисы для поиска профессиональной информации (Habr, Troger и т.д.).

Рассмотрим недостатки систем поиска информации применительно к профессиональной информации.

Поисковые запросы могут справиться с поиском простых и общих запросов, но если речь идет о поиске профессиональной информации,

которая требует узкоспециализированных знаний, то поисковые запросы не всегда могут дать достоверную и полную информацию [1]. Это связано с тем, что в поисковых запросах используются ключевые слова, которые могут быть неправильно интерпретированы поисковой системой. Кроме того, информация, найденная через поисковые запросы, может быть устаревшей, неточной или представлять собой только одну сторону проблемы [4].

Рассмотрим проблемы поиска профессиональной информации в популярных поисковых системах:

**Информационный шум:** многочисленные источники и большой объем информации в Сети могут привести к тому, что найти качественную, актуальную и правдивую информацию может быть сложно.

**Неполнота и несовершенство баз данных:** не все источники информации имеют доступ к полной и точной информации. Информация на сайтах может быть устаревшей, неполной или даже ошибочной.

**Языковые барьеры:** многие источники находятся на разных языках, что затрудняет доступ к обширной информации.

**Неточность запросов:** если запрос неправильно сформулирован, то может быть трудно найти нужную информацию.

**Сложность анализа информации:** когда информации много, то может оказаться сложным извлечь из нее нужную, анализировать и структурировать ее.

**Выводы:** алгоритмы поисковых систем не предназначены для поиска узкоспециализированной информации.

Социальные сети также не ориентированы на поиск профессиональной информации. Недостатками здесь являются следующие элементы.

**Информационный перегруз.** Социальные сети содержат огромное количество неотсортированной информации, что создает проблему выбора и поиска нужной информации.

**Низкое качество информации.** В социальных сетях много фейковой и непроверенной информации, что может привести к ошибкам и заблуждениям.

**Ограничения поиска.** Некоторые социальные сети имеют ограничения на поиск информации, например скрытие определенных постов или аккаунтов.

**Сложность поиска.** Поиск информации в социальных сетях может быть сложным и затратным по времени.

**Неполная информация.** Некоторые пользователи могут скрывать информацию о себе или своих активностях в социальных сетях, что затрудняет поиск нужной информации.

**Некачественная обработка поисковых запросов.** Алгоритмы поиска в социальных сетях могут быть недостаточно точными, что может вести к неправильным результатам поиска.

**Выводы:** в социальных сетях люди, как правило, не занимаются поиском профессиональной информации.

**Отсутствие контроля за качеством:** в существующих системах любой может публиковать информацию, не проходя при этом проверку на достоверность, что приводит к распространению ложной информации. Необходимо создать качественную систему регистрации и аутентификации для подтверждения своей личности.

**Анонимность:** виртуальный мир облегчает создание анонимных аккаунтов и публикацию информации, что может привести к распространению недостоверной информации и заблуждений.

**Влияние алгоритмов:** некоторые сервисы в области информационных технологий могут изменять контент, предлагаемый пользователю в зависимости от его интересов и предпочтений, что может привести к формированию искаженного восприятия. Необходимо разработать алгоритмы, которые будут постоянно переобучаться для достижения наилучшего результата в поиске.

**Фрагментация информации:** из-за разделения на разные источники и платформы информация может быть распределена и фрагментирована, что приводит к затруднению доступа к полному и качественному ее анализу.

Необходимо создать мультисервис, в котором поиск информации будет осуществляться исходя из интересов пользователя без дополнительных навязчивых предложений с интуитивным интерфейсом для обеспечения легкого взаимодействия и получения необходимой информации в любой интересующей пользователя области.

**Технические проблемы:** сбои в интернете, технические проблемы и перегрузки могут привести к недоступности информации или ее неожиданному изменению, что усложняет ее анализ. Необходимо создать отказоустойчивую систему с резервированием, личным облаком пользователя и другими средствами резервирования информации.

Исходя из описанных проблем сервис для поиска узкоспециализированной информации должен быть удобным, быстрым и точным. Вот несколько основных критериев, которым должен соответствовать сервис для поиска информации:

**Интуитивно понятный интерфейс:** пользователь должен сразу понимать, как пользоваться сервисом, как вводить запросы, как сортировать результаты поиска и т.д.

**Высокая скорость:** сервис должен отвечать на запросы максимально быстро, так как пользователи не любят ждать.

**Точность результатов:** поисковая система должна выдавать наиболее релевантные результаты, т.е. учитывать контекст запроса и оценивать качество источников информации.

**Возможность фильтрации результатов:** пользователи должны иметь возможность фильтровать результаты поиска по разным параметрам, таким как дата, тип контента и т.д.

**Обширная база данных:** для того чтобы сервис был полезен, он должен иметь доступ к обширной пополняемой базе данных, которая будет обеспечивать большой объем информации на различные профессиональные темы.

**Гибкость:** сервис должен иметь возможность адаптироваться к различным типам запросов и учитывать многообразие пользовательских предпочтений.

**Безопасность:** важно, чтобы сервис для поиска информации был надежным, обеспечивал безопасность пользовательских данных и подлинность поисковых данных.

Кроме непосредственно поиска, целесообразно включить в функции такой системы возможность создания профессионального сообщества, взаимодействия его членов, обмена используемой информации.

### Библиографический список

1. Самые популярные соцсети в России: лидеры меняются. – [Электронный ресурс] // БКС Экспресс. – URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/samye-populiarnye-sotsseti-v-rossii-lidery-meniaiutsia> (дата обращения: 11.11.2022).

2. Статистика социальных сетей в России 2021 [Электронный ресурс] // Livedune. – URL: [https://livedune.ru/blog/statistika\\_socsetej\\_v\\_rossii/](https://livedune.ru/blog/statistika_socsetej_v_rossii/) (дата обращения: 12.11.2022).

3. Tproger // LIVEDUNE. – URL: <https://tproger.ru/> (accessed 22 May 2023).

4. Лучшие поисковые системы [Электронный ресурс] // LIVEDUNE. – URL: [https://distolymp2.spbu.ru/www/search/engines\\_r.html/](https://distolymp2.spbu.ru/www/search/engines_r.html/) (дата обращения: 23.05.2023).

5. Habr // Livedune. – URL: <https://habr.com/ru/all/> (accessed 22 May 2023).

### **Сведения об авторах**

**Старков Александр Евгеньевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-1м, г. Пермь, e-mail: swix456@gmail.com

**Широков Александр Аркадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные системы автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

**Р.А. Файзрахманов, К.В. Старцева**

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРАВИЛ В ЗАДАЧЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Исследуются методы календарного планирования дискретного производства, а именно применение метода правил к задаче и анализ эффективности метода применения правил. Метод правил основан на применении давно сложившихся правил для решения задачи планирования производства. Также описана схема алгоритма решения задачи календарного планирования.

**Ключевые слова:** планирование производства, оптимизация производства, метод правил, календарный план.

**R.A. Fayzrakhmanov, K.V. Startseva**

## **APPLICATION OF THE RULE METHOD TO THE PROBLEM OF SCHEDULING OF DISCRETE PRODUCTION**

This article examines methods of scheduling discrete production, namely the application of the method of rules to the problem and an analysis of the effectiveness of the method of applying rules. The method of rules is based on the application of long-established rules for solving the problem of production planning. Also, the scheme of algorithm for solving the problem of calendar planning is described.

**Keywords:** production planning, production optimization, method of rules, schedule plan.

Календарное планирование – это эффективный инструмент управления производством. Данная задача заключается в поиске оптимального плана (последовательности) выполнения работ на производстве. Для решения данной задачи существует множество методов и алгоритмов решения, но, несмотря на это, до сих пор не удалось создать универсального и эффективного подхода для решения всех задач.

Одним из методов решения задачи календарного планирования является метод применения правил. Он заключается в том, что есть определенные правила выбора работ на производстве, которые применяются для решения задачи. Ниже перечислены рассмотренные правила предпочтения:

– детали с меньшей трудоемкостью запускаются в обработку первыми;

- детали с большей трудоемкостью запускаются в обработку первыми;
- выбор правила предпочтения существенно зависит от производственных условий и типа производства.

Рассмотрим задачу календарного планирования на примере производственного цеха.

Задача формулируется следующим образом: существует  $N$  деталей, которые подлежат обработке на  $M$  станках, для каждой детали задан маршрут, состоящий из номеров станков, и длительность обработки каждой детали на каждом станке. Следует определить такую последовательность поступления деталей для обработки на каждый станок, чтобы суммарное время обработки было минимальным.

Общая схема применения метода правил следующая.

1. Составляется очередь деталей на каждый станок, при условии, что деталь, выставленная в очередь, не должна обрабатываться на другом станке и должна пройти все предыдущие этапы обработки.

2. На каждом станке из очереди выбирается деталь в зависимости от правила и ставится на обработку на данном станке, при условии, что станок освободился от обработки предыдущей детали и в очереди на станок есть одна и более деталь.

3. После завершения обработки деталь переходит в очередь на следующий этап (станок).

4. Цикл повторяется с п. 2, пока не будут обработаны все детали на всех этапах (станках).

Применим предложенный метод к решению задачи календарного планирования. Задача заключается в следующем: имеется пять деталей, которые необходимо обработать на четырех станках. Длительность обработки  $i$ -й детали на  $j$ -м станке представлена матрицей  $T$ :

$$T = \begin{pmatrix} 10 & 20 & 12 & 10 \\ 12 & 12 & 13 & 34 \\ 30 & 14 & 15 & 21 \\ 21 & 15 & 14 & 15 \\ 23 & 20 & 18 & 17 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Маршрут обработки  $i$ -й детали на  $j$ -м станке представлен матрицей  $Q$ :

$$Q = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

На выходе мы получаем график Ганта:

– Детали с меньшей трудоемкостью запускаются в обработку первыми (рис. 1).

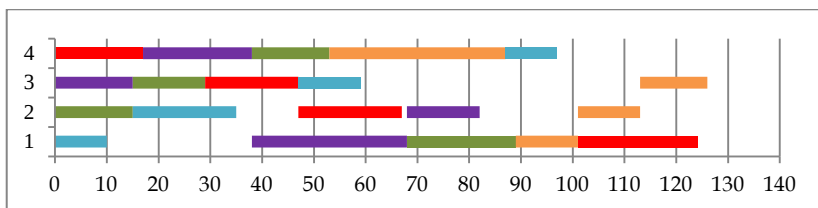


Рис. 1. График Ганта

– Детали с большей трудоемкостью запускаются в обработку первыми (рис. 2).

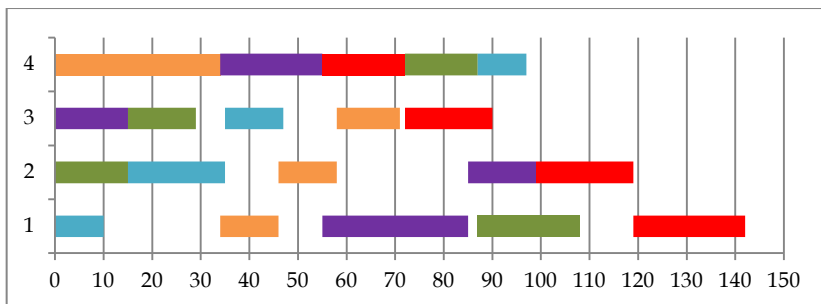


Рис. 2. График Ганта

По графикам мы видим, что в данном случае лучше применить первое правило: детали с меньшей трудоемкостью запускаются в обработку первыми.

Проанализируем, всегда ли первое правило лучше второго. Проведем эксперименты, изменяя количество станков от 2 до 10 и количество деталей от 4 до 16, в том числе каждый раз изменяя матрицы маршрутизации  $Q$  (формула (2)) и времени обработки деталей  $T$  (формула (1)).

По полученным данным провели кластерный анализ  $k$ -средних и получили четыре кластера. Ниже представлен график координат центров кластеров (рис. 3).

Кластер 1 – малое количество деталей и малое количество станков и применен метод, где детали с меньшей трудоемкостью запускаются в обработку первыми.

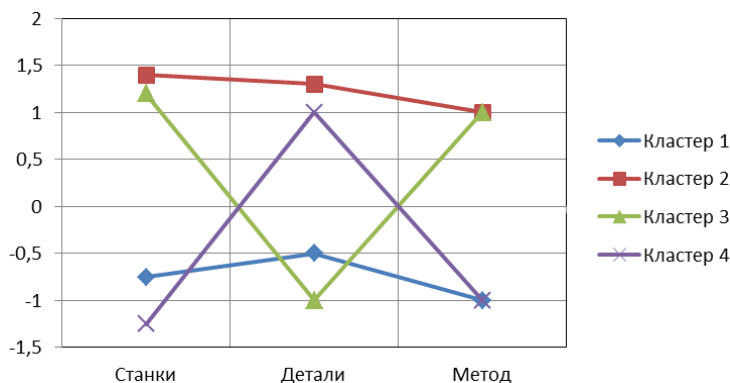


Рис. 3. График координат центров кластеров

Кластер 2 – большое количество деталей и большое количество станков и применен метод, где детали с большей трудоемкостью запускаются в обработку первыми.

Кластер 3 – малое количество деталей и большое количество станков и применен метод, где детали с большей трудоемкостью запускаются в обработку первыми.

Кластер 4 – большое количество деталей и малое количество станков и применен метод, где детали с меньшей трудоемкостью запускаются в обработку первыми.

В первый кластер входит 45 решений, во второй – 37, в третий – 10, в четвертый – 8 решений задачи.

В данной статье решена задача календарного планирования с помощью метода применения правил, проведен анализ правил на экспериментальных данных.

Эксперименты показали, что данный метод правил эффективнее применять при небольших объемах работ. Слабость метода правил заключается в том, что при очень больших объемах работ он неэффективен, в отличие от других методов.

### Библиографический список

1. Экономико-математические модели в организации и планировании промышленного предприятия: учеб. пособие / Б.И. Кузин, А.А. Горбоконь, В.К. Тютюкин, Г.В. Чернова. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 336 с.

2. Ногин В. Принятие решений в многокритериальной среде: Количественный подход. – М.: Физматлит, 2002.

3. Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: учеб. -метод. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 392 с.

### **Сведения об авторах**

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.ru

**Старцева Кристина Васильевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ4-21-1м, г. Пермь, e-mail: st4rk99@yandex.ru

**А.Л. Погудин, А.В. Тарутин, А.А. Столбов**

### **3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА РАСКРОЯ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

Исследуется создание модели конструктора. Подготовка и создание раскроя являются одними из основных задач в создании робототехнической платформы. Необходимо правильно выбрать материал и форму будущей конструкции, создать 3D-модель и подготовить ее к последующей установке микроконтроллеров и комплектующих. Рассмотрен способ создания модели в 3D-редакторе. Описан общий ход построения модели.

**Ключевые слова:** модель, конструктор, 3D, платформа, материал, робот, раскрой.

**A.L. Pogudin, A.V. Tarutin, A.A. Stolbov**

### **3D MODELING AND PREPARATION OF A CUTTING PLATFORM FOR A MOBILE ROBOTIC PLATFORM**

This article explores the creation of a constructor model. Preparation and creation of the cutting are one of the main tasks in the creation of a robotic platform. It is necessary to choose the right material and shape of the future structure. Create a 3D model and prepare it for the subsequent installation of microcontrollers and components. The article describes a way to create a model in a 3D editor. The general course of the model construction is described.

**Keywords:** model, constructor, 3D, platform, material, robot, cutting.

В современном мире роботы экспоненциально интегрируются в промышленную среду. Их использование позволяет увеличить точность, производительность и гибкость в самых разных сферах деятельности. Робототехника – это отрасль науки и техники, которая занимается проектированием, конструированием и эксплуатацией роботов, а также компьютерных систем для их управления, сенсорной обратной связи и обработки информации.

Данная сфера является интересной для освоения детьми с самого раннего возраста. Занимаясь конструированием роботов, ребенок развивает ответственность, дисциплину, умение работать в команде, воображение и внимательность. Комплекты роботов-конструкторов для

детей – отличный способ познакомить юных инженеров с базовыми понятиями робототехники. Робототехнические проекты увеличивают творческий потенциал, учат детей следовать указаниям, а готовый продукт дарит им чувство выполненного долга и уверенности.

В настоящее время на рынке представлено множество робототехнических конструкторов, которые позволяют получить первичные навыки робототехники. Однако основной проблемой в образовательной сфере робототехники является стоимость роботов и их комплектующих. Для минимизации затрат необходимо создать мобильную робототехническую платформу, комплектация которой позволит комфортно использовать ее в образовательных целях.

Использование такого формата платформы, как конструктор, позволяет задействовать в процессе сборки не только робототехническое и математическое, но и пространственное мышление, мелкую моторику рук, совершенствует инженерные навыки у ребенка [1].

Для реализации робототехнического конструктора необходимо подготовить и оптимизировать раскрой будущей платформы. Одной из первых задач по созданию платформы является выбор материала, из которого будет создан конструктор. Корпус платформы может быть выполнен из пластика, фанеры, железа и т.д.

Для достижения цели работы был выбран такой материал, как фанера, так как стоимость создания конструкции из нее ниже, чем из других материалов, при этом прочность и надежность робота будут соответствовать всем необходимым требованиям.

Следующей задачей является создание формы самого конструктора. Для моделирования и подготовки раскроя была выбрана бесплатная онлайн-программа TinkerCAD, которая работает в веб-браузере. Выбор данного приложения обусловлен тем, что оно не требует высокого уровня умения пользования 3D-редакторами и обладает большой библиотекой готовых элементов. Также здесь присутствует среда моделирования электронных схем для работы с электронными компонентами, контроллерами Arduino, электронными схемами. Кроме этого, TinkerCAD позволяет сохранять проект в разных файлах. Это позволяет напрямую отправлять готовый раскрой на резку на станке ЧПУ с помощью создания файла в формате SVG.

Создание конструктора предполагает сборку из набора деталей (рис. 1). Выполнение данной процедуры не только позволяет детям по-

лучить готовый корпус для робота, но и поучаствовать в его создании, развивая такие навыки, как мелкая моторика рук, творческое мышление, память и самостоятельность.

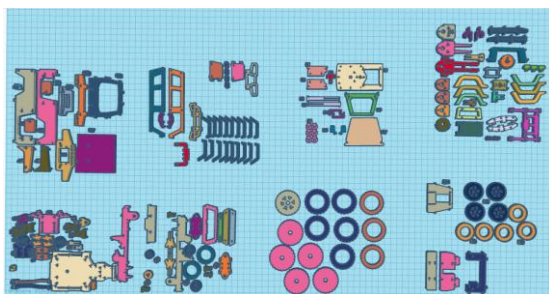


Рис. 1. Детали конструктора в 3D

Толщина деталей составляет 3 мм. Этого вполне достаточно для создания прочной и надежной конструкции. Использование такой толщины позволяет получить крепкую конструкцию и низкий вес за относительно невысокую стоимость.

Сборку конструктора можно произвести напрямую в TinkerCAD. Это позволяет визуализировать готовый конструктор, создать инструкцию по сборке и подготовить место для будущих микроконтроллеров, датчиков и приводов (рис. 2). В случае необходимости можно масштабировать данный конструктор для использования тех или иных контроллеров.

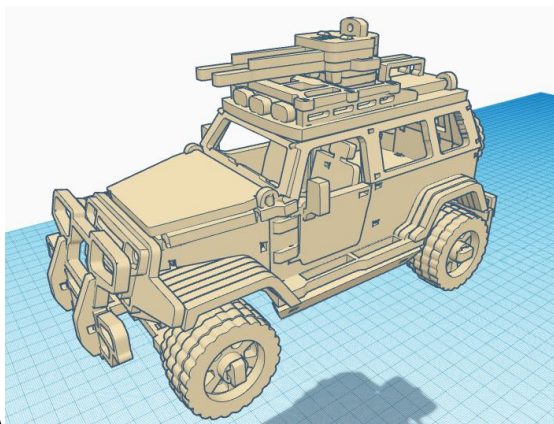


Рис. 2. 3D-модель конструктора

Важной особенностью этого конструктора является возможность адаптировать платформу под разные задачи. В случае необходимости в изменении структуры платформы можно ее поменять прямо в TinkerCAD.

Робототехнические проекты увеличивают творческий потенциал, учат детей следовать указаниям, а готовый продукт дарит им чувство выполненного долга и уверенности. И конечно же, результатом их творческой работы будет интересная игрушка, с которой можно будет играть после завершения проекта. Учитывая рост отрасли роботов по всему миру, можно утверждать, что занятия робототехникой с раннего возраста обязательно будут полезны для будущей деятельности ребенка [2].

### **Библиографический список**

1. Конструктор по началам робототехники для сборки робота [Электронный ресурс] // Anrotech. – URL: <https://anrotech.ru/blog/konstruktor-dlya-sborki-robota/> (дата обращения: 01.04.2023).

2. 11 лучших конструкторов для самостоятельной сборки для детей [Электронный ресурс] // Wilbo. – URL: <https://wilbo.ru/articles/11-komplektov-robotov-best-build-your-own-dlya-detey/> (дата обращения: 01.04.2023).

### **Сведения об авторах**

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pogudin\\_al@mail.ru](mailto:pogudin_al@mail.ru)

**Тарутин Анатолий Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [itas-pnpu@yandex.ru](mailto:itas-pnpu@yandex.ru)

**Столбов Арсений Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-18-1б3, г. Пермь, e-mail: [saa.og342@gmail.com](mailto:saa.og342@gmail.com)

**Е.В. Долгова, И.И. Сухих, П.Ю. Шмелев**

**ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ОТНОШЕНИЙ «КОМПЕТЕНЦИИ – ДИСЦИПЛИНЫ» НА ПРИМЕРЕ НАПРАВЛЕНИЯ 09.03.01 «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»**

Исследуется вопрос построения матрицы взаимосвязи компетенций и дисциплин. Приводится информация о разработанном приложении, способном произвести структуризацию компетентностной модели выпускника по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» с профилем «Автоматизированные системы обработки информации и управления» в открытом формате документов. Демонстрируется результат работы приложения, способного формировать таблицу отношений. Описываются дальнейшие перспективы развития работы для формирования оптимизации процесса обучения студентов путем гармонизации компетенций рабочих программ.

**Ключевые слова:** матрица отношений между компетенциями и учебными дисциплинами, Python, PyQT.

**E.V. Dolgiva, I.I. Sukhikh, P.Yu. Shmelev**

**FORMING THE MATRIX OF "COMPETENCE-DISCIPLINE" RELATIONS BY THE EXAMPLE OF 09.03.01 "INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE" DIRECTION**

The article investigates the issue of building a matrix of interrelation of competencies and disciplines. The article provides information about the developed application, which is able to structure the competence model of a graduate in the field of 09.03.01 "Informatics and Computer Engineering" with a profile of "Automated Systems of Information Processing and Management" in an open document format. The result of the application capable of forming a table of relations is demonstrated. The article describes further prospects of development of the work to form an optimization of the learning process of students by harmonizing the competencies of the work programs.

**Keywords:** matrix of relations between competencies and academic disciplines, Python, PyQT.

Наиболее распространенная проблема, с которой сталкивается выпускник высшего учебного заведения, – это несоответствие имеющегося набора компетенций и тех требований, которые предъявляет работодатель к молодому специалисту. Следовательно, для стабильного экономического развития страны важно выстроить образовательный

процесс ИТ-специалистов таким образом, чтобы приобретение компетенций студентами происходил гармонично, начиная с общеобразовательных дисциплин и переходя к профильным.

Для подготовки качественных кадров в сфере информационных технологий высшему учебному заведению требуется сохранять баланс, при котором перенасыщение рабочих программ отдельными компетенциями, перекрывающими сферу потребностей ИТ-компаний, не вредило бы другим секторам экономического развития страны. В то же время образовательная организация должна стремиться к своевременному изменению рабочих программ в соответствии с динамикой на рынке труда, отслеживая потребности в кадрах и требования работодателей.

Стоит отметить, что вопрос качества подготовки ИТ-специалистов не стоит на месте, в стране активно вводят и реализуют программы, проекты и законопроекты, частично или полностью ориентированные на решение данного вопроса. Приведем пример и краткое описание некоторых из них.

Программа «Приоритет-2030». Цель данной программы – к 2030 г. сформировать в России более 100 прогрессивных современных университетов – центров научно-технологического и социально-экономического развития страны [4].

Еще одним примером мер по подготовке качественных ИТ-кадров является федеральный проект «Кадры для цифровой экономики». В соответствии с данной программой количество бюджетных мест по цифровым направлениям предлагалось увеличить с 80 тысяч в 2021 г. до 120 тысяч в 2024 г. Несмотря внушительное увеличение, новые экономические вызовы показали, что данная мера будет недостаточной, поэтому в 2022 г. количество бюджетных мест было удвоено по сравнению с 2021 г. и составило до 160 тыс.

В апреле 2022 г. совет по развитию цифровой экономики при Совете Федерации РФ выступил с предложением по возвращению системы распределения студентов после их выпуска из учебных заведений [3], а через год, в апреле 2023 г., был подготовлен законопроект, которым предлагается ввести обязательную практическую подготовку в органах государственной власти для обучающихся по ИТ-специальностям [2].

В мае 2022 г. выделено более 1,5 млрд руб. на оценку качества подготовки ИТ-специалистов в высших учебных заведениях. Данная субсидия будет использоваться при комплексной оценке потенциально-

го и реального уровней развития цифровых компетенций студентов, получающих дополнительную квалификацию на «цифровых кафедрах». В 2022 г. на данную цель будет направлено до 321 млн руб., при этом в 2024 г. сумма увеличится до 698 млн руб.

Исходя из перечисленных инициатив, можно сделать однозначный вывод, что государство заинтересовано в подготовке качественных кадров для цифровой экономики. Далее необходимо понять, заинтересованы ли абитуриенты в обучении на направления, так или иначе связанные с активным использованием информационно-коммуникационных технологий, и смежные с ИТ-направлениями специальности. Для получения данной информации обратимся к статистическому сборнику «Индикаторы образования: статистический сборник», подготовленному Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики». На основе имеющихся данных построим таблицу численности студентов, обучающихся по ключевым укрупненным группам направлений подготовки и специальностей в сфере ИТ и смежных областей образования, связанных с использованием ИКТ [1]. Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Таблица численности студентов, обучающихся по ключевым укрупненным группам направлений подготовки и специальностей в сфере ИТ и смежных областей образования, связанных с использованием ИКТ

| Направление подготовки                          | Количество<br>(тысяч человек) |           | В процентах от общей численности студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры |           |
|-------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                                 | Учебный год                   |           |                                                                                                                 |           |
|                                                 | 2020/2021                     | 2021/2022 | 2020/2021                                                                                                       | 2021/2022 |
| Математические и естественные науки             | 89                            | 92        | 2,2                                                                                                             | 2,2       |
| Компьютерные и информационные науки             | 19,4                          | 20,2      | 0,5                                                                                                             | 0,5       |
| Инженерное дело, технологии и технические науки | 520,7                         | 540,4     | 12,9                                                                                                            | 13,5      |
| Информатика и вычислительная техника            | 195,3                         | 215,5     | 4,8                                                                                                             | 5,3       |
| Информационная безопасность                     | 36,7                          | 40,7      | 0,9                                                                                                             | 1         |
| Электроника, радиотехника и системы связи       | 64,1                          | 64,6      | 1,6                                                                                                             | 1,6       |
| Управление в технических системах               | 44,3                          | 43,7      | 1,1                                                                                                             | 1,1       |
| Науки об обществе                               | 344,6                         | 317,9     | 8,5                                                                                                             | 7,9       |
| ВСЕГО                                           | 954,3                         | 950,3     | 23,6                                                                                                            | 23,6      |

Исходя из таблицы, можно сделать вывод о том, что специальности, которые так или иначе связаны с активным использованием ИКТ, а также смежные области образования, стабильно занимают практически четверть от общего количества студентов, 23,6 %. Направление «Информатика и вычислительная техника» показывает положительную динамику, увеличивая численность за год на 10,34 % со 195,3 до 215,5 тысячи студентов.

На основе полученных данных следует сделать вывод о взаимной заинтересованности как со стороны государства, которое готово улучшать условия для потенциальных абитуриентов, так и со стороны будущих кадров цифровой экономики, которые используют возможность получения высшего образования. Третьей стороной отношений является образовательная организация, на которую возлагается основная работа по подготовке качественных кадров. Для того чтобы разобраться в наборе компетенций, которые получит выпускник после обучения по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», а также в целях дальнейшей структуризации данных из нормативных документов направления необходимо построить матрицу отношений между компетенциями и учебными дисциплинами. Для выполнения данной задачи воспользуемся возможностями языка программирования Python и его коллекцией библиотек.

Для хранения полученных данных разработана база данных, которая хранит в себе полученную матрицу. Модель базы данных представлена на рисунке.

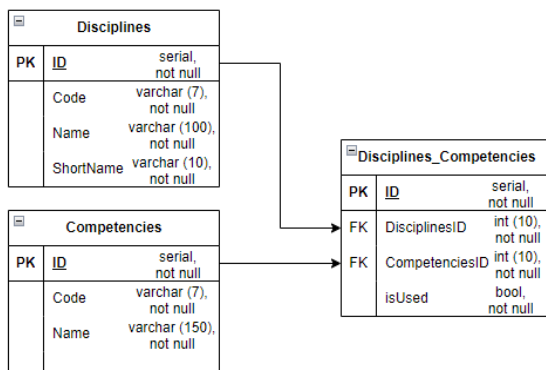


Рис. Модель базы данных

Загрузив документ в приложение, после его обработки и записи данных в базу данных удалось получить следующую таблицу, отображающую взаимосвязь между компетенциями и направлениями (табл. 2).

Таблица 2

## Взаимосвязь между компетенциями и направлениями

| Индексы дисциплины                      | Компетенции        |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
|-----------------------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|---|---|---|
|                                         | Универсальные (УК) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | Общепрофессиональные (ОПК) |   |   |   |   |   |   |   |   | Профессиональные (ПК) |   |   |   |
|                                         | 1                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ПКО -1                | 1 | 2 | 3 |
| Обязательная часть                      |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.01                                 |                    |   |   | 1 | 1 |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.02                                 | 1                  |   |   |   | 1 |   |   |   |   | 1  |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.03                                 |                    |   |   | 1 | 1 |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.04                                 | 1                  | 1 |   |   |   |   |   |   |   | 1  |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.05                                 |                    |   | 1 |   |   | 1 |   |   | 1 |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.06                                 |                    |   |   |   |   | 1 |   |   |   |    |    | 1                          |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.07                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1                          |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.08                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1                          | 1 |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.09                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            | 1 |   |   |   |   |   | 1 |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.10                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            | 1 |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.11                                 |                    |   |   |   |   |   |   | 1 |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.12                                 |                    | 1 |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1                          |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.13                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1                          |   |   |   |   |   |   | 1 |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.14                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   | 1 |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.15                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1                          |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.16                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            | 1 |   |   | 1 |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.17                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            | 1 |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.18                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   | 1 |   |   | 1 |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.19                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   | 1 |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.20                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   | 1 |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.21                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            | 1 |   |   |   |   |   | 1 |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.22                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   | 1 |                       |   |   |   |
| Б1.Б.23                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   | 1 |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.24                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | 1                          |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.25                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            | 1 | 1 |   |   |   |   |   | 1 |                       |   |   |   |
| Б1.Б.26                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   | 1 |   | 1 |   | 1 |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.Б.27                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   | 1                     |   |   |   |
| Вариативная часть                       |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б1.В.01                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   | 1 |
| Б1.В.02                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   | 1 |
| Б1.В.03                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   | 1 |
| Б1.В.04                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       | 1 |   |   |
| Б1.В.05                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       | 1 |   |   |
| Б1.В.06                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   | 1 |   |
| Б1.В.07                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   | 1 |   |
| Б1.В.08                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       | 1 |   |   |
| Б1.В.09                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       | 1 |   |   |
| Б1.В.10                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   | 1 |   |
| Б1.В.11                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   | 1 |   |
| Б1.В.12                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   | 1 |   |
| Практики                                |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Базовая часть                           |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б2.Б.01                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   | 1                     |   |   |   |
| Б2.Б.02                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   | 1 | 1 | 1 | 1                     |   |   |   |
| Вариативная часть                       |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   |   |   |
| Б2.В.01                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       |   | 1 | 1 |
| Б2.В.02                                 |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |                       | 1 |   | 1 |
| Дисциплины на компетенцию (без практик) | 2                  | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 6                          | 6 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1                     | 4 | 5 | 3 |
| Всего на компетенцию                    | 2                  | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 6                          | 6 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2                     | 5 | 6 | 5 |
| Дисциплины                              | 1                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ПКО-1                 | 1 | 2 | 3 |
|                                         | Универсальные      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | Общепрофессиональные       |   |   |   |   |   |   |   |   | Профессиональные      |   |   |   |

Исходя из матрицы отношений наиболее часто встречающимися компетенциями, с учетом практик, являются следующие компетенции:

- ОПК-1. Способен применять естественно-научные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности – 6 раз;

- ОПК-2. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности – 6 раз;

- ПК-1.2. Способен разрабатывать прототипы информационных систем на базе типовой информационной системы – 6 раз;

- ПК-1.1 Способен разрабатывать техническое задание на систему – 5 раз;

- ОПК-1.4. Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем – 5 раз.

В то же время менее всего упоминаются следующие компетенции:

- Универсальные компетенции с 6 по 11 – 1 раз;

- ОПК-4. Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью – 1 раз.

Таким образом, в ходе проведения исследования было разработано приложение, позволяющее строить матрицу взаимоотношений компетенций и дисциплин из компетентностной модели выпускника направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Приложение способно структурировать информацию из открытого формата документов, загруженного в приложение. Следующим этапом разработки планируется построение математической модели, описывающей модель гармонизации компетенций рабочих программ, а также последующие шаги на пути к оптимизации процесса обучения студентов направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

### **Библиографический список**

1. Образование в цифрах 2023: статистический сборник / Н.В. Бондаренко, Л.М. Гохберг, Н.В. Ковалева [и др.]; НИУ ВШЭ. – М., 2023. – 433 с.

2. В ГД выступили за отправку будущих IT-специалистов на практику в госорганы // РИА Новости: сет. изд. – URL: <https://ria.ru/20230522/polsha-1873376560.html> (дата обращения: 20.04.2023).

3. Система распределения студентов после выпуска [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство TAdviser. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВУЗы\\_по\\_информационным\\_технологиям](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВУЗы_по_информационным_технологиям) (дата обращения: 20.04.2023).

4. Участники программы «Приоритет 2030» запускают новый масштабный проект «Цифровые кафедры» / Министерство науки и высш. обр. РФ. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-podvedomstvennykh-uchrezhdeniy/50232/> (дата обращения: 22.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Долгова Елена Владимировна** – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shagrata@mail.ru

**Сухих Илья Игоревич** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИТТ-22-а, г. Пермь, e-mail: vargostelemax@gmail.com

**Шмелев Павел Юрьевич** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИТТ-22-а, г. Пермь, e-mail: schmelev.pacha.kz@yandex.ru

**В.Д. Сушенцев, М.Ю. Куликов, О.А. Полякова**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАЧИ  
АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОВЕРКИ ОБЪЕКТОВ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ КОМПАНИИ  
ООО «ЛУКОЙЛ-ТЕХНОЛОГИИ»**

Представлено исследование и разработка встраиваемой программной системы для автоматизации системы проверок объектов топливно-энергетического комплекса. Проверка технологических объектов играет важную роль в функционировании промышленной отрасли, позволяя избежать аварий и перебоев в работе предприятий. В ходе решения задач проанализирован бизнес-процесс проведения контроля, спроектированы модели AS-IS и TO-BE, разработаны требования к программному обеспечению, спроектированы схемы базы данных и разработано программное обеспечение согласно требованиям, предъявляемым к системе.

**Ключевые слова:** программная система, проверка, контроль, C#, MS SQL, график проверок, журнал нарушений.

**V.D. Sushentsev, M.Yu. Kulikov, O.A. Poliakova**

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR THE TASK OF AUTOMATION  
OF THE SYSTEM OF CHECKING OBJECTS OF THE FUEL  
AND ENERGY COMPLEX FOR THE INTERNAL APPLICATION  
OF THE COMPANY LLC "LUKIL-TECHNOLOGIES"**

The article presents the research and development of an embedded software system for automating the system of inspections of fuel and energy complex facilities. Inspection of technological facilities plays an important role in the functioning of the industrial sector, allowing you to avoid accidents and interruptions in the work of enterprises. In the course of solving problems, the business process of conducting control was analyzed, the AS-IS and TO-BE models were designed, software requirements were developed, database schemas were designed, and software was developed in accordance with the requirements for the system.

**Keywords:** software system, check, control, C#, MS SQL, check schedule, violation log.

Одним из крупных предприятий, занимающихся нефтепереработкой, является ООО «ЛУКОЙЛ», в состав которого входит четыре нефтеперерабатывающих завода России в Перми, Волгограде, Нижнем

Новгороде и Ухте [1]. Для организации работы топливно-энергетической отрасли, которая является ключевой частью экономики России, используется плановая система проверок технологических объектов, своевременное проведение которых уменьшает риск аварий на производстве.

Проверки объектов топливно-энергетической отрасли подразделяются на комплексно-целевые проверки и административный контроль. Административный контроль сосредоточен на анализе работы управляющего состава технического объекта и системы документооборота. Позволяет организовать своевременный учет всех этапов добычи и переработки нефти, а также необходимые для этого ресурсы, как человеческие, так и материальные. Комплексно-целевые проверки в свою очередь обеспечивают полное отслеживание состояния материальной базы предприятия, где ведется учет всех нарушений, связанных с промышленными установками, инструментами и инфраструктурой предприятия. В ходе проведения контрольных мероприятий все выявленные нарушения фиксируются в журналы, соответствующие типу проверки.

На основании осмотра объекта составляется акт, который отправляется на предприятие. Уполномоченное лицо на предприятии анализирует его, фиксирует степень отклонения от нормы, принимает решение о возможных способах устранения недостатков.

На основании акта проводится уплата штрафа, а также техническое обслуживание, в ходе которого:

- ремонтируются или заменяются неисправные узлы и составляющие;
- обслуживается техническая база.

По результатам технического обслуживания составляются акты о проведении работ, необходимые для подтверждения факта устранения нарушений.

Эффективному выполнению проверок объектов препятствуют: влияние человеческого фактора в использовании системы документооборота между проверяющей стороной и предприятием, избыточные временные, трудовые и финансовые затраты.

Автоматизация и цифровизация учета и анализа результатов проверок промышленных объектов повышает эффективность проведения технического обслуживания и исключает влияние человеческого фактора в системе документооборота.

Журнал нарушений комплексно-целевых проверок хранит основную информацию о контроле, такую как:

- подразделение, в котором зафиксировано нарушение;
- объект подразделения;
- классификатор нарушения;
- дата его обнаружения;
- документ, описывающий недостаток;
- сроки устранения;
- статус устранения;
- лицо, обнаружившее нарушение;
- ответственный за исполнение.

Журнал нарушений промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды хранит основные данные, такие как:

- подразделение, в котором зафиксировано нарушение;
- объект подразделения;
- тип нарушения;
- виновное лицо;
- мера ответственности;
- лицо, обнаружившее нарушение;
- описание нарушения.

С помощью справочника штрафов можно найти любое нарушение, объявленное в журналах, и узнать его денежный эквивалент.

На основе анализа бизнес-процесса проведения проверки разработана UML-диаграмма деятельности [2], представленная на рис. 1.

Программная система проверок топливно-энергетических объектов:

- сохраняет результаты проверки;
- обрабатывает данные и определяет степень тяжести нарушения;
- назначает штрафы из заранее сформированного справочника;
- формирует акт для дальнейшей отправки на предприятие.

На основании результатов анализа работник на объекте принимает решение о ремонте или замене неисправных деталей.

Для хранения информации о сотрудниках, предприятиях, предстоящих мероприятиях, нарушениях и их классификациях, а также соответствующих штрафах программной системой используется база данных.

Схема фрагмента базы данных для формирования графиков проверок представлена на рис. 2 в виде ER-диаграммы, выполненной в нотации Джеймса Мартина («вороньи лапки») [3].

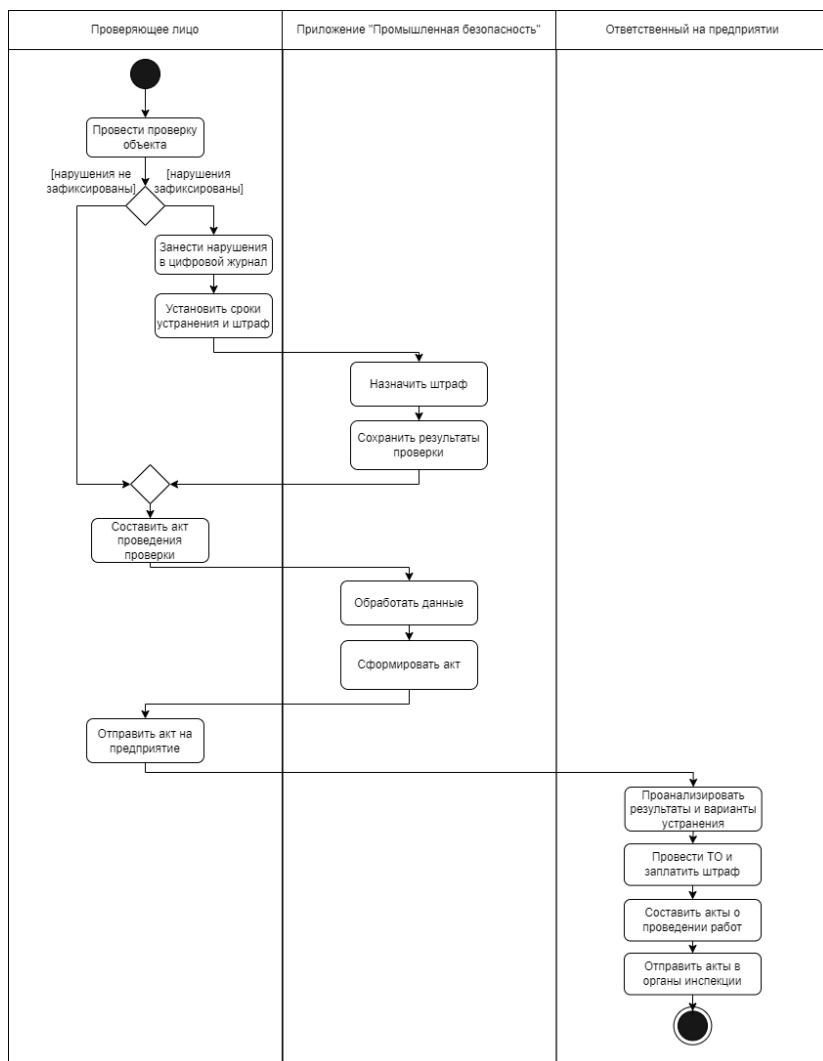


Рис. 1. Модель ТО-БЕ бизнес-процесса проведения проверки

Для формирования каждого журнала нарушений используется двадцать две таблицы. Основная составляющая фрагмента БД для формирования журнала представлена на рис. 3. Структура базы данных содержит вложенные таблицы для структурирования данных и нормализации БД.

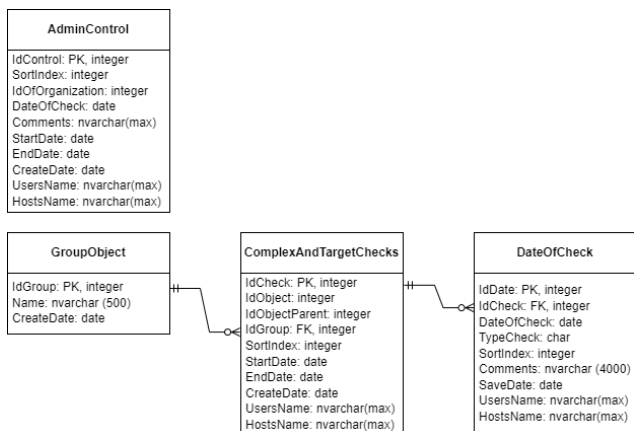


Рис. 2. ER-диаграмма фрагмента базы данных (для формирования журнала)

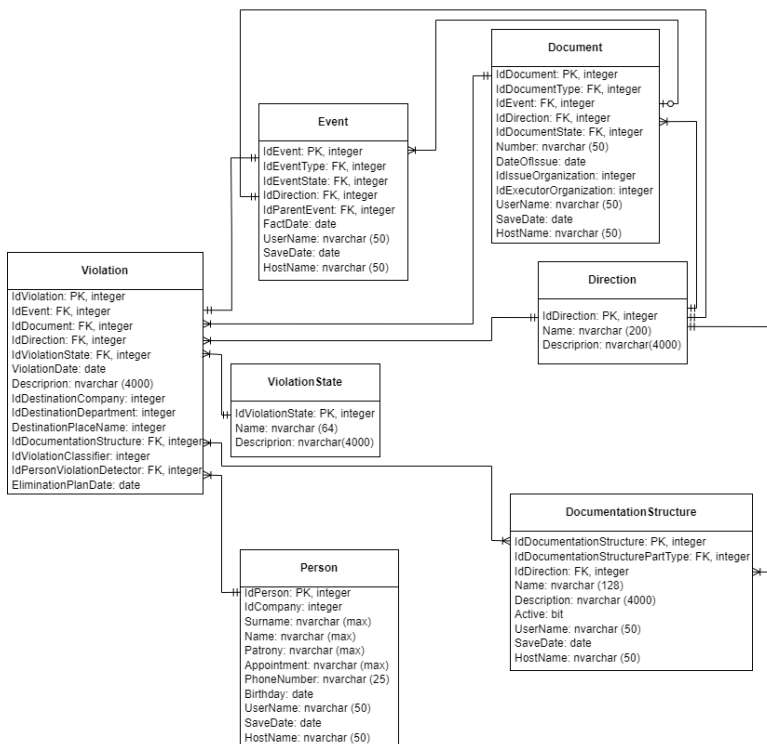


Рис. 3. ER-диаграмма фрагмента базы данных (для формирования журнала)

Спроектированы и реализованы экранные формы приложения, представленные на рис. 4, 5.

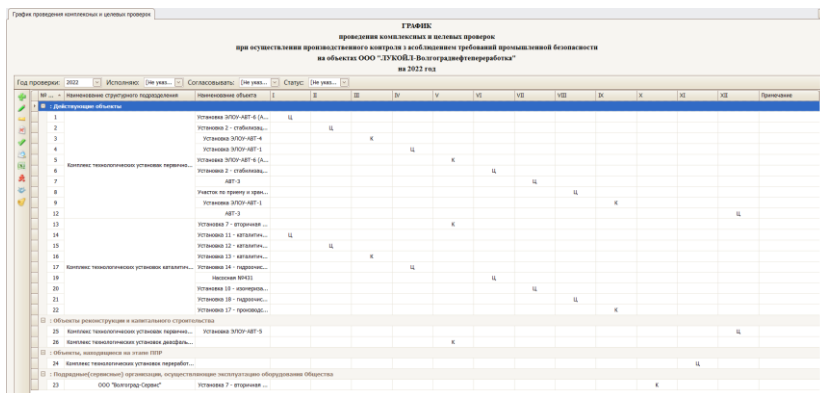


Рис. 4. Экранная форма графика комплексно-целевых проверок

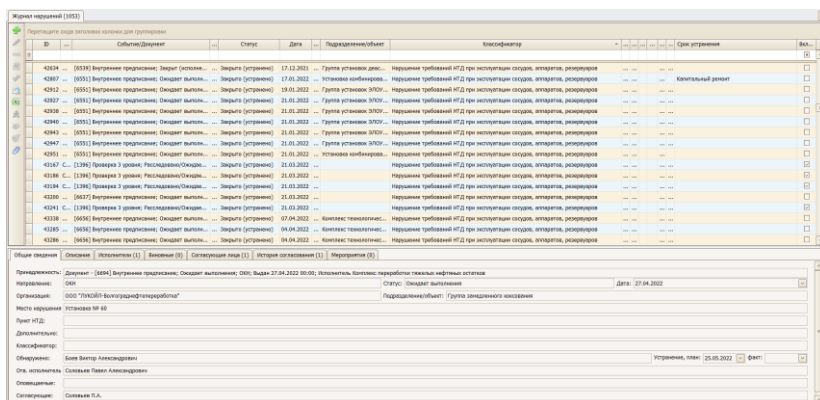


Рис. 5. Экранная форма журнала нарушений комплексно-целевых проверок

В ходе проекта спроектировано и разработано встраиваемое программное обеспечение для решения задачи автоматизации системы проверок объектов топливно-энергетического комплекса для внутреннего приложения «Промышленная безопасность» компании ООО «ЛУКОЙЛ-Технологии».

Система прошла успешные испытания и показала, что обеспечивает корректный учет и администрирование данных. Более того, продемонстрировано значительное повышение скорости документооборота, а также исключено влияние человеческого фактора.

### **Библиографический список**

- 1 ЛУКОЙЛ: офиц. сайт. – URL: ЛУКОЙЛ – Нефтепереработка. – URL: <https://lukoil.ru/Business/Downstream/OilRefining>
- 2 Ларман, Крэг. Применение UML и шаблонов проектирования. – М.: Вильямс, 2015. – 624 с.
- 3 CitForum. Основные понятия ER-диаграмм. – URL: <http://citforum.ru/database/dblearn/dblearn08.shtml>
- 4 DevExpress documentation. – URL: DevExpress Documentation. – URL: <https://docs.devexpress.com/>
- 5 Центр документации по Entity Framework. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/ef/>

### **Сведения об авторах**

**Сушенцев Владимир Денисович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [cool.ya-vovas@yandex.ru](mailto:cool.ya-vovas@yandex.ru)

**Куликов Максим Юрьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [mky.prm@gmail.com](mailto:mky.prm@gmail.com)

**Полякова Ольга Андреевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [olgastratum@mail.ru](mailto:olgastratum@mail.ru)

**Д.В. Яруллин, К.С. Сычев**

## **УЧЕТ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ OPEN PROJECT и GITLAB ДИАЛОГОВЫМ АГЕНТОМ**

Были рассмотрены вопросы интеграции и оптимизации процесса журналирования рабочего времени в Open Project и GitLab. Были описаны проблемы, связанные с различными уровнями детализации задач, и подчеркнута значимость интеграции между этими системами.

**Ключевые слова:** интеграция, оптимизация, журналирование рабочего времени, Open Project, GitLab, диалоговый агент.

**D.V. Yarullin, K.S. Sychev**

## **DIALOGUE AGENT DEVELOPMENT TO TIME TRACK WITH OPEN PROJECT AND GITLAB DATA INTEGRATION**

This article describes the issues of integration and optimization of logging process in Open Project and GitLab. The problems associated with different levels of task detail have been described and the significance of integration between these systems has been emphasized.

**Keywords:** integration, optimization, time logging, Open Project, GitLab, dialogue agent.

В современных командных проектах, где требуется эффективное управление задачами и журналирование рабочего времени, интеграция между различными системами становится ключевым фактором для обеспечения синхронизации данных и оптимизации процессов. Одной из таких пар систем являются Open Project и GitLab.

**Проблема интеграции и процесс журналирования рабочего времени.** В учебном пособии О.А. Морозовой «Интеграция корпоративных информационных систем» [1] подчеркивается значимость интеграции систем в контексте нашей проблемы. Одной из основных проблем, связанных с отсутствием интеграции между Open Project и GitLab, является различие в уровнях детализации задач. В Open Project задачи хранятся на более абстрактном уровне и выступают в роли родительских задач для задач, хранящихся в GitLab, которые уже представляют собой более конкретные подзадачи. Это разделение создает проблемы в процессе журналирования рабочего времени сотрудника

ми. В связи с этим необходимо обратить особое внимание на решение данной проблемы интеграции и оптимизации процесса журналирования рабочего времени между Open Project и GitLab.

**Описание проблемы и значимость интеграции.** Возможность журналирования рабочего времени на задачи предоставляется как в системе Open Project, так и в GitLab. Однако в контексте отчетности о затраченном рабочем времени сотрудников ценность для журналирования представляют исключительно задачи, зарегистрированные в Open Project. Именно на основе данных из Open Project формируются ежемесячные отчеты о затраченном рабочем времени, обладающие информационной ценностью. В отсутствие полноценной интеграции между Open Project и GitLab процесс журналирования рабочего времени подвергается ряду ограничений, а ценная информация о затраченном времени на задачи GitLab остается неучтенной.

**Диалоговый агент для оптимизации журналирования рабочего времени и включения данных из GitLab в ежемесячный отчет.** Для решения проблемы интеграции и оптимизации процесса журналирования рабочего времени внедряется диалоговый агент. Агент способствует упрощению процесса журналирования затраченного времени на задачи и включает данные о затраченном времени на задачи в GitLab в состав ежемесячного отчета.

Одним из ключевых аспектов успешной интеграции между Open Project и GitLab является указание ссылки на соответствующую родительскую задачу в Open Project в описании задачи в GitLab, как на рис. 1.

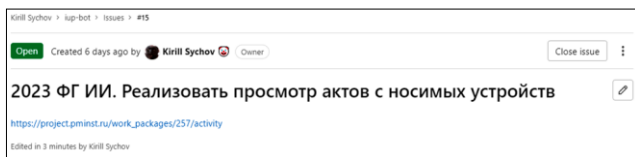


Рис. 1. Указание ссылки

При открытии задачи из Open Project диалоговый агент автоматически проверяет наличие дочерних задач в GitLab. Если такие задачи существуют, они добавляются в виде кнопок, как показано на рис. 2.

Клавиатура, представленная на рисунке, позволяет перейти к фиксации времени уже на задачах GitLab. Это предоставляет сотрудникам возможность удобно переключаться на задачи GitLab и списывать затраченное время на них.

Когда сотрудник фиксирует затраченное время на задаче, ему отображается информация о родительской и дочерней задачах, а также день и количество списанных часов. Рис. 3 иллюстрирует успешное завершение процесса журналирования времени на подзадачу.

Задача #257

2023 ИИ. Разработка конструктора законопроектов

Выберите задачу для списывания часов:

13:47

Выбрать текущую

2023 ФГ ИИ. Реализовать просмотр актов с носимых устройств

2023 ФГ ИИ. Отображение надстрочной нумерации в тексте

2023 ФГ ИИ. Подсветка наложений

Назад к проекту

Рис. 2. Задача Open Project с подзадачами

**Задача #257**  
*2023 ИИ. Разработка конструктора законопроектов*  
**Подзадача #15**  
*2023 ФГ ИИ. Реализовать просмотр актов с носимых устройств*  
Дата: 2023-05-28  
Часы: 5  
Журналирование часов удачно завершено! 19:25

[Вернуться к задаче](#)

[Вернуться к проекту](#)

Рис. 3. Завершение журналирования времени на подзадачу

Журналировать время

Дата \*

2023-05-28

Часы \*

5

Пакет работ \*

#257 2023 ИИ. Разработка конструктора законопро... × ▾

Деятельность \*

Разработка ▾

Комментарий

<https://gitlab.pminst.ru/ksychoy/iup-bot/-/issues/15>

Удалить

Отмена

Сохранить

Рис. 4. Информация о журналировании времени в Open Project

Таким образом, осуществляется передача данных в обе системы, при этом особое внимание уделяется системе Open Project, где информация о фиксированных часах для каждой подзадачи представлена в формате, облегчающем анализ и исследование проектных данных аналитиками, как показано на рис. 4.

В комментарии к журналированию рабочего времени на родительскую задачу предоставляется ссылка на подзадачу, обеспечивая более детальную информацию о зафиксированных часах.

**Техническая реализация диалогового агента.** Техническая реализация агента основывается на диаграмме классов UML, представленной на рис. 5.

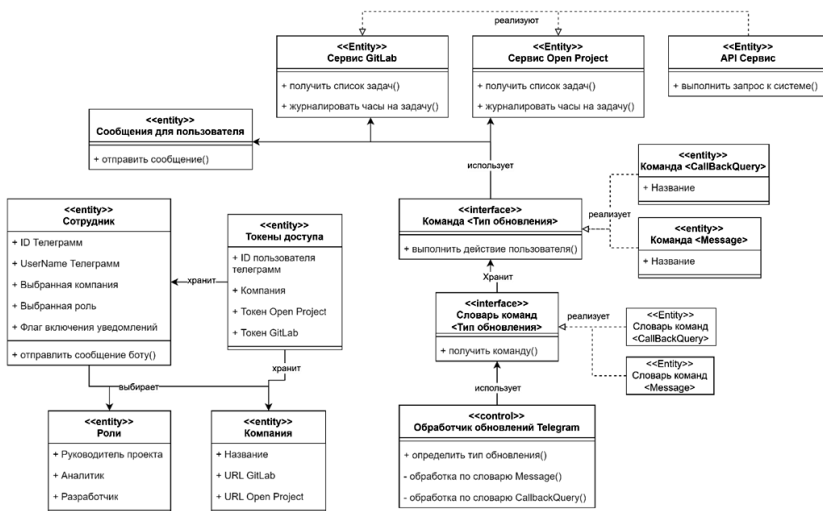


Рис. 5. Диаграмма классов

Рассмотрим диаграмму классов подробнее. Контролирующий класс «Обработчик обновлений Телеграм» играет важную роль в системе, определяя тип обновления и обрабатывая его соответствующим словарем команд. *Словарь команд* используется для хранения команд, которые будут выполняться агентом в ответ на действия пользователя. *Команда* является классом, выполняющим требуемые действия, заданные пользователем. Для выполнения этих действий он использует классы сообщений сервисов GitLab и Open Project. Класс «Сообщения для пользователя» отвечает за отправку сообщений пользователю

и содержит соответствующие методы. Он играет важную роль в обеспечении взаимодействия с пользователем. Для интеграции между системами GitLab и Open Project представлены классы «Сервис GitLab» и «Сервис Open Project». Они оба обладают методами для получения задач и журналирования затраченных часов на задачи. Выполнение этих методов осуществляется с помощью класса «API-сервис», который инкапсулирует логику выполнения запросов к GitLab и Open Project.

Такая архитектура классов позволяет эффективно управлять обновлениями, обрабатывать команды пользователя, отправлять сообщения и взаимодействовать с сервисами GitLab и Open Project.

**Выводы.** Интеграция между Open Project и GitLab с помощью диалогового агента значительно оптимизирует процесс журналирования рабочего времени сотрудниками. Благодаря возможности включения данных о затраченном времени на задачи GitLab в ежемесячный отчет, агент обеспечивает точность, целостность и полноту информации, что является важным фактором для эффективного управления проектами и анализа производительности.

### **Библиографический список**

1. Морозова О.А. Интеграция корпоративных информационных систем: М80: учеб. пособие / Фин. ун-т. – М., 2014. – 140 с.
2. Документация по Open Project [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.openproject.org/docs/> (дата обращения: 28.05.2023).
3. Документация по GitLab [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.gitlab.com/> (дата обращения: 28.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Яруллин Денис Владимирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [d.v.yarullin@ya.ru](mailto:d.v.yarullin@ya.ru)

**Сычев Кирилл Сергеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: [sychevks@yandex.ru](mailto:sychevks@yandex.ru).

**А.А. Тютюных, Е.А. Тютюных**

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ СИМУЛЯЦИИ ВЕТРА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА КРАНОВЩИКА**

Решается задача разработки модуля симуляции ветра для компьютерного тренажера крановщика. Выявлена актуальность решаемой задачи. Предложен алгоритм моделирования ветра. Определены динамические параметры моделируемого процесса. Представленный алгоритм учитывает основные аспекты ветрового воздействия на объект и не обладает большой вычислительной сложностью.

**Ключевые слова:** компьютерный тренажер, моделирование ветра.

**A.A. Tyutyunyk, E.A. Tyutyunyk**

## **DEVELOPMENT OF A WIND SIMULATION MODULE FOR A COMPUTER SIMULATOR OF A CRANE OPERATOR**

The article solves the problem of developing a wind simulation module for a computer simulator of a crane operator. Revealed the relevance of the problem being solved. Wind modeling algorithms are proposed. The dynamic parameters of the simulated process are determined. The presented algorithm revealed the main aspects of the wind effect on the object and does not have high computational complexity.

**Keywords:** computer simulator, wind simulation.

Современные компьютерные тренажеры играют ключевую роль в обучении операторов и подготовке их к выполнению сложных задач в реальных условиях. При разработке компьютерного тренажера важно создать виртуальной среду, максимально приближенную к реальным условиям работы. Для эффективного обучения операторов важна не только реалистичность виртуальной среды, но и точность моделирования динамических процессов.

Моделирование погодных условий, транспорта, других динамических объектов и процессов необходимо для достоверности и реализма виртуальной среды. Ветер оказывает влияние на безопасность и эффективность перегрузочных процессов, поэтому он является важным фактором, который стоит учитывать при моделировании виртуальной среды в компьютерных тренажерах.

Актуальность моделирования ветра в компьютерном тренажере обусловлена следующими факторами:

1. Ветер является одним из наиболее важных погодных условий, влияющих на перегрузочный процесс.

2. Работа оператора портального крана требует обеспечения безопасности, поэтому симуляция ветра в тренажере позволит оператору научиться адекватно реагировать на сильный ветер и порывы, принимать меры и использовать методы для управления краном при разных погодных условиях.

3. С учетом ветра может быть повышена эффективность работы крана и ускорен перегрузочный процесс. Моделирование ветра позволит оператору выявить эффективные методы работы с учетом погодных условий.

Существующие решения моделирования ветра основываются на его моделировании как потока воздушных масс [1, 2]. Эти методы основываются на физических принципах движения ветра и поэтому обладают наибольшей физической достоверностью. Однако данные методы требуют значительных вычислительных ресурсов. Расчеты потока воздуха являются сложными и требовательными к системе. Этот фактор является существенным при моделировании компьютерных тренажеров, так как надо обеспечить быстроту вычислений и моделирования виртуальной среды. Ввиду этого актуальной является задача по разработке алгоритма моделирования ветра, не имеющего большой вычислительной сложности.

Стоит отметить, что модуль симуляции ветра разрабатывается для существующего проекта компьютерного тренажера оператора портального крана кафедры ИТАС ПНИПУ [3, 4], который реализован в среде разработки Unity.

Для того чтобы ускорить процесс вычисления, были определены следующие требования и допущения к моделированию ветра в виртуальной среде:

1. Для правильной симуляции перегрузочного процесса достаточно учитывать влияние ветра только на определенные объекты, такие как перегружаемые грузы.

2. Направление и скорость ветра задаются в начале симуляции и в течение работы имеют небольшие отклонения в заданных рамках.

3. Ветер имеет колебания скорости, которые важно учитывать. Ветровые порывы изменяют свою скорость через периоды и на определенную величину в пределах коэффициента пульсации.

Данные требования позволят достичь требуемого уровня реализации виртуальной среды без больших требований к вычислительной системе.

Для моделирования ветра необходимо учитывать две основные характеристики ветра: направление и силу. А также характеристики груза: площадь проекции и коэффициент сопротивления груза.

Направление ветра задается как трехмерный вектор с произвольным направлением на горизонтальной плоскости и небольшим отклонением по горизонтали.

Сила ветра – ветровая нагрузка, которую испытывает объект, зависит от давления воздуха, площади проекции объекта и коэффициента сопротивления, зависящего от формы объекта [5]:

$$\vec{F}_w = p A_p c_w, \quad (1)$$

где  $p$  – давление воздуха,  $A_p$  – площадь проекции объекта,  $c_w$  – коэффициент сопротивления воздуха для объекта.

На давление воздуха на  $1 \text{ м}^2$  влияет плотность воздуха и квадрат скорости ветра:

$$p = 0,5 \rho v^2, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха ( $1,25 \text{ кг/м}^3$ ),  $v$  – скорость ветра.

Исходя из формул (1) и (2) получим общую формулу ветровой нагрузки, которая будет использоваться в вычислениях:

$$\vec{F}_w = 0,5 \rho v^2 A_p c_w. \quad (3)$$

Коэффициент сопротивления для груза задается в зависимости от его типа геометрической формы [6]. Например, для контейнера, который представляет собой параллелепипед, коэффициент сопротивления равен 1,3.

Площадь проекции объекта, на которую воздействует ветер, – это проекция объекта на плоскость, полученная путем опускания вектора направления ветра от всех точек груза (рис. 1).

В Unity сначала находим проекцию объекта и получаем многоугольник. Затем считаем площадь получившегося многоугольника по формуле Гаусса.

Поскольку в реальных условиях характеристики ветра могут все время изменяться, для достижения достоверности симуляции необходимо учитывать изменение параметров направления и скорости во времени.

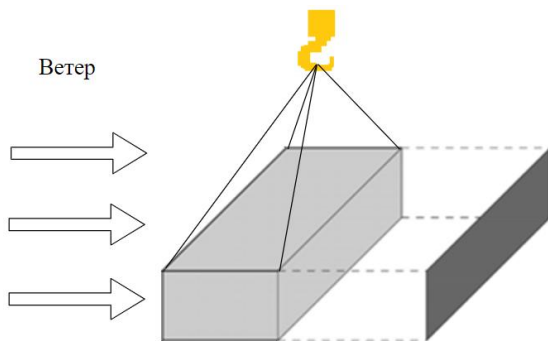


Рис. 1. Пример площади проекции

Изменение направления и силы ветра в процессе симуляции:

1. В процессе симуляции заданное направление ветра меняется в пределах 5 % ( $18^\circ$ ) относительно начального направления.

2. Сила ветра изменяется в заданных рамках, соответствующих коэффициенту пульсации (параметр изменения скорости ветра от средней величины) и периоду пульсации [7]. На рис. 2 показан пример моделирования скорости ветра при заданных параметрах: скорость ветра 9 м/с, коэффициент пульсации 1,4, период пульсации 5 с.



Рис. 2. График изменения скорости ветра

Через заданный промежуток времени, задаваемый пользователем или программно, система случайно решает, менять значение или оставлять прежним. Затем система определяет случайно значения для отклонения скорости и направления ветра в заданных рамках.

Итоговый алгоритм имеет следующий вид:

1. Пользователь или система перед началом упражнения (симуляции) определяет направление и значение скорости ветра в допустимых пределах.

2. Вычисляется площадь проекции объекта, на которую воздействует ветер.

3. Вычисляется сила ветра – ветровая нагрузка.

4. Полученные значения направления и силы ветра применяются к объекту.

5. Динамически изменяются значения скорости и направления ветра.

В результате работы был предложен алгоритм моделирования ветра в виртуальной среде компьютерного тренажера крановщика, который учитывает основные аспекты ветрового воздействия на объект (колебания скорости и направления) и не обладает большой сложностью вычислений по сравнению с аналогичными решениями.

Дальнейшие исследования будут направлены на тестирование и оптимизацию данного алгоритма.

### **Библиографический список**

1. Газаров А.Р., Колосов Р.А., Калинин К.А. Моделирование воздушного потока в программном комплексе ANSYS // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – Т. 2. – С. 126–128.

2. Осипов П.П. Моделирование аэродинамики жилой группы // Известия КазГАСУ. – 2009. – № 2 (12). – С. 70–75.

3. Файзрахманов Р.А., Хабибулин А.Ф. Проектирование и разработка тренажерного комплекса оператора портального крана // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 9. – С. 80–92.

4. ANYCRANE: Towards a better Port Crane Simulator for Training Operators / R.A. Fayzrakhmanov, I.S. Polevshchikov, A.F. Khabibulin, F.I. Shklyae, R.R. Fayzrakhmanov // 15th International industrial simulation conference. – 2017. – P. 85–87.

5. Liebherr. Воздействие ветра при работе крана: учеб. пособие. – 4-е изд. – 2017. – 56 с.

6. Королев Е.В., Жамалов Р.Р. Аэродинамическое сопротивление плохо обтекаемых тел // Вестник НГИЭИ. – 2014. – Т. 2, № 1 (2). – С. 61–77.

7. Подобед Н.Е. Численное моделирование допустимых ветровых нагрузок для рабочего состояния механизмов передвижения порталного крана типа Ганц // Вестник МГТУ. – 2010. – Т. 13. – С. 957–962.

### **Сведения об авторах**

**Тютюных Артем Александрович** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: artbox1g@gmail.com

**Тютюных Екатерина Александровна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИВТ-21-2б, г. Пермь, email: katelingerg@gmail.com

**А.С. Ушаков, О.И. Мухин**

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СВОЙСТВ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ  
ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ  
МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЦЕН**

Исследуется возможность построения геометрических многомерных образов сложных систем и визуального их сравнения между собой. Рассматривается способ извлечения геометрического образа системы из алгебраического описания и метод визуализации многомерного пространства и объектов в нем. Показаны примеры использования метода на основе обучения экспертной системы и сравнения двух текстов.

**Ключевые слова:** многомерное пространство, визуализация, сложная система, модель, образ системы, искусственный интеллект.

**A.S. Ushakov, O.I. Muhin**

**VISUALISATION OF THE FEATURES OF COMPLEX  
SYSTEMS BY USING THE AUTOMATED CONSTRUCTION  
OF MULTIDIMENSIONAL SCENES**

The paper explores the possibility of constructing geometric multidimensional images of complex systems and their visual comparison with each other. The method of extracting the geometric image of the system from the algebraic description and the method of visualization of multidimensional space and objects in it are considered. The examples of using the method based on training of expert system and comparing two texts are shown.

**Keywords:** multidimensional space, visualization, complex system, model, system image, artificial intelligence.

По мере развития глобализации, охватывающей современный мир, его представление в виде сложных систем становится все более востребованным и распространенным. Увеличивается кратно количество элементов систем и связей между ними. Анализ таких систем становится все более трудоемок из-за их размера и сложности. Исследование визуального единого целостного геометрического образа помогает понять поведение и свойства системы, выявить закономерности и взаимосвязи в данных и между компонентами системы, сравнить системы между собой.

Сложные системы могут быть представлены различными техническими устройствами, текстами, образами.

На данный момент мы можем получить алгебраическое описание таких систем, используя методы искусственного интеллекта, а именно математическую модель: уравнения, неравенства, их совокупности. Но такое описание не позволяет в полной мере понять поведение системы и закономерности внутри нее.

В больших системах поведение настолько сложно, что его траектории крайне запутаны и непонятны. Но, изобразив образ системы в  $N$ -мерном пространстве, можно увидеть узнаваемую геометрическую форму, стоящую за алгебраической структурой.

Для решения задачи визуализации геометрического образа сложной системы предлагается построить изображение  $N$ -мерного пространства и  $N$ -мерных объектов внутри него, которое будет спроецировано на плоскость 2D-монитора. Для наблюдения понимания образа с различных ракурсов предлагается автоматически производить преобразования объектов в  $N$ -мерном пространстве (вращения, масштабирование, смещение, проецирование).

Для визуализации образов предлагается воспользоваться математическим аппаратом компьютерной графики, а точнее, традиционными матричными преобразованиями, расширив их для использования в пространстве любой размерности.

Стандартная форма матрицы преобразования в 3D-пространстве имеет размерность  $4 \times 4$  при использовании однородной системы координат [1]. Тогда для  $N$ -мерного пространства матрица будет иметь размерность  $(N + 1) \times (N + 1)$ .

**Матрица поворота.** Следует учитывать, что для пространств размерности больше трех невозможно указать единственную прямую, ортогональную двум заданным прямым и проходящую через начало системы координат, а поэтому нельзя говорить о вращении вокруг какой-то оси. Можно говорить о вращении в какой-то плоскости [2, 3].

О вращении в плоскости можно говорить и для трехмерного пространства, например вращение вокруг оси  $z$  есть вращение в плоскости  $xy$ . Все точки при повороте в пространстве любой размерности начиная с  $N = 2$  всегда движутся параллельно некоторой двумерной плоскости.

Тогда матрица поворота в N-мерном пространстве выглядит следующим образом (в данном случае поворот осуществляется в плоскости  $xu$ ):

$$M_{Rxy} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

где  $\theta$  – угол поворота в плоскости  $xu$ . Вращения в других плоскостях можно получить, перемещая соответствующие выражения по строкам и столбцам.

**Матрица масштабирования.** Матрица масштабирования используется для увеличения или уменьшения значений координат точек объекта, вследствие чего достигается изменение размеров геометрических объектов по заданным осям.

Обобщая вид стандартных матриц масштабирования для двумерного и трехмерного пространств, получаем их общий вид для N-мерного пространства:

$$M_S = \begin{pmatrix} a & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & b & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & s \end{pmatrix},$$

где  $a$  – коэффициент масштабирования по оси  $x$ ,  $b$  – по оси  $y$ ,  $s$  – по всем осям одновременно (комплексное масштабирование). Остальные коэффициенты по главной диагонали матрицы задают величину масштабирования по оставшимся осям.

**Матрица смещения.** Матрица смещения используется для перемещения объекта в пространстве.

Обобщая структуры матриц смещения для двумерного и трехмерного пространств, приходим к общему виду такой матрицы для N-мерного пространства:

$$M_T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ k_1 & k_2 & \cdots & k_n & 1 \end{pmatrix},$$

где вектор смещения  $(k_1, k_2, \dots, k_n)$  задает смещение по заданным осям.

**Матрица проецирования.** Матрица проецирования используется для проецирования объекта на подпространство. Здесь она будет использоваться так, чтобы спроецировать N-мерную сцену на плоскость монитора:

$$M_p = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & p_1 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & p_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & p_n \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

где значения  $p_n$  являются коэффициентами плоскости, на которую проецируется образ:  $p_1x + p_2y + \cdots + p_nh + 1 = 0$ .

На основе матричных преобразований и вышеописанных предложений была реализована программа A-scan для визуализации многомерных геометрических образов сложных систем.

В качестве примера используем экспертную систему (рис. 1) (метод искусственного интеллекта [5]), обученную на Iris Dataset [4] (рис. 2). Входными данными для экспертной системы являются наборы значений признаков объекта (в данном случае ирисов). Количество признаков – 4 (sepal length, sepal width, petal length, petal width), значит, пространство четырехмерное.

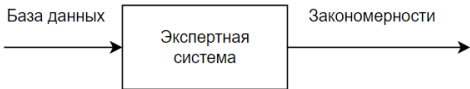


Рис. 1. Схема экспертной системы

| Id | SepalLengthCm | SepalWidthCm | PetalLengthCm | PetalWidthCm | Species     |
|----|---------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| 1  | 5.1           | 3.5          | 1.4           | 0.2          | Iris-setosa |
| 2  | 4.9           | 3            | 1.4           | 0.2          | Iris-setosa |
| 3  | 4.7           | 3.2          | 1.3           | 0.2          | Iris-setosa |
| 4  | 4.6           | 3.1          | 1.5           | 0.2          | Iris-setosa |
| 5  | 5             | 3.6          | 1.4           | 0.2          | Iris-setosa |
| 6  | 5.4           | 3.9          | 1.7           | 0.4          | Iris-setosa |
| 7  | 4.6           | 3.4          | 1.4           | 0.3          | Iris-setosa |
| 8  | 5             | 3.4          | 1.5           | 0.2          | Iris-setosa |
| 9  | 4.4           | 2.9          | 1.4           | 0.2          | Iris-setosa |
| 10 | 4.9           | 3.1          | 1.5           | 0.1          | Iris-setosa |
| 11 | 5.4           | 3.7          | 1.5           | 0.2          | Iris-setosa |
| 12 | 4.8           | 3.4          | 1.6           | 0.2          | Iris-setosa |
| 13 | 4.8           | 3            | 1.4           | 0.1          | Iris-setosa |
| 14 | 4.3           | 3            | 1.1           | 0.1          | Iris-setosa |
| 15 | 5.8           | 4            | 1.2           | 0.2          | Iris-setosa |
| 16 | 5.7           | 4.4          | 1.5           | 0.4          | Iris-setosa |
| 17 | 5.4           | 3.9          | 1.3           | 0.4          | Iris-setosa |
| 18 | 5.1           | 3.5          | 1.4           | 0.3          | Iris-setosa |
| 19 | 5.7           | 3.8          | 1.7           | 0.3          | Iris-setosa |

Рис. 2. Часть Iris Dataset, представленная в виде базы данных

На выходе экспертной системы получается система уравнений (алгебраическая модель), которая геометрически представляет собой множество гиперобластей в пространстве  $N = 4$ , представляющих классы ирисов (Iris Setosa, Iris Versicolour, Iris Virginica). Гиперобласти отделяются друг от друга гиперплоскостями, которые можно визуализировать. Точки в многомерном пространстве представляют собой конкретные экземпляры классифицируемых множеств объектов. На рис. 3 приведен образ трех уравнений (гиперплоскостей):

$$y_1 = 0,606971x + 2,26988y - 3,73073z - 0,906969w;$$

$$y_2 = -0,254227x - 2,93349y + 3,30889z - 7,06086w;$$

$$y_3 = -5,91036x - 5,07457y + 9,06865z + 8,20968w.$$

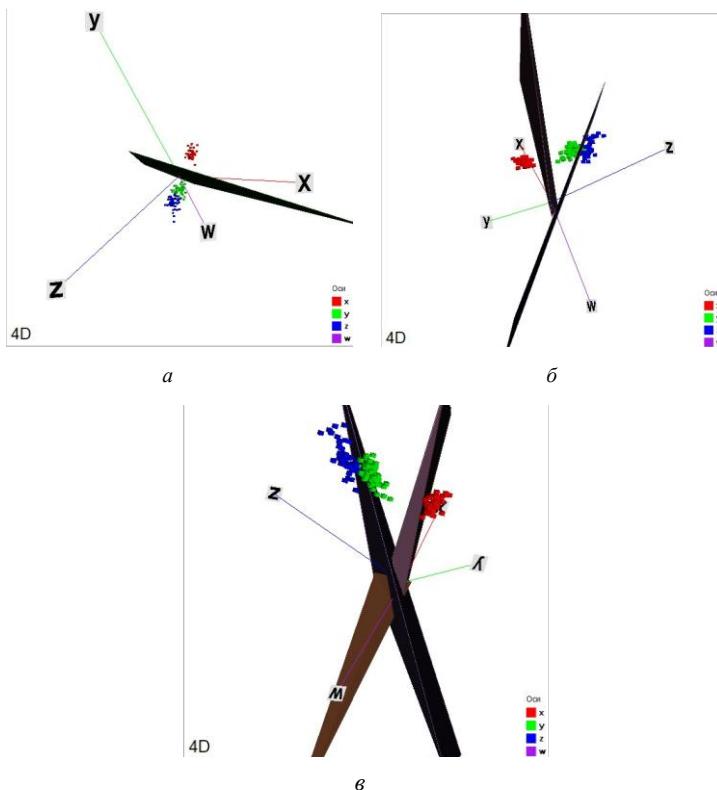


Рис. 3. Закономерности экспертной системы, наблюдаемые с различных трехмерных ракурсов в плоскости монитора: *a* – видна одна гиперплоскость  $w_1$  в виде тела, *б* – видны две гиперплоскости  $w_1$ ,  $w_2$ , каждая с торца, *в* – видны три гиперплоскости  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$

При проецировании четырехмерных плоскостей в трехмерное пространство плоскости для наблюдателя принимают форму объемных фигур. При определенном угле поворота точки взгляда гиперплоскость можно увидеть с торца, т.е. увидеть прямую. Такой эффект достигается, когда оси при проецировании накладываются друг на друга. В таком положении наблюдатель-исследователь получает возможность увидеть разделение классов гиперплоскостями (правилами, порождаемыми экспертной системой).

В данном случае была получена модель, на которой можно решать новые задачи: исследование влияния множества параметров на поведение системы, определение взаимосвязи областей допустимых решений в сложных технических устройствах.

Другой пример: сравнение текстов. Пусть есть алгебраические модели двух текстов, построенные нейронной сетью. Тогда, загрузив их в программу A-scan, можно увидеть два тела, которые могут оказаться эквивалентными или нет по форме, а также пересекаться или не пересекаться по местоположению. Каждый из этих случаев определяет смысловую схожесть текстов.

1. Если многомерные тела одинаковы, то и тексты, соответственно, тоже.
  2. Если многомерные тела пересекаются, то в них есть сходства и различия.
  3. Если многомерные тела не пересекаются, то тексты различны.
- Пример пересечения двух образов текстов представлен на рис. 4.

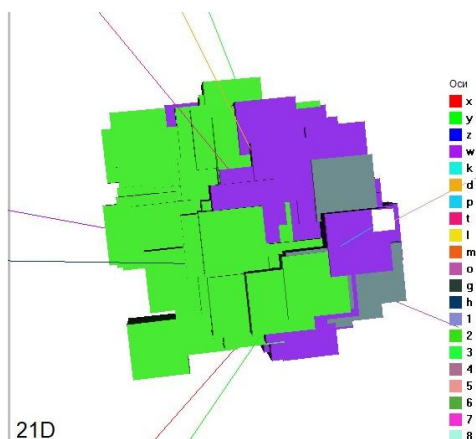


Рис. 4. Взаимное положение двух геометрических образов литературных текстов (пересечение, объединение) в 21-мерном пространстве признаков

Таким образом, можно наглядно проследить, насколько смыслы текстов похожи, при этом не требуя прочтения двух текстов и вникания в их смысл. В статье был описан способ геометрического представления сложных систем в виде сцен в многомерном пространстве, что способствует лучшему пониманию закономерностей их работы. Построенный данным способом геометрический образ системы является моделью, на которой можно решать задачи визуально. Была разработана программа A-scan, автоматизирующая этот способ представления поведения, свойств и структуры сложных систем.

### **Библиографический список**

1. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
2. Hanson A.J. Computer graphics beyond the third dimension. Course Notes for SIGGRAPH'98. – URL: [http://web.cse.ohio-state.edu/~shen.94/888\\_su02/hanson\\_note.pdf](http://web.cse.ohio-state.edu/~shen.94/888_su02/hanson_note.pdf) (accessed 20 April 2023).
3. Zhelezov O.I. N-dimensional rotation matrix generation algorithm // American Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2017. – Vol. 7, no. 2. – P. 51–57.
4. Iris Data Set. – URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/iris> (accessed 23 April 2023).
5. Мухин О.И. Моделирование систем. Ч. 2 «Искусственный интеллект». Построение экспертной системы на имитационном принципе [Электронный ресурс]. – URL: <http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/lection102.html> (дата обращения: 05.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Ушаков Андрей Сергеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-16, г. Пермь, e-mail: funfox00@yandex.ru

**Мухин Олег Игоревич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: moi@stratum.ac.ru

**О.И. Мухин, А.А. Филатова**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ОПЕРАЦИИ С НИМИ**

Описывается разработка альтернативного метода проектирования и преобразования цифровых двойников геометрических объектов в компьютерном моделировании. Альтернативный метод, в отличие от традиционного, основан на описании геометрических объектов совокупностью математических неравенств, связанных логическими операциями AND, OR, NOT. Преобразование происходит путем использования матричных операций над коэффициентами неравенств, задающих геометрический объект.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, геометрический объект, альтернативный метод, неравенство, матричные операции.

**O.I. Mukhin, A.A. Filatova**

## **DESIGNING DIGITAL TWINS OF GEOMETRIC OBJECTS AND OPERATIONS WITH THEM**

This article describes the development of an alternative method for designing and transforming digital twins of geometric objects in computer simulation. The alternative method, in contrast to the traditional one, is based on the description of geometric objects by a set of mathematical inequalities connected by the logical operations AND, OR, NOT. Transformation takes place through the use of matrix operations on the coefficients of the inequalities defining the geometric object.

**Keywords:** digital twin, geometric object, alternative method, inequalities, matrix operations.

Элементарным геометрическим объектом, или ЭГО называется геометрическая форма, заданная одним неравенством, которая используется для проектирования более сложных форм – неэлементарных геометрических объектов, или НЭГО. В двухмерном пространстве к ЭГО относится прямая, парабола, гипербола и другие, в трехмерном – плоскость, эллипсоид, цилиндр, гиперboloид и другие.

В настоящее время основным способом проектирования и преобразования цифровых двойников геометрических объектов в компьютерном моделировании является традиционный, или точечный метод. Традиционный метод основан на проектировании геометрических объектов путем определения расположения точек объекта, т.е. их координат.

нат. Наряду с достоинствами он характеризуется перечнем недостатков [1, 2]. Альтернативный метод проектирования геометрических объектов базируется на описании НЭГО совокупностью математических неравенств. Геометрически неравенства характеризуют область плоскости или пространства, т.е. бесконечное множество точек. Таким образом, взаимодействие с коэффициентами неравенств, задающими геометрический объект, дает возможность одновременно оперировать сразу множеством точек, а не обращаться к координатам каждой из них, как в традиционном методе. Использование альтернативного метода проектирования дает возможность избавиться от недостатков традиционного. Например, оперирование неравенствами, а не координатами точек позволяет создавать более гладкие естественные линии.

Согласно альтернативному методу, проектирование цифрового двойника ЭГО в двухмерном пространстве строится из дочерних неравенств, происходящих от неравенства общего вида:

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F \geq 0, \quad (1)$$

где  $x, y$  – переменные;  $A, B, C, D, E, F$  – числовые коэффициенты.

При обращении в нуль некоторых коэффициентов неравенства (1) можно получить прямую, параболу, гиперболу, эллипс, необходимые для описания геометрического объекта. Аналогично из неравенства общего вида в трехмерном пространстве образуются плоскость, эллипсоид, гиперболоид, цилиндр и другие составляющие геометрических объектов, подлежащих цифровизации.

Кроме того, при разработке альтернативного метода учтена возможность работы с частями тригонометрических функций. Для этого были приведены к полиномиальному виду путем разложения в ряд Тейлора и аппроксимированы синусоида (2) и косинусоида (3). При определении точности представления объекта ряд задается определенным количеством слагаемых.

$$y \geq x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots; \quad (2)$$

$$y \geq 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \frac{x^8}{8!} + \dots. \quad (3)$$

Также дополнительной возможностью альтернативного метода является возможность работы с кривой Ламе, иначе называемой суперэллипсом [3]. В полярной системе координат область плоскости, ограниченная кривой Ламе, характеризуется неравенством

$$\left( \left| \frac{\cos(\frac{m\varphi}{4})}{a} \right|^{n_a} + \left| \frac{\sin(\frac{m\varphi}{4})}{b} \right|^{n_b} \right)^{-\frac{1}{n}} - R \leq 0, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – величина угла между положительной осью  $X$  и кривой, которая изменяется по формуле  $\varphi = \varphi + h$  в диапазоне  $[0; 2\pi]$ ;  $h$  – значение шага изменения угла;  $a, b$  – масштабные коэффициенты;  $n_a, n_b, n$  – коэффициенты формы;  $m$  – коэффициент, контролирующий количество лепестков кривой;  $R$  – радиус кривой под углом  $\varphi$ .

С помощью перевода декартовых координат в полярные неравенство (4) преобразуется и может быть использовано в прямоугольной системе координат:

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi, \\ y = R \sin \varphi, \end{cases}$$

где  $\varphi$  – величина угла между положительной осью  $X$ ;  $R$  – радиус кривой под углом  $\varphi$ ;  $x, y$  – декартовы координаты.

Аналогично области, ограниченной суперэллипсом, в двухмерном пространстве в альтернативном методе описывается неравенство, задающее область, ограниченную суперэллипсоидом в трехмерном пространстве.

Использование областей, ограниченных кривой Ламе и суперэллипсоидом, позволяет создавать множество замкнутых нетривиальных геометрических форм. Данные геометрические объекты применяются в сферах компьютерной томографии, цифрового дизайна, архитектуре и других. Пример графической интерпретации областей, ограниченных кривой Ламе, при различных параметрах представлен на рис. 1.

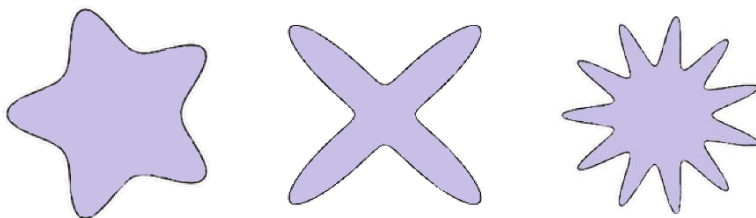


Рис. 1. Области, ограниченные кривыми Ламе

Неравенства, описывающие НЭГО, связаны между собой логическими операциями объединения (OR), пересечения (AND) и отрицания (NOT). Иными словами, полное описание цифрового двойника представляет собой строку нефиксированной длины. Для эффективности

программной реализации в альтернативном методе выполнен переход от логических операций к аналоговым и от неравенств к функции Хэвисайда. Пример проектирования геометрического объекта в двумерном пространстве:

$$\begin{aligned} & \text{one}(F_1^2 - A_1x^2 - C_1y^2)(1 - \text{one}(E_1y)) + \text{one}(F_2 - A_2x^2) \times \\ & \times \text{one}(E_2y - F_3)\text{one}(-F_4 - E_3y) + \text{one}(E_4y - F_5)(1 - \text{one}(E_5y - F_6)) \times \\ & \times \text{one}(F_7 - D_1x)(1 - \text{one}(F_8 - D_2x)) \leq 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $A_1, A_2, C_1, E_1, \dots, E_5, D_1, D_2, F_1, \dots, F_8$  – коэффициенты неравенств;  $x, y$  – переменные;  $\text{one}()$  – функция Хэвисайда.

Графическая реализация цифрового двойника геометрического объекта согласно формуле (5) представлена на рис. 2.

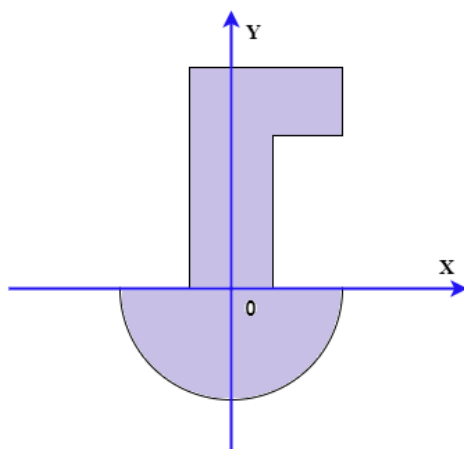


Рис. 2. Двухмерный геометрический объект

Манипулирование цифровыми двойниками геометрических объектов осуществляется путем использования матричных операций над коэффициентами. В альтернативном методе реализовано пять основных операций для двумерного и трехмерного пространств:

- 1) смещение;
- 2) масштабирование;
- 3) поворот;
- 4) зеркалирование;
- 5) проецирование.

Матричные операции в данном случае применимы к коэффициентам неравенств. Использование матричных операций позволяет изме-

нять положение геометрического объекта относительно осей координат, производить масштабирование и направленную деформацию объекта и его частей, получать объекты, симметричные исходному, без их повторного проектирования, строить проекции пространственных образов и др.

Например, матричная операция масштабирования двумерного геометрического объекта имеет вид

$$\begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & ad \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dA_1 & aB_1 & adC_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_2 & B_2 & C_2 \end{bmatrix},$$

где  $a$  – масштабирование объекта по оси  $x$ ;  $d$  – масштабирование объекта по оси  $y$ ;  $A_1, B_1, C_1$  – коэффициенты неравенства, задающего расположение исходного геометрического объекта;  $A_2, B_2, C_2$  – коэффициенты неравенства, задающего расположение геометрического объекта после масштабирования.

Используя альтернативный метод, можно получить контур или сечение объекта. Для получения контура геометрического объекта необходимо использовать знак уравнивания, превратив неравенство в уравнение. Так, например, из круга можно получить окружность. Для создания сечения нужно применить логическую операцию пересечения (AND) для математического описания исходного объекта и уравнения секущей плоскости.

Таким образом, альтернативный метод проектирования и преобразования цифровых двойников геометрических объектов основывается на описании объекта как совокупности полиномиальных и тригонометрических неравенств, связанных логическими операциями с последующим переходом к функциям Хэвисайда, связанным аналоговыми операторами. Для манипулирования геометрическими объектами используются матричные операции смещения, масштабирования, поворота, зеркалирования и проецирования. Также есть возможность выделения контура и различных сечений геометрических объектов.

### Библиографический список

1. Computer Graphics: Principles and Practice / F. Hughes, D. Sklar, J. Foley, S. Feiner, K. Akeley. – 2th ed. – New York: Addison-wesley, 2013. – 1263 p.

2. Mortenson M. Geometric Modeling. – 2th ed. – New York: Wiley, 1985. – 544 p.

3. Бугров Я.С., Никольский С.М. Высшая математика. Дифференциальное и интегральное исчисление: учеб. – 3-е изд., испр. – М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 432 с.

### **Сведения об авторах**

**Мухин Олег Игоревич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: moi@stratum.ac.ru

**Филатова Анна Александровна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: fila7owa.anna@yandex.ru

**Н.В. Андриевская, Е.А. Фокеев**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ РОБОТА-БАЛАНСИРОВЩИКА LEGO MINDSTORMS EV3**

Представляет исследование, основанное на использовании робота-балансировщика Lego MINDSTORMS EV3 для разработки адаптивной системы управления. Робот-балансировщик является важным инструментом для исследования управления стабильностью и стабилизацией на практике. Описывается процесс разработки адаптивной системы управления, которая способна автоматически подстраиваться под изменяющиеся условия окружающей среды. Исследование основано на алгоритмах машинного обучения и применении датчиков для сбора информации о положении робота.

**Ключевые слова:** обратный маятник, адаптивное управление.

**N.V. Andrievskaya, E.A. Fokeev**

## **THE STUDY OF ADAPTIVE CONTROL BASED ON THE WORK OF THE LEGO MINDSTORMS EV3 LOAD BALANCER**

This article presents a study based on the use of the LEGO MINDSTORMS EV3 load balancer to develop an adaptive control system. The robot balancer is an important tool for the study of stability and stabilization management in practice. The article describes the process of developing an adaptive control system that can automatically adapt to changing environmental conditions. The research is based on machine learning algorithms and the use of sensors to collect information about the robot's position.

**Keywords:** reverse pendulum, adaptive control.

Стабилизация обратного маятника является распространенной задачей в теории автоматического управления, используемой в качестве стандарта для оценки различных методов управления, таких как генетические алгоритмы, ПИД-контроллеры, нейронные сети и проч. Эта задача служит примером для иллюстрации основных концепций стабильности и демонстрации применения регуляторов в реальных системах [1].

В настоящее время активно развивается «неклассический» подход к теории управления, который связан с использованием алгоритмов

и методов интеллектуального управления. Этот подход основан на применении нечеткой логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов, и его развитие находится в активной стадии [2, 3]. Кроме того, для решения задач данного класса хорошие результаты дают адаптивные законы управления, которые в сравнении с эталонной моделью и по результатам работы виртуального наблюдателя формируют новый закон управления информацией, получаемой в процессе управления [4]. Его целью является достижение оптимального уровня качества управления в условиях неопределенности и изменяющихся параметров объекта управления [3, 4].

На сегодняшний день в сфере технологического развития использование решения задачи стабилизации обратного маятника нашло применение в производстве компактных самокатов, которые известны под общим названием Segway. Эти устройства позволяют пользователям передвигаться, поворачивать на месте и обладают высокой маневренностью. Кроме того, эту концепцию также можно применить к таким устройствам, как волчок, одноколесный велосипед (Unicycle) и перевернутый маятник с закрепленной сверху сферой. Все эти примеры демонстрируют способность устройств сохранять равновесие в одной точке.

Научная ценность работы заключается в создании двух принципиально разных алгоритмов стабилизации вертикального положения робота-балансировщика, сравнение методов управления на базе LQR-регулятора и метода адаптивного управления. Сопоставление проходит с использованием реальной системы, что позволяет наглядно продемонстрировать качественные отличия выделенных алгоритмов [5].

Математическая модель двухколесной версии перевернутого маятника представляет собой нелинейную систему, описываемую множеством параметров. Эти параметры включают массу маятника  $M$ ,  $L$  – расстояние между осью маятника и его центром массы,  $\psi$  – угол наклона маятника,  $J_\psi$  – момент инерции маятника при наклоне,  $m$  – массу колес и момент инерции колес  $J_w$ . Предполагается, что колеса вращаются без проскальзывания, поэтому положение двухколесной модели перевернутого маятника в пространстве полностью описывается тремя независимыми координатами: углами поворота колес  $\theta_r$  и  $\theta_l$ , а также углом наклона робота  $\psi$ . Введем углы поворота колес относительно корпуса  $\theta_{m_{l,r}}$  и средний угол поворота колес  $\theta$  (рис. 1).

Математическая модель двухколесного перевернутого маятника является многомерной системой, так как она имеет несколько входов и выходов.

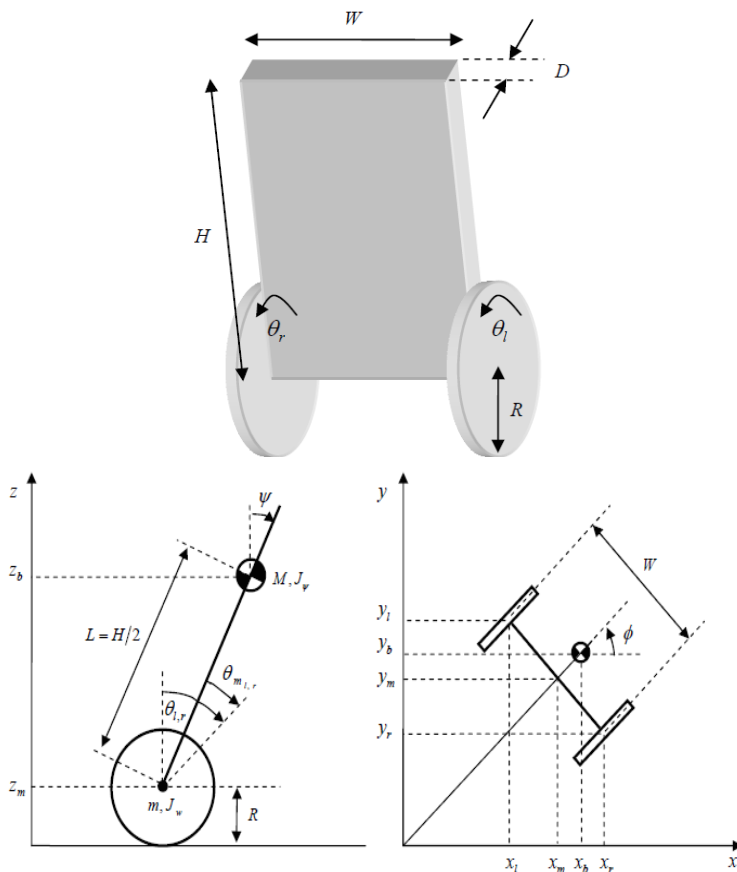


Рис. 1. Модель двухколесного перевернутого маятника в инерциальной системе отсчета

Классическое описание (с помощью передаточной функции) не позволяет составить математическое описание многомерных систем. В этом случае математическая модель может быть представлена в терминах пространства состояний [5].

Для описания модели в пространстве состояний выведем уравнения математической модели двухколесного перевернутого маятника

путем линеаризации уравнений движений в точке баланса маятника при  $\psi \rightarrow 0$ . Следовательно,  $\sin \psi \rightarrow 0$ ,  $\cos \psi \rightarrow 1$ . Скоростью  $\dot{\psi}$  в данном случае будем пренебрегать.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -E^{-1}* & G & -E^{-1}* & F & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{J}{I} \end{bmatrix} x = \begin{bmatrix} \theta \\ \psi \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \\ \varphi \\ \dot{\varphi} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -E^{-1} & H \\ 0 & 0 \\ -\frac{K}{I} & -\frac{K}{I} \end{bmatrix} u = \begin{bmatrix} v_l \\ v_r \end{bmatrix} C = [1]$$

$$y = \begin{bmatrix} \theta \\ \psi \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \\ \varphi \\ \dot{\varphi} \end{bmatrix} D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

где матрицы E, F, G, H соответственно равны

$$E = H \begin{bmatrix} (2m+M)R^2 + 2J_w + 2n^2 J_m & MLR - 2n^2 J_m \\ MLR - 2n^2 J_m & ML^2 + J_\varphi + 2n^2 J_m \end{bmatrix}$$

$$F = 2 \begin{bmatrix} \beta + f_w & -\beta \\ -\beta & -\beta \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -Mgl \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} \alpha & \alpha \\ -\alpha & -\alpha \end{bmatrix}$$

$$I = \frac{1}{2} m W^2 + J_\varphi + \frac{W^2}{2R^2} (J_w + n^2 J_m)$$

$$J = \frac{W^2}{2R^2} (\beta - f_w)$$

$$K = \frac{W}{2R} \alpha$$

Для обеспечения стабильной работы робота, с учетом всех его основных состояний, было предложено использовать LQR-контроллер. LQR относится к классу full-state-контроллеров, т.е. для правильной работы он должен знать все состояния системы в любой момент времени. Принимая на вход вектор состояния системы, он обеспечивает оптимальное управление согласно квадратичному критерию качества (рис. 2, 3).

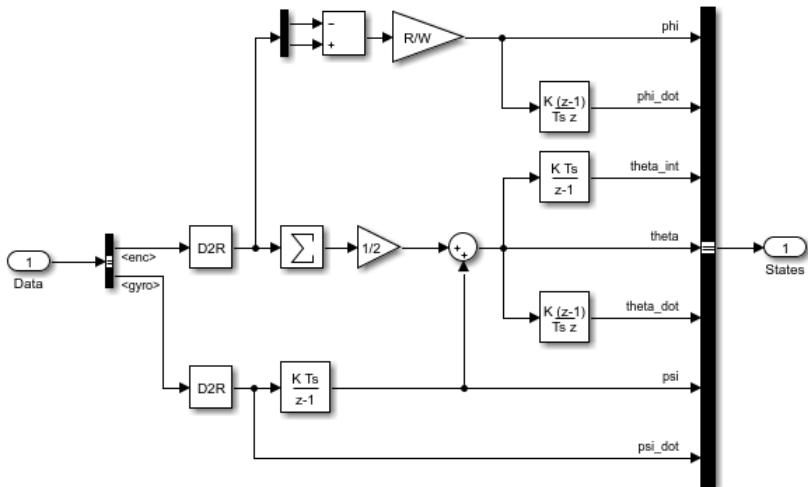


Рис. 2. Подсистема преобразования входных сигналов

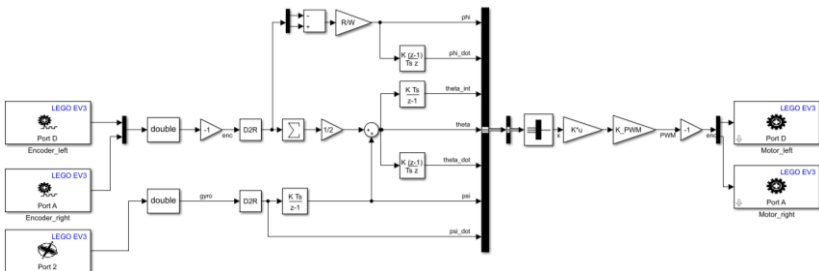


Рис. 3. Полунатурная схема моделирования роботом-балансировщиком с LQR-регулятором

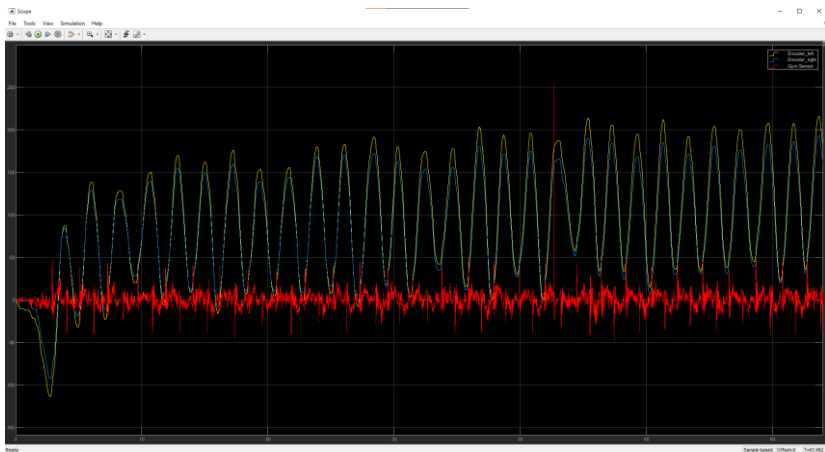


Рис. 4. Сигналы энкодеров и гироскопа при управлении LQR-Controller

Адаптивное управление относится к набору методов в области теории управления, которые позволяют создавать управляющие системы, способные автоматически изменять параметры или структуру своего регулятора в ответ на изменения в параметрах управляемого объекта или воздействия внешних факторов. Такие системы, которые могут самостоятельно приспосабливаться к изменяющимся условиям, называются адаптивными управляющими системами (рис. 4, 5) [6].

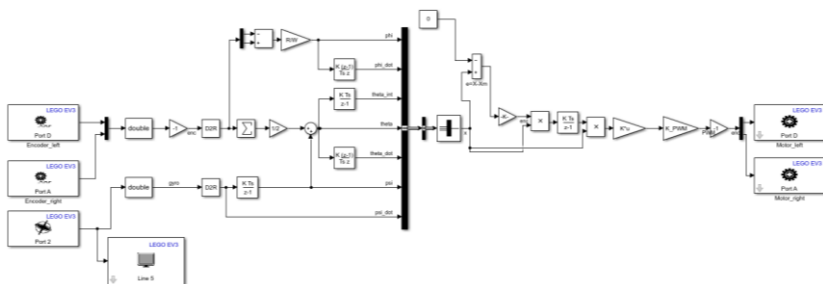


Рис. 5. Полунатурная схема моделирования роботом-балансировщиком с адаптивным управлением

В ходе исследования систем на основе линейно-квадратичного регулятора и адаптивного управления были решены следующие задачи:

1. Была спроектирована математическая модель, созданы файлы с параметрами, построена модель в MatLab Simulink.

2. Система управления была протестирована на реальной модели путем компиляции и загрузки рабочего алгоритма в контроллер реальной системы поддержания баланса робототехнического комплекса: в итоге модель устойчива и управляется.

3. Было спроектировано адаптивное управление, позволяющее на основе эталонной модели модернизировать систему управления и улучшить ее основные характеристики: управляемость и устойчивость.

Обе спроектированные системы управления отвечают заданному критерию качества регулирования: РТК находится в положении равновесия, выдерживает внешние возмущающие воздействия, обеспечивает стабильную работу установки и управляемость перемещением.

К тому же следует привести упрощенную технико-экономическую оценку полученных результатов: кроме использования данных систем управления и технологий в промышленном секторе, есть возможность для повышения качества образовательных процессов за счет использования робототехнического комплекса с целью реализации алгоритмов управления на реальных системах.

### **Библиографический список**

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.

2. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011 – 416 с.

3. Андриевская Н.В., Резников А.С., Черанев А.А. Особенности применения нейро-нечетких моделей для задач синтеза систем автоматического управления // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-7. – С. 1445–1449.

4. Методы адаптивного и робастного управления нелинейными объектами в приборостроении: учеб. пособие для высших учебных заведений / А.А. Бобцов, В.О. Никифоров, А.А. Пыркин, О.В. Слита, А.В. Ушаков / НИУ ИТМО. – СПб., 2013. – 277 с.

5. Андриевская Н.В., Базаров М.А. Решение задачи стабилизации обратного маятника на примере робототехнического комплекса LEGO MINDSTORMS EV3 // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 1. – С. 36–39.

6. Технология LEGO MINDSTORMS NXT в обучении студентов основам адаптивного управления / А.А. Бобцов, Ю.А. Капитанюк, А.А. Капитонов, С.А. Колюбин, А.А. Пыркин, С.А. Чепинский, С.В. Шаветов / НИУ ИТМО. – СПб., 2011. – № 1–11.

### **Сведения об авторах**

**Андриевская Наталья Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: nataly-anv@yandex.ru

**Фоксеев Егор Андреевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-21-1м, г. Пермь, e-mail: afokeev@gmail.com

**Р.Э. Хузин, А.В. Тарутин**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ  
СМЕННО-СУТОЧНОГО ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАСТКА  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ  
ПАО «ПЕРМСКАЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ»**

Исследуется процесс формирования сменно-суточного задания, рассмотрены понятия и необходимость точной информации при формировании итоговых данных и отчетов. Раскрыты недостатки существующего процесса формирования итогового документа и средства, которые используются для программного продукта. Приведен общий алгоритм автоматического генерирования сменно-суточного задания с целью формирования сменно-суточного задания для участка изготовления кабельной продукции ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания».

**Ключевые слова:** сменно-суточное задание, автоматизация производственных бизнес-процессов, программный продукт.

**R.E. Huzin, A.V. Tarutin**

**AUTOMATION OF THE TASK «GENERATION  
OF SHIFT-DAILY TASKS FOR THE SECTION  
OF MANUFACTURING CABLE PRODUCTS  
OF PJSC PNPPC»**

This article explores the process of forming a shift-daily task, discusses the concepts and the need for accurate information in the formation of final data and reports. The shortcomings of the existing process of forming the final document and the means that are used for the software product are revealed. A general algorithm for automatic generation of a shift-daily task for the formation of a shift-daily task for the cable production section of PJSC PNPPC is presented.

**Keywords:** shift-daily task, automation of production business processes, software product.

Формирование сменно-суточного задания для производства является процессом планирования и распределения задач и ресурсов на производственной площадке на основе установленных требований и режима

работы [1]. Этот процесс включает определение необходимых операций, установление последовательности и сроков их выполнения, а также назначение работников и оборудования для выполнения задач.

Формирование сменно-суточного задания имеет целью оптимизировать использование ресурсов, обеспечить соблюдение графика работы и повысить эффективность производственных процессов [2].

В результате правильно составленного сменно-суточного задания обеспечивается более эффективное использование рабочего времени, сокращение простоев и переработок, а также повышение качества и производительности производства [3].

Использование разрозненных электронных документов для формирования сменно-суточного задания в производстве кабелей (как это реализовано на текущий момент) имеет несколько значительных недостатков. Прежде всего, такая практика ведет к необходимости собирать информацию из различных источников, что требует дополнительных усилий и времени [4].

Кроме того, различные форматы и структуры электронных документов могут затруднять процесс их обработки и анализа. Это может приводить к ошибкам при передаче данных, потере целостности информации и возникновению несоответствий между различными документами.

Другим недостатком использования разрозненных электронных документов является сложность обновления и синхронизации информации. При внесении изменений в один документ может потребоваться соответствующее обновление и в других связанных документах, что может быть трудоемким и подверженным ошибкам процессом.

Более того, отсутствие единого и централизованного хранилища данных может приводить к дублированию информации, несогласованности данных и усложнять их последующую обработку и анализ.

Для автоматизации процесса формирования сменно-суточного задания в производстве должна быть разработана специализированная программа, которая позволяет создать удобный и гибкий инструмент для составления и управления заданиями, а также генерировать соответствующие отчеты и документацию, включая экспорт в форматы, такие как MS Excel, для дальнейшего использования и анализа.

В таблице приведены технические средства для реализации метода извлечения отношений.

## Средства разработки

| № п/п | Средство разработки      | Назначение                                                                                                                                                                                              |
|-------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | C#                       | Язык программирования для реализации клиентского приложения                                                                                                                                             |
| 2     | Visual Studio            | Среда разработки клиентского приложения                                                                                                                                                                 |
| 3     | WinForms (Windows Forms) | Технология разработки графического интерфейса для приложений на платформе Windows                                                                                                                       |
| 4     | SQL                      | Язык программирования, используемый для работы с реляционными базами данных                                                                                                                             |
| 5     | MS SQL Server            | Система управления базами данных (СУБД), разработанная компанией Microsoft. MS SQL Server предоставляет надежное и масштабируемое решение для хранения, управления и обработки структурированных данных |

Основная процедура, которая формирует сменно-суточное задание:

Листинг 1 – Процедура, которая формирует сменно-суточное задание

```
private void ssz_made()
{
    string connectionString = System.Configuration.ConfigurationManager.ConnectionStrings["Cabel.Properties.Settings.CabelDBConnectionString"].ConnectionString;

    int IDChange =
int.Parse(changesDataGridview.CurrentRow.Cells[0].Value.ToString());

    DataTable dt = new DataTable();
    dt.Columns.Add("id_order_production",
typeof(int));
    dt.Columns.Add("quantity", typeof(int));
    dt.Columns.Add("all_duration",
typeof(float));
    dt.Columns.Add("can_make", typeof(int));
    dt.Columns.Add("left_time", typeof(float));
    dt.Columns.Add("reg_make", typeof(int));
    dt.Columns.Add("reg_working_time",
typeof(float));
```

```

        dt.Columns.Add("plan_time_start",
typeof(DateTime));
        dt.Columns.Add("plan_time_end",
typeof(DateTime));

        dt.PrimaryKey = new DataColumn[] {
dt.Columns["id_order_production"] };

        BindingSource bs = new BindingSource();
        bs.DataSource = dt;
        dgSSZ.DataSource = bs;

        using (SqlConnection conn = new
SqlConnection(connectionString))
        {
            using (SqlDataAdapter da = new
SqlDataAdapter())
            {
                SqlCommand cmd = new
SqlCommand(@"calculate_possible_production", conn);
                cmd.CommandType =
CommandType.StoredProcedure;

                cmd.Parameters.AddWithValue("@id_change", IDChange);
                da.SelectCommand = cmd;
                DataSet ds = new DataSet();
                da.Fill(ds, "result_name");
                float duration_charge =
float.Parse(changesDataGridView.CurrentRow.Cells["dataGri
dViewTextBoxColumn4"].Value.ToString());

                float working_time = 0;

                var tres = ds.Tables["result_name"];

                foreach (DataRow row in tres.Rows)
                {
                    if
(float.Parse(row["quantity"].ToString()) == 0)
                    {
                        continue;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        DataRow dr = dt.NewRow();
        dr["id_order_production"] =
(int)row["id_order_production"];
        dr["reg_make"] = 0;
        dr["all_duration"] =
float.Parse(row["all_duration"].ToString());
        dr["quantity"] =
float.Parse(row["quantity"].ToString());

        dt.Rows.Add(dr);

        int need_make =
(int)row["quantity"];
        int making = 0;
        while ((working_time < dura-
tion_charge) && (need_make > making))
        {
            DataRow rowToUpdate = null;
            if
(dt.Rows.Contains((int)row["id_order_production"]))
            {
                rowToUpdate =
dt.Rows.Find((int)row["id_order_production"]);
            } else
            {
                rowToUpdate =
dt.NewRow();

                rowToUpdate["id_order_production"] =
(int)row["id_order_production"];
                rowToUpdate["reg_make"] = 0;

                rowToUpdate["all_duration"] = 0;
                dt.Rows.Add(rowToUpdate);
            }
            if ((duration_charge > work-
ing_time +
float.Parse(rowToUpdate["all_duration"].ToString()))
            {
                rowToUpdate["reg_make"] =
int.Parse(rowToUpdate["reg_make"].ToString()) + 1;
                making++;
            }
        }
    }
}

```

```

                                working_time +=
float.Parse(rowToUpdate["all_duration"].ToString());

rowToUpdate["reg_working_time"] = working_time;
                                } else
                                {
                                    break;
                                }
                            }
                        }
                    }
                }

                int num_charge =
int.Parse(changesDataGridView.CurrentRow.Cells["dataGridV
iewTextBoxColumn3"].Value.ToString());
                DateTime date_charge =
DateTime.Parse(changesDataGridView.CurrentRow.Cells["data
GridViewTextBoxColumn2"].Value.ToString());
                if (num_charge == 1)
                {

                    date_charge = date_charge.AddHours(8);
                } else
                {

                    date_charge = date_charge.AddHours(20);
                }
                foreach (DataRow row in dt.Rows)
                {

                    double duration = dou-
ble.Parse(row["all_duration"].ToString()) * dou-
ble.Parse(row["reg_make"].ToString());
                    row["plan_time_start"] = date_charge;
                    row["plan_time_end"] =
date_charge.AddHours(duration);
                    date_charge =
date_charge.AddHours(duration);
                }
            }

```

Алгоритм формирования сменно-суточного задания представлена на рисунке.

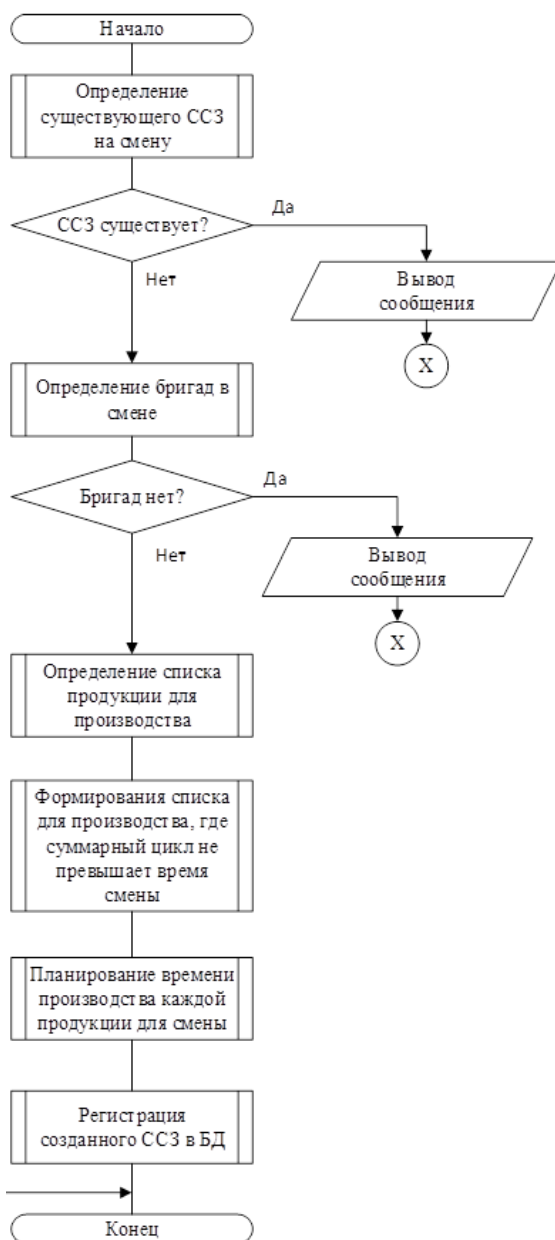


Рис. Алгоритм формирования сменно-суточного задания

### **Библиографический список**

1. Иванов А.С. Организация производства кабельной продукции: планирование и управление. – М.: Техносфера, 2017.
2. Смирнов В.Н. Управление производственными процессами в кабельной промышленности / НИТУ МИСиС. – М., 2019.
3. Ковалева Е.В. Методы и модели управления производственными процессами в электротехнической промышленности. – М.: КомКнига, 2018.
4. Семенова Н.И. Организация и планирование производства электротехнических изделий. – М.: Эксмо, 2016.

### **Сведения об авторах**

**Хузин Рустам Эдуардович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-18-1бз, г. Пермь, e-mail: chuzin.rustam@yandex.ru

**Тарутин Анатолий Владимирович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: itas-pnpu@yandex.ru

**Г.Ф. Масич, Д.П. Чугунов, И.В. Хурматуллин**

## **СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Показаны недостатки существующей системы мониторинга состояния зданий и сооружений. Предлагается ее модернизация с целью создания универсальной и недорогой системы визуализации напряженно-деформированного состояния, которая упростит процесс оценки деформации конструкций, а также будет востребована в сфере графического представления данных.

**Ключевые слова:** мониторинг сооружений, напряженно-деформированное состояние, визуализация данных.

**G.F. Masich, D.P. Chugunov, I.V. Khurmatullin**

## **VISUALIZATION SYSTEM OF THE STRESS-STRAIN STATE OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

The article shows the shortcomings of the existing system for monitoring the condition of buildings and structures. It is proposed to modernize it in order to create a universal and inexpensive system for visualizing the stress-strain state, which will simplify the process of assessing the deformation of structures, and will also be in demand in the field of graphical representation of data.

**Keywords:** structure monitoring, stress-strain state, data visualization.

Здания и инженерные сооружения подвержены различным воздействиям, которые могут привести к деформациям и разрушениям. Ввиду этого очень важно иметь возможность контролировать напряженно-деформированное состояние зданий и сооружений. Оценка технического состояния промышленных объектов ведется в значительной степени визуально при помощи контрольно-измерительной техники мониторинга. Так называемый периодический мониторинг не всегда позволяет оперативно отслеживать критические нагрузки, смену их характера и причину возникновения, что может привести к необратимым скрытым деформационным процессам. Система визуализации напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений является одним из способов контроля за состоянием конструкций. Она позволяет получать информацию о напряжениях и деформациях, происходящих в зданиях и сооружениях, и отображать эту информацию в виде графиков и диа-

грамм. Таким образом, инженеры могут быстро реагировать на любые изменения в состоянии конструкций и принимать меры по предотвращению возможных аварий.

**Анализ существующей системы.** Рассмотрена система мониторинга зданий и сооружений, используемая для визуализации неравномерных осадок зданий в г. Березники вблизи карстовых провалов [1, 2]. На сегодняшний день для сбора, первичной обработки, хранения и визуализации собранных данных используется программное обеспечение (ПО), разработанное сотрудниками ИМСС УрО РАН. На рис. 1 показана структурная схема действующей системы мониторинга [1, 2].

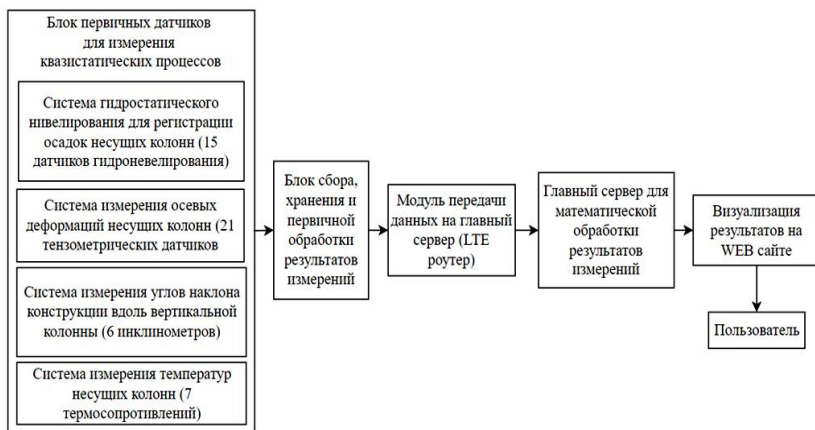


Рис. 1. Структурная схема элементов действующей системы мониторинга

Как видно из рис. 1, каждый объект мониторинга оснащен набором датчиков и системой для их опроса. Результаты измерений хранятся в локальной БД на каждом объекте. При наличии связи с центральным сервером данные реплицируются и на центральный сервер. В периоды отсутствия связи данные хранятся только в БД на объекте и реплицируются на центральный сервер, когда связь восстановится. На центральном сервере данные хранятся настолько долго, насколько это требуется. Удаление данных производится только вручную администраторами системы. При запросе от пользователя требуемых графиков производится выборка необходимых данных из БД, их постобработка и визуализация.

#### **Недостатки действующей системы:**

- при визуализации данных система каждый раз обрабатывает хранящиеся в БД показания датчиков, что приводит к значительному

перерасходу вычислительных ресурсов и сильно увеличивает время построения графиков;

- использование ПО, написанных вручную, снижает потенциал к дальнейшей модернизации или адаптации под новые типы данных.

**Предлагаемое решение.** На рис. 2 показана разрабатываемая схема, которая имеет следующие аспекты новизны:

- организовать дополнительное хранилище постобработанных данных, получаемых с объектов мониторинга;
- предусмотреть рассылку уведомлений при превышении показателями пороговых значений;
- систему сбора, хранения и визуализации данных реализовать на базе open-source инструментальных средств.

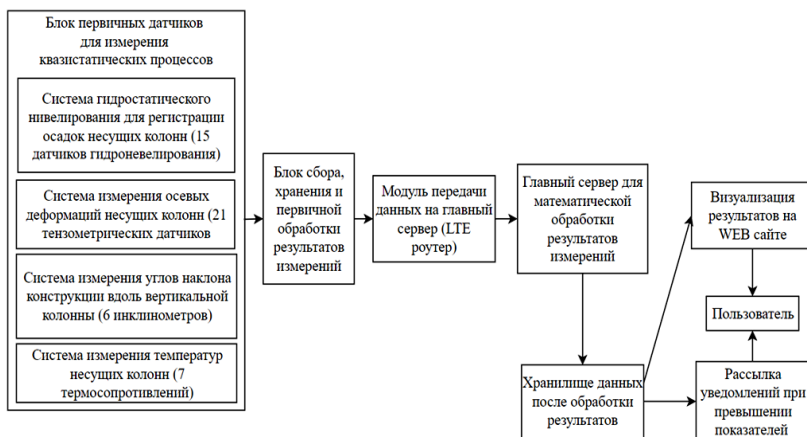


Рис. 2. Структурная схема элементов разработанной системы мониторинга

Дополнительное хранилище данных значительно сократит время построения графиков, а использование инструментальных средств с открытым исходным кодом дает дополнительные возможности:

- регулярной оценки состояния объекта и при превышении показателями пороговых значений – рассылки уведомлений;
- регулирование объема хранимых данных за счет удаления данных по истечении определенного периода времени. «Сырые» данные при этом сохраняются;
- адаптации под новые типы данных.

### **Выбор инструментальных средств [3–6].**

Исследование систем мониторинга представлено в таблице.

## Сравнение ПО систем мониторинга

| Решения  | Интеграция с другими решениями | Различные настройки оповещений | Работа с большими данными | Интуитивно понятная визуализация информации |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| Nagios   | +                              | +                              | —                         | —                                           |
| Graphite | —                              | +                              | —                         | —                                           |
| Grafana  | +                              | —                              | +                         | +                                           |
| Zabbix   | +                              | +                              | +                         | —                                           |

После детального анализа и консультаций с заказчиком этой работы было принято решение для сбора, хранения данных и оповещения выбрать Zabbix, так как он является более гибкой и масштабируемой системой, чем другие аналоги. Zabbix имеет множество настроек и инструментов для управления, а также предоставляет детальную информацию для анализа данных. Для визуализации данных выбрана Grafana, поскольку она позволяет создавать красивые и информативные графики для мониторинга и анализа данных, а также имеет большую гибкость в настройке и подключении к различным источникам данных.

**Пользовательский интерфейс.** Ниже представлен пользовательский интерфейс. После успешной авторизации пользователь попадает на главную страницу (рис. 3). Страница разделена на три основных блока:

- панель навигации слева (содержит кнопку авторизации, иконку пользователя);
- блоки добавления и управления графиками (справа сверху);
- блок данных с графиками (посередине).

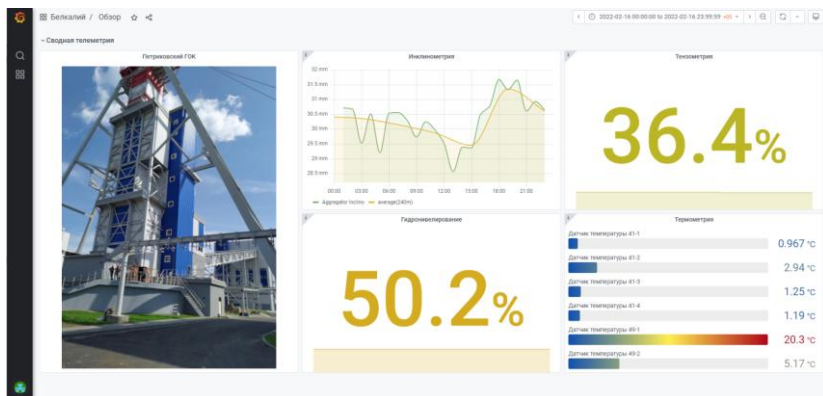


Рис. 3. Начальная страница пользователя

В каждую область контейнера сервера можно добавить виджеты с графиками, их можно перемещать относительно друг друга, сворачивать и удалять.

**Выводы.** В работе показаны недостатки существующей системы визуализации напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений. Предложено для сбора, хранения данных и оповещения выбрать Zabbix, а построение графиков реализовать при помощи Grafana. Это позволило снизить затраты вычислительных ресурсов и сильно ускорило время построения графиков, а также повысило универсальность системы.

### **Библиографический список**

1. Мониторинг инженерной конструкции в процессе ее эксплуатации в условиях коррозионноактивной среды / В.В. Епин, Г.Н. Гусев, Р.В. Цветков, А.П. Шестаков, И.Н. Шардаков // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2022. – № 4. – С. 6–15.
2. Inclinator-Based Long-Term Monitoring of the Headframe of Salt Mine Shaft / I. Glot, I. Shardakov, A. Shestakov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: 22, Perm, Virtual, 22–26 марта 2021.
3. ZABBIX Documentation. – URL: <https://www.zabbix.com/documentation/> (accessed 01 October 2022).
4. Nagios Documentation. – URL: <https://www.nagios.org/documentation/> (accessed 02 October 2022).
5. Graphite Documentation. – URL: <https://graphite.readthedocs.io/en/latest/> (accessed 03 October 2022).
6. Grafana Documentation. – URL: <https://grafana.com/docs/> (accessed 03 October 2022).

### **Сведения об авторах**

**Масич Григорий Федорович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: masich@icmm.ru

**Чугунов Денис Петрович** – ведущий инженер лаборатории телекоммуникационных и информационных систем ИМСС УрО РАН, г. Пермь, e-mail: chugunov@icmm.ru

**Хургатуллин Илья Владиславович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: ilya22.05@mail.ru

**К.А. Чернов, И.С. Полевщиков, М.М. Берестнев**

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ О НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА**

Представлены результаты исследования, посвященного разработке автоматизированной информационной системы (в форме веб-приложения) для сбора и анализа данных о научной деятельности преподавателя вуза. Применение системы позволит снизить для сотрудников вуза трудоемкость процессов сбора и анализа данных о научно-исследовательской работе, повысить точность и объективность указанных процессов. Перспективы развития проекта связаны с возможностью внедрения системы в деятельность по сбору и анализу данных о НИР.

**Ключевые слова:** автоматизированная информационная система, веб-система, научная деятельность, веб-интерфейс.

**K.A. Chernov, I.S. Polevshchikov, M.M. Berestnev**

## **DEVELOPMENT OF A WEB-BASED DATA COLLECTION AND ANALYSIS SYSTEM ABOUT THE SCIENTIFIC ACTIVITY OF A UNIVERSITY TEACHER**

The results of a study devoted to the development of an automated information system (in the form of a web application) for collecting and analyzing data on the scientific activities of a university teacher are presented. The application of the system will reduce the laboriousness of the processes of collecting and analyzing data on research work (R&D) for university employees, improve the accuracy and objectivity of these processes. Prospects for the development of the project are related to the possibility of introducing the system into activities for the collection and analysis of data on R&D.

**Keywords:** automated information system, web system, scientific activity, web interface.

Актуальность исследования, посвященного разработке веб-системы сбора и анализа данных о научной деятельности преподавателя вуза, обусловлена двумя факторами. С одной стороны, потребностью в повышении качества и результативности научной работы вузов в интересах различных предприятий и отраслей с учетом текущей социально-экономической ситуации [1–2]. С другой стороны, потребностью в снижении трудоемкости процессов сбора и анализа данных о научной работе на кафедрах вузов. С применением графической нотации UML

(рис. 1) описан процесс сбора и анализа данных о научно-исследовательской работе (НИР) без применения специализированной автоматизированной информационной системы (АИС).



Рис. 1. Сбор и анализ данных о НИР без применения АИС

Как правило, такой процесс осуществляется с применением разнородных программных продуктов, в частности, текстовых файлов, электронных таблиц (например, Google- и Яндекс-документы).

Это приводит к совокупности недостатков: дублирование данных; неточности и ошибки в данных; ручное формирование итоговых отчетов; отсутствует возможность просмотра данных о своей научной работе или работе структурного подразделения в наглядном упорядоченном виде; отсутствует возможность оперативного анализа данных о результативности научной работы, динамике выполнения научных проектов.

Как следствие, много времени у преподавателей уходит на различную отчетность по научной работе. А это время лучше было бы потратить непосредственно на научную работу.

Для устранения указанных недостатков предложена АИС сбора и анализа данных о научной деятельности преподавателя вуза, разрабатываемая в форме веб-системы. Функциональные требования к АИС показаны на рис. 2.

Основные преимущества сбора и анализа данных о НИР с применением системы:

1. Настройка атрибутов документов о результатах НИР в соответствии с потребностями вуза или отдельного структурного подразделения.

2. Заполнение преподавателем результатов НИР в соответствии с заданной структурой атрибутов документа, исключающей субъективность и неточности в представлении результатов.

3. Автоматическое формирование итоговых отчетов о НИР с помощью хранящихся в базе данных (БД) АИС результатов.

4. Управление жизненными циклами (ЖЦ) результатов НИР для более точного отслеживания динамики научной работы, например отслеживание процесса подготовки научной статьи преподавателем.

5. Автоматизированное оценивание результатов НИР молодых преподавателей.

6. Просмотр результатов НИР отдельного преподавателя или кафедры в целом в наглядном структурированном виде для упрощения процесса принятия решений.



Рис. 2. Сбор и анализ данных о НИР с применением АИС

Разработан прототип подсистемы в форме веб-приложения. На рис. 3 приведен макет интерфейса для заполнения данных о научной публикации. Пользователь заполняет сведения о публикации в структурированном виде согласно набору атрибутов, в отличие от заполнения текстовых файлов и электронных таблиц. Предусмотрена гибкая настройка атрибутов результатов НИР.

Допустима установка способа ввода данных для атрибута (пример показан на рис. 4), настройка перечня атрибутов каждого результата научной работы в соответствии с потребностями конкретного вуза или отдельной кафедры.

Данные о публикации:

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Авторы                               | Полевщиков Иван Сергеевич + ✖<br>Иванов Петр Алексеевич + ✖<br><a href="#">Добавить автора</a><br><a href="#">Добавить себя как автора</a>                                                                                                                                        |
| Наименование работы                  | Разработка и применение средств автоматизации для обучения навыкам тестирования программного обеспечения (на примере методов «черного ящика»)                                                                                                                                     |
| Тип работы                           | <input checked="" type="radio"/> статья<br><input type="radio"/> тезисы<br><input type="radio"/> учебное пособие<br><input type="radio"/> монография                                                                                                                              |
| Страницы                             | 88 - 91                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Объем в п.л.                         | 0.25 (рек. - 0.25)                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Название, номер журнала или сборника | Научно-технический вестник Поволжья. 2019. №12.<br><a href="#">Найти журнал/сборник</a>                                                                                                                                                                                           |
| Цитирование                          | <input checked="" type="checkbox"/> ВАК<br><input checked="" type="checkbox"/> РИНЦ<br><input type="checkbox"/> Scopus<br><input type="checkbox"/> WoS                                                                                                                            |
| Дополнительная информация            | Примечание №1: + ✖<br>Ссылка на сборник (на сайте журнала): <a href="http://ntvp.ru/files/%D0%9D%D0%A2%D0%92%D0%9F_6_2020.php">http://ntvp.ru/files/%D0%9D%D0%A2%D0%92%D0%9F_6_2020.php</a><br>Файл: не выбран ( <a href="#">выбрать</a> )<br><a href="#">Добавить примечание</a> |

Рис. 3. Заполнение данных о научной публикации

| Название атрибута | Качество статьи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|---|-------|---------|---|-------|--------|---|
|                   | Способ ввода данных (по умолчанию)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |
|                   | <input type="radio"/> текстовое поле:<br><input type="radio"/> текст (без ограничений)<br><input type="radio"/> текст (от <input type="text"/> до <input type="text"/> символов)<br><input type="radio"/> целое число (без ограничений)<br><input type="radio"/> целое число (от <input type="text"/> до <input type="text"/><br><input type="radio"/> вещественное число<br><input type="radio"/> интервал чисел<br><input type="radio"/> текстовая область<br><input type="radio"/> выбор даты<br><input checked="" type="radio"/> выбор из списка<br><input type="radio"/> только текст<br><input type="radio"/> только число<br><input checked="" type="radio"/> текст и число ( <a href="#">добавить пункт</a> ) |       |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |
|                   | <table border="1"> <thead> <tr> <th>№</th> <th>Текст</th> <th>Число</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 + ✖</td> <td>высокое</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2 + ✖</td> <td>среднее</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3 + ✖</td> <td>низкое</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <input type="radio"/> выбор из иерархии<br><input type="radio"/> выбор файла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | №     | Текст | Число | 1 + ✖ | высокое | 2 | 2 + ✖ | среднее | 1 | 3 + ✖ | низкое | 0 |
| №                 | Текст                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Число |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |
| 1 + ✖             | высокое                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2     |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |
| 2 + ✖             | среднее                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1     |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |
| 3 + ✖             | низкое                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0     |       |       |       |         |   |       |         |   |       |        |   |

Рис. 4. Настройка атрибута научной публикации

Пример заполнения сведений об участии в научной конференции показан на рис. 5.

Применение системы упрощает процесс составления документации, позволяет устанавливать взаимосвязи между документами. Например, установить взаимосвязь между участием в конференции и публикацией в сборнике статей, прикрепить подтверждающие участие в конференции документы.

Предусмотрено управление ЖЦ результатов научной работы, т.е. переход документов из одного состояния в другое [3].

Данная возможность позволяет, например, оперативно получить информацию о текущем состоянии подготовки научной статьи, выполнять анализ подготовки статей на кафедре во времени.

На рис. 6 и рис. 7 приведен пример ЖЦ подготовки научной статьи в форме веб-интерфейса (в табличном виде) и в графической форме соответственно.

Данные об участии в конференции:

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Название конференции      | XI Международная интернет-конференция молодых ученых, аспирантов, студентов «Инновационные технологии: теория, инструменты, практика» (InnoTech-2019)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Место проведения          | г. Пермь, ПНИПУ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Дата начала               | 02.03.2018<br><div> <div>Март 2018</div> <table border="1"> <tr><td>Пн</td><td>Вт</td><td>Ср</td><td>Чт</td><td>Пт</td><td>Сб</td><td>Вс</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td></tr> <tr><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>1</td></tr> </table> </div> | Пн | Вт | Ср | Чт | Пт | Сб | Вс | 26 | 27 | 28 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 |
| Пн                        | Вт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ср | Чт | Пт | Сб | Вс |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 26                        | 27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 28 | 1  | 2  | 3  | 4  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 5                         | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 12                        | 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 19                        | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 26                        | 27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 28 | 29 | 30 | 31 | 1  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Дата окончания            | 02.03.2018<br><div> <div>Март 2018</div> <table border="1"> <tr><td>Пн</td><td>Вт</td><td>Ср</td><td>Чт</td><td>Пт</td><td>Сб</td><td>Вс</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td></tr> <tr><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>1</td></tr> </table> </div> | Пн | Вт | Ср | Чт | Пт | Сб | Вс | 26 | 27 | 28 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 |
| Пн                        | Вт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ср | Чт | Пт | Сб | Вс |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 26                        | 27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 28 | 1  | 2  | 3  | 4  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 5                         | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 12                        | 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 19                        | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 26                        | 27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 28 | 29 | 30 | 31 | 1  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Авторы доклада            | Полевщиков Иван Сергеевич (заочно) +<br>Сидорова Дарья Петровна (очно) +<br><a href="#">добавить автора</a><br><a href="#">добавить себя как автора</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Тема доклада              | Разработка подсистемы контроля знаний и навыков ИТ-специалиста                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Публикация                | Полевщиков И.С., Сидорова Д.П. Разработка подсистемы контроля знаний и навыков ИТ-специалиста // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. Материалы XI Международной интернет-конференции молодых ученых, аспирантов, студентов (16 ноября – 31 декабря 2019 г.). Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2020. С. 401-407. +                                                                                                                                                                                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| Дополнительная информация | Примечание №1: +<br>Диплом за участие с устным докладом.<br>Файл:  Диплом_Сидорова (Innotech 2019) +<br>Примечание №2: +<br>Сайт конференции: <a href="https://innotech.pstu.ru">https://innotech.pstu.ru</a><br>Файл: не выбран ( <a href="#">выбрать</a> )<br><a href="#">добавить примечание</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |

Рис. 5. Заполнение данных об участии в научной конференции

Состояния ЖЦ публикации и связи между ними:

| №  | Название состояния                               | Из каких состояний переходим                                                  |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | запланирована                                    | начальное состояние                                                           |
| 2  | в процессе подготовки/доработки                  | запланирована                                                                 |
| 3  | передана на проверку научному руководителю       | проверена, есть замечания<br>проверена, есть замечания<br>редакции/рецензента |
| 4  | проверена, есть замечания                        | в процессе подготовки/доработки                                               |
| 5  | проверена, нет замечаний                         | передана на проверку научному руководителю                                    |
| 6  | отправлена в журнал/сборник                      | передана на проверку научному руководителю                                    |
| 7  | на рецензировании                                | проверена, нет замечаний                                                      |
| 8  | проверена, есть замечания<br>редакции/рецензента | отправлена в журнал/сборник                                                   |
| 9  | принята к публикации                             | на рецензировании                                                             |
| 10 | опубликована                                     | принята к публикации                                                          |

Рис. 6. Интерфейс настройки ЖЦ научной статьи

Веб-интерфейс настройки нового состояния ЖЦ научной статьи показан на рис. 8. Интерфейс изменения статуса процесса подготовки статьи представлен на рис. 9.

Особенностью деятельности кафедры технического вуза является множество научных направлений. В системе допустимо настроить иерархию научных направлений и использовать ее для сбора и анализа данных о результатах работы кафедры.

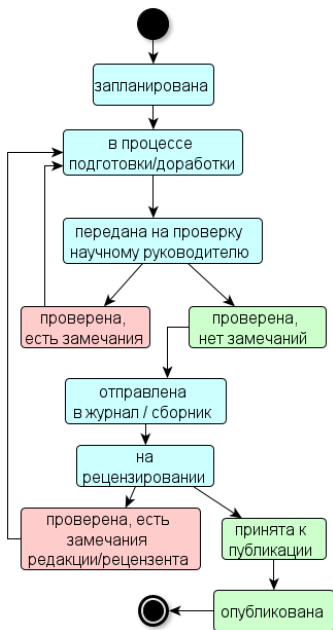


Рис. 7. Примеры ЖЦ подготовки научной статьи аспирантом

Настройки состояния ЖЦ публикации:

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Название состояния                   | в процессе подготовки/доработки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Из каких состояний приходим          | <input type="checkbox"/> начальное состояние<br><input checked="" type="checkbox"/> запланирована<br><input type="checkbox"/> в процессе подготовки/доработки<br><input type="checkbox"/> передана на проверку научному руководителю<br><input checked="" type="checkbox"/> проверена, есть замечания<br><input type="checkbox"/> проверена, нет замечаний<br><input type="checkbox"/> отправлена в журнал/сборник<br><input type="checkbox"/> на рецензировании<br><input checked="" type="checkbox"/> проверена, есть замечания редакции/рецензента<br><input type="checkbox"/> принята к публикации<br><input type="checkbox"/> опубликована |
| Текстовое пояснение при переходе     | <input checked="" type="radio"/> обязательно<br><input type="radio"/> не обязательно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Ответственный за переход в состояние | <input type="checkbox"/> преподаватель<br><input checked="" type="checkbox"/> заведующий кафедрой                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Рис. 8. Настройка нового состояния ЖЦ публикации

|                                      |                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Текущий статус (состояние)           | на рецензировании                                                                                                                                                                                    |
| В какой статус (состояние) перевести | <input checked="" type="radio"/> проверена, есть замечания редакции/рецензента<br><input type="radio"/> принята к публикации                                                                         |
| Пояснение                            | Требуется оформить список источников согласно требованиям на сайте журнала. + ✖<br>В заключении статьи требуется указать конкретные полученные результаты. + ✖<br><a href="#">Добавить пояснение</a> |

[Изменить статус](#)

Рис. 9. Изменение статуса (состояния) публикации

Применение системы позволит снизить для сотрудников вуза трудоемкость процессов сбора и анализа данных о НИР, повысить точность и объективность указанных процессов.

Перспективы развития проекта связаны с совершенствованием моделей, алгоритмов и программных модулей АИС и возможностью внедрения АИС в деятельность вузов (на примере ПНИПУ и МГУТУ им. К.Г. Разумовского) по сбору и анализу данных о НИР.

### **Библиографический список**

1. Носова Т.Н. Программа поддержки принятия решения для нечеткой оценки деятельности преподавателей в информационно-образовательной среде университета // Информатизация образования и науки. – 2019. – № 4 (44). – С. 134–148.

2. Левашов Е.Н. Система оценки деятельности преподавателя вуза // Известия Воронеж. гос. пед. ун-та. – 2018. – № 1 (278). – С. 85–88.

3. Шарафутдинова И.И., Полевщиков И.С. Повышение эффективности информационной поддержки жизненного цикла учебных работ на основе применения средств автоматизации // Решение: материалы Седьмой всерос. науч.-практ. конф., Березники, 19 октября 2018 г. / Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Пермь, 2018. – С. 242–244.

### **Сведения об авторах**

**Чернов Кирилл Алексеевич** – студент Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), гр. 090303-ППОБо-19/2, г. Москва, e-mail: 99chernov@mail.ru

**Полевщиков Иван Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета; доцент кафедры «Информационные системы и цифровые технологии» Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), г. Москва, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

**Берестнев Михаил Михайлович** – аспирант кафедры «Информационные системы и цифровые технологии» Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), г. Москва.

**В.В. Шеин**

## **О ВОЗМОЖНОМ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ КЛИНИНГОВОГО РОБОТА ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАССА**

Показана структурная электрическая схема клинингового робота промышленного класса и рассмотрены отдельные компоненты, позволяющие выполнять промышленные клининговые задачи.

**Ключевые слова:** робототехника, схемотехника, электронная компонентная база, мобильный робот, клининговый робот.

**V.V. Shein**

## **ON A POSSIBLE CIRCUITRY SOLUTION FOR AN INDUSTRIAL-GRADE CLEANING ROBOT**

This article shows the functional wiring diagram of an industrial-grade cleaning robot and discusses the individual components that allow you to perform industrial cleaning tasks.

**Keywords:** robotics, circuitry, electronic component base, mobile robot, cleaning robot.

Мобильная автономная робототехника, подразумевающая почти полное исключение вмешательства человеческой деятельности для каких-либо задач, является наиболее перспективной в плане разработки [1]. Автономные мобильные робототехнические системы способны самостоятельно перемещаться в пространстве.

Говоря о промышленных помещениях, подразумеваем большую область в сравнении с домашними помещениями. Промышленные помещения изначально имеют карту.

С учетом вышеперечисленных особенностей промышленных помещений при разработке клинингового робота промышленного класса необходимо наличие системы навигации, основывающейся на изначальной карте рабочей области; аккумулятора, способного питать систему в течение продолжительного времени, и датчиков, которые смогут распознавать препятствия как на большом, так и на малом расстоянии.

Целью данной статьи является составление списка возможной электронной компонентной базы клинингового робота промышленного класса и построение его электрической структурной схемы.

**Компоненты.** Выбранные компоненты обеспечивают роботу необходимую функциональность для выполнения задач клининга в промышленных условиях. Рассмотрим каждый компонент по отдельности:

- Arduino Mega 2560 Pro и Raspberry Pi 4 Model B – являются основными устройствами управления роботом. Arduino Mega предназначен для контроля двигателей, работы датчиков и светодиодных индикаторов, а Raspberry Pi обеспечивает высокую вычислительную мощность и возможность управления роботом через Wi-Fi или Ethernet;

- драйвер двигателей MonsterShield – подходит для управления двигателями на 12 В, что позволяет использовать мощные моторы, необходимые для эффективного перемещения робота на большие расстояния;

- модуль реле Songle SRD-05VDC-SL-C – устройство для коммутации внешних нагрузок;

- понижающие преобразователи напряжения DC-DC LM2596HVS и DC-DC XL4016 – обеспечивают необходимые уровни напряжения для питания и логики различных устройств в работе, таких как моторы, датчики и микроконтроллеры;

- HUB-7 USB 2.0 – предоставляет достаточное количество USB-портов для подключения всех необходимых устройств, таких как камеры;

- веб-камеры ACD Vision UC400 – позволяют роботу использовать компьютерное зрение для распознавания объектов;

- гироскоп GY-85 – является частью инерциальной системы навигации [2] и позволяет измерять угловую скорость робота, что позволяет ему ориентироваться в пространстве и управляться с большей точностью;

- энкодеры PEC12R 24/24 20mm – используются для сбора одометрических данных, что является важным фактором при навигации внутри помещений. Однако из-за люфта или пробуксовки колес одометрические данные накапливают ошибку, поэтому энкодеры рекомендуется использовать только в комбинации с другими датчиками [2];

- модули измерения напряжения – обеспечивают возможность отслеживания напряжения электронных устройств на работе;

- ультразвуковые датчики HC-SR04 – используются для измерения расстояния до препятствий (до 6 м [2]), что позволяет роботу избегать столкновений и ориентироваться внутри помещений;

- ИК-датчики препятствий E18-D80NK – обнаруживают близко расположенные объекты (до 1,5 м [2]) и могут быть использованы для избегания столкновений с препятствиями при выполнении задач клининга;

– лидар YDLIDAR X4 – это лазерный радар, который позволяет роботу получать точную картину окружающей среды в диапазоне до 50 м [2], что важно для навигации внутри больших помещений.

**Электрическая структурная схема.** На основе выбранной электронной компонентной базы была построена электрическая структурная схема клинингового робота промышленного класса, которая представлена на рисунке.

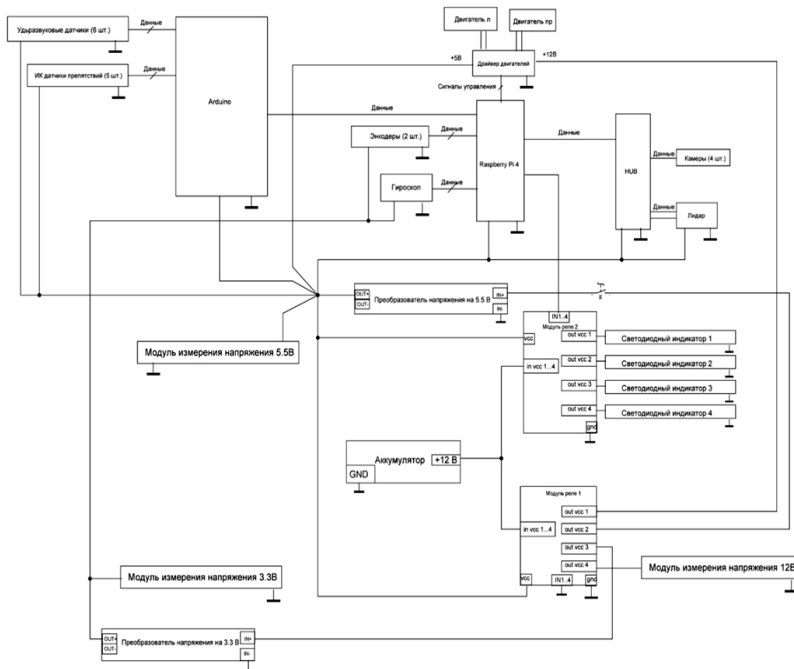


Рис. Электрическая структурная схема клинингового робота промышленного класса

**Выводы.** В данной работе был составлен список возможной электронной компонентной базы клинингового робота промышленного класса с обоснованием роли каждого элемента, а также построена его электрическая структурная схема.

### Библиографический список

1. Колыванов К.Ю. Перспективы мобильной робототехники [Электронный ресурс] // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-mobilnoy-robototekhniki> (дата обращения: 30.05.2023).

2. Система позиционирования и идентификации мобильной робототехнической платформы в ограниченном и открытом пространстве [Электронный ресурс] / Т.С. Евдокимова, А.А. Синодкин, Л.О. Федосова, М.И. Тюриков // Тр. НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2018. – № 2 (121). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-pozitsionirovaniya-i-identifikatsii-mobilnoy-robototekhnicheskoy-platformy-v-ogranichennom-i-otkrytom-prostranstve> (дата обращения: 30.05.2023).

### **Сведения об авторе**

**Шеин Виталий Валерьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: psvitas.ps@mail.ru

**А.В. Архипов, М.А. Шеретов**

## **ИНСТРУМЕНТАРИЙ РЕАЛИЗАЦИИ БИЗНЕС-ЛОГИКИ НА LOW-CODE-ПЛАТФОРМАХ**

Исследует инструменты реализации бизнес-логики на low-code-платформах. Обзор подходов включает использование языков программирования (Java, JavaScript, C# и др.), облегченных языков программирования и метаязыков, а также визуальную настройку через блоки и схемы. Подходы имеют свои особенности: языки программирования обеспечивают гибкость, облегченные языки – простоту, а визуальная настройка – интуитивность.

**Ключевые слова:** low-code-платформы, бизнес-логика, реализация, инструментарий, модульность.

**A.V. Arhipov, M.A. Sheretov**

## **TOOLS FOR IMPLEMENTING BUSINESS LOGIC ON LOW-CODE PLATFORMS**

This article explores tools for implementing business logic in Low-Code platforms. Approaches include the use of programming languages (Java, JavaScript, C#, and others), lightweight programming languages and meta-languages, and visual customization through blocks and diagrams. The approaches have their own characteristics: programming languages provide flexibility, lightweight languages provide simplicity, and visual customization provides intuitiveness.

**Keywords:** low-code platforms, business logic, implementation, toolkit, modularity.

С развитием low-code-платформ появилась возможность создавать приложения с минимальным участием разработчиков, прежде всего без программирования на традиционных языках программирования. Однако помимо разработки пользовательского интерфейса, моделей данных и бизнес-процессов часто возникает необходимость реализации бизнес-логики. В данной статье рассмотрим различные подходы и инструменты, доступные на low-code-платформах, для реализации бизнес-логики:

1. Использование языка программирования. Один из наиболее распространенных подходов на low-code-платформах – это возможность использования языка программирования для написания бизнес-логики. Это может быть Java, JavaScript, C# и другие популярные языки. Такой подход обеспечивает большую гибкость и мощность, позволяя разра-

ботчикам создавать сложные бизнес-логики с использованием широкого спектра функциональности языка программирования. Однако он требует навыков программирования у пользователей платформы.

2. Облегченные языки и метаязыки. Другой подход заключается в использовании облегченных языков или метаязыков, специально разработанных для low-code-платформ. Такие языки обычно имеют упрощенный синтаксис и ограниченный функционал, но при этом обеспечивают более высокий уровень абстракции, что делает их более доступными для пользователей без глубоких знаний программирования. Примерами таких языков могут служить GooVu, используемый на платформе GreenData, и другие языки, разработанные специально для low-code-платформ.

3. Визуальная настройка с помощью блоков и схем. Еще один распространенный подход – это визуальная настройка бизнес-логики с помощью блоков и схем. Пользователи могут выбирать готовые блоки функциональности, такие как условия, циклы и операции над данными, и связывать их между собой для создания логических конструкций и алгоритмов. Этот подход обеспечивает простоту и интуитивность, но может иметь ограничения в выразительности и сложности реализации некоторых бизнес-логик.

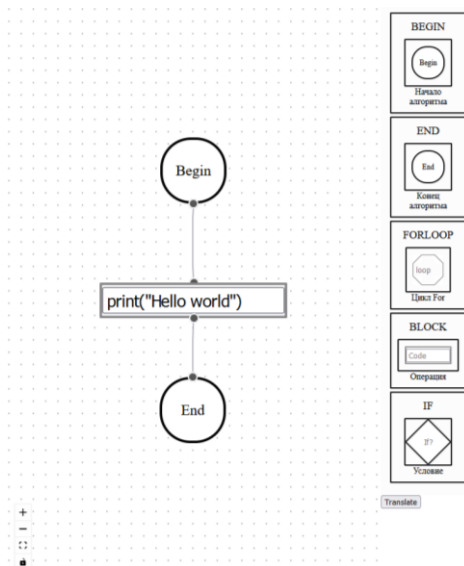


Рис. 1. Инструмент описания схем алгоритмов

Подход, основанный на схемах алгоритмов, заслуживает особого внимания. Он предлагает графический интерфейс для создания и настройки бизнес-логики, представляющий собой схему, состоящую из блоков и связей между ними. Каждый блок представляет определенное действие или операцию, а связи определяют порядок выполнения этих действий. Пример инструмента описания схем алгоритмов представлен на рис. 1.

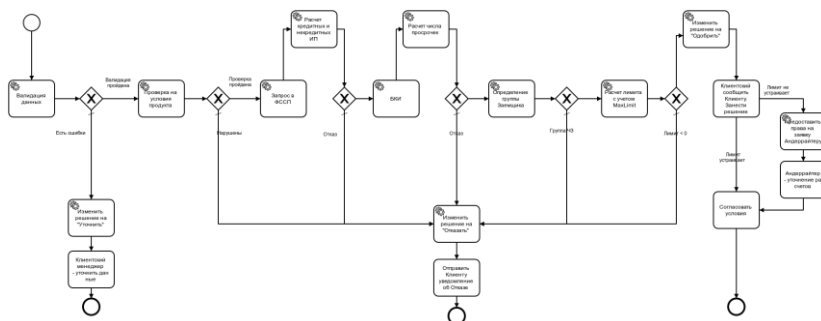


Рис. 2. Процесс принятия решения по предоставлению  
банковского экспресс-продукта клиенту

Процесс принятия решения осуществляется в автоматическом режиме, поэтому каждый структурный элемент процесса содержит бизнес-правила, описываемые алгоритмами. В текущей реализации для написания алгоритмов используется язык Groovy с рядом упрощений, ориентированный на бизнес-аналитиков. Рассмотрим реализацию алгоритма для валидации данных (первый этап процесса). Код алгоритма представлен в листинге 1.

```

Листинг 1 – Алгоритм валидации данных на языке Groovy
def valid = true
def isRuleExists = false
def appID = Код
def res_obj
for(def entry : objectsOptions(Проверка данных клиентов
(СПР), filterAlg(СПР. Актуальный набор правил))) {

```

```

for(def rule : entry.Бизнес-Правила) {
    printout " правило: " + rule.Наименование
    isRuleExists = false
    for(def res : objectsOptions(Результат проверки
СПР), filterAlg(СПР. Фильтрация результатов по правилу,
Бизнес правило: rule.Бизнес-правило))) {
        if(res.Заявка == appID)
        {
            isRuleExists = true
            res.setAttr(Результат,    alg(rule.Бизнес-
правило)

            if(not res.Результат)
            {
                valid = false
            }
            printout res.Результат
            save(res)
            break
        }
    }
    if(not isRuleExists) {
        res_obj  =  newInstance(Результат  проверки
(СПР))

        res_obj.setAttr(Заявка, appID)
        res_obj.setAttr(Бизнес-правило,    rule.Бизнес-
правило)

        res_obj.setAttr(Результат,    alg(rule.Бизнес-
правило))

        if(not res_obj.Результат)
        {
            valid = false
        }
        save(res_obj)
    }
}
save(currentObject())
}
currentObject().setAttr(Валидация пройдена, valid)
save(currentObject())
sendPopUpMsg(1, "Алгоритм завершен")
valid

```

Представленный алгоритм может быть записан с использованием структурной схемы. Основные плюсы данного подхода перед написанием кода:

- визуальное представление: схемы алгоритмов предоставляют графическую нотацию, что делает их более понятными и интуитивно понятными для пользователей. Блоки и связи легко распознаваемы, их расположение и взаимосвязи отображают логику бизнес-процесса;

- модульность и повторное использование: блоки могут быть созданы и использованы повторно в различных частях бизнес-логики. Это позволяет создавать модульные и гибкие решения, упрощая разработку и сопровождение приложений;

- отладка и тестирование: многие low-code-платформы, использующие схемы алгоритмов, обеспечивают инструменты для отладки и тестирования бизнес-логики. Это позволяет разработчикам и конечным пользователям выявлять и исправлять ошибки в бизнес-логике, улучшая качество и надежность приложений.

Структурная схема алгоритма валидации данных изображена на рис. 3.

Участки кода могут собираться в именованные группы для упрощения схемы для визуального восприятия.

Как мы видим, подход на основе структурных схем алгоритмов значительно снижает требования к квалификации пользователей платформы, уменьшает вероятность ошибки в логике реализации, увеличивает прозрачность алгоритма, делая его понятным с первого прочтения. Все это дополнительно решает одну из немаловажных задач – легкость поддержки решений, уже принятых в промышленную эксплуатацию.

Реализация бизнес-логики на low-code-платформах представляет собой важную задачу, требующую подхода, соответствующего потребностям конкретного проекта и уровню навыков пользователей. Рассмотренные подходы: использование языков программирования, облегченные языки и метаязыки, а также визуальная настройка с помощью блоков и схем предлагают различные варианты для реализации бизнес-логики на low-code-платформах.

В зависимости от конкретных требований проекта и уровня сложности бизнес-логики разработчики могут выбирать подход, наиболее подходящий для их задач. Кроме того, с развитием low-code-платформ и появлением новых инструментов можно ожидать расширения возможностей реализации бизнес-логики и улучшения процесса разработки в будущем.

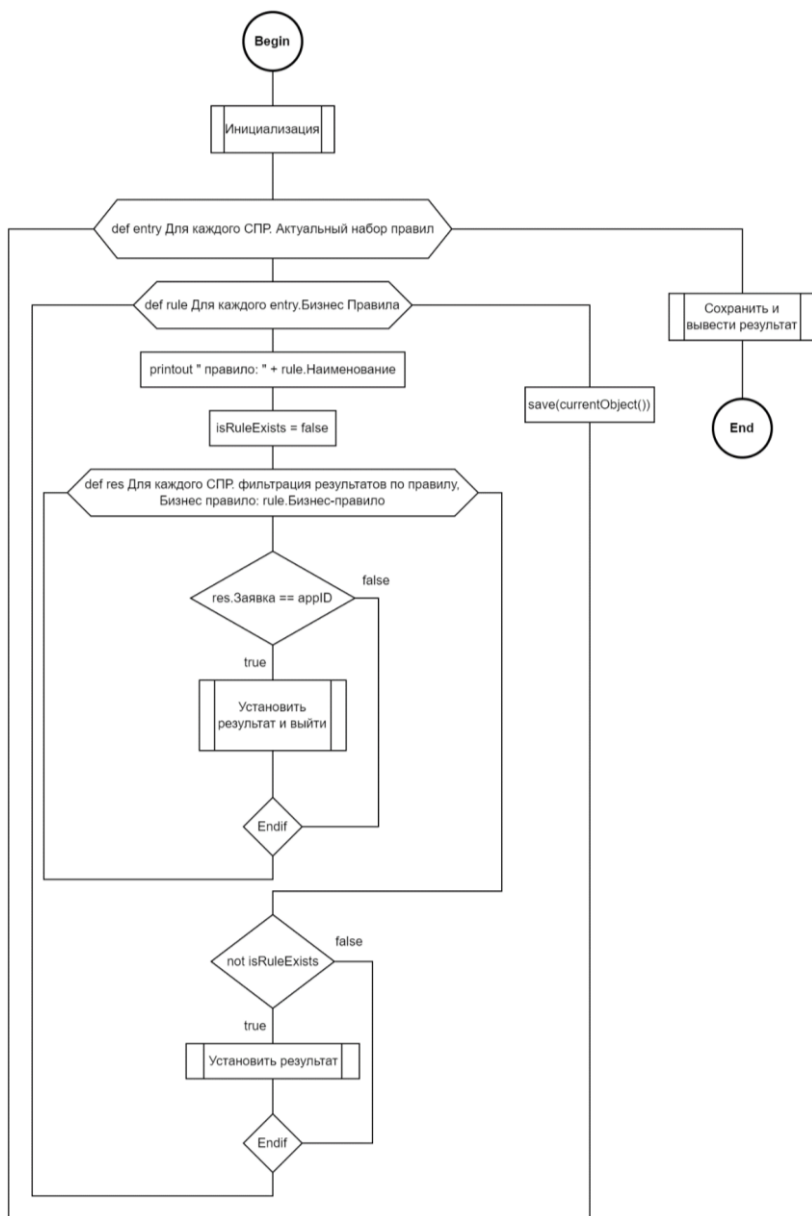


Рис. 3. Реализация алгоритма валидации данных с использованием структурной схемы

Итак, инструментарий реализации бизнес-логики на low-code-платформах предоставляет разнообразные подходы для создания сложных и гибких приложений. Выбор конкретного подхода зависит от требований проекта и потребностей пользователей, и важно адаптировать его к конкретной ситуации для достижения наилучших результатов.

### **Библиографический список**

1. Андирякова О.О., Крюкова А.А., Иваев М.И. Применение LOW-CODE технологии для решения бизнес-задач // Индустриальная экономика. – 2023. – № 2. – С. 20–24.
2. Магомадов В.С. Платформы LOW-CODE и NO-CODE как способ сделать программирование более доступным для широкой общест-венности // МНИЖ. – 2021. – № 6-1. – С. 100–103.

### **Сведения об авторах**

**Архипов Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: arhipov@greendatasoft.ru

**Шеретов Марк Алексеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-19-16, г. Пермь, e-mail: mark.sheretov@gmail.com

**И.А. Шмидт, Д.Р. Жуков, Д.Ю. Лузянин,  
И.А. Попов, А.Ю. Тимков**

## **СТРУКТУРА ХРАНЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ДОКУМЕНТООРИЕНТИРОВАННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ**

Рассматриваются различные виды временных рядов технологических процессов, их источники, особенности, а также способы их хранения в документо-ориентированной базе данных. Рассмотрены структуры для хранения временных рядов различных типов в документоориентированной базе данных и их особенности. Представлены результаты исследований по оптимизации работы рассмотренных структур.

**Ключевые слова:** документоориентированные базы данных, тренд, временные ряды, сегмент, разреженные данные.

**I.A. Shmidt, D.R. Zhukov, D.Yu. Luzyanin,  
I.A. Popov, A.Yu. Timkov**

## **TIME SERIES STORAGE STRUCTURE IN DOCUMENT-ORIENTED DATABASES**

The article reviews different types of time series of technological processes, their sources, peculiarities and storage methods in the document-oriented database. Structures for storing time series of different types in the document-oriented database and their features are considered. The research results on optimization of operation of the considered structures are presented.

**Keywords:** document-oriented databases, trend, time series, segment, sparse data.

Многие технологические процессы и испытательные научно-исследовательские стенды при их эксплуатации и тестировании генерируют большое количество данных, представляющих собой различные разнотемповые временные ряды со множеством параметров. Объемы этих данных требуют создания специализированной структуры хранения, позволяющей эффективно хранить и обрабатывать их.

С целью построения данных структур могут использоваться две основные организации хранения данных, такие как реляционные и нереляционные БД. Долгое время для хранения большого объема данных использовалась именно реляционная модель, которая обладает продвину-тым языком запросов и обеспечивает сохранность и согласованность

данных с помощью полностью поддерживаемой системы транзакций [1]. Однако с ростом количества данных и возрастанием комплексности их структуры главные особенности модели уже не показывают высокую производительность. Проведенное на эту тему исследование [2] показывает, что в большинстве случаев при проведении простых операций создания, чтения, удаления и обновления, а также при обращении к большому объему данных лучшую производительность показывает именно нереляционная модель.

В данной статье представлена структура хранения временных рядов в СУБД MongoDB, а также проведен ряд испытаний по ее оптимизации.

**Понятие и классификация временных рядов.** Для построения наиболее эффективной структуры хранения данных необходимо учитывать особенности структуры различных видов трендов параметров. В общем случае они делятся на тренды с равноотстоящими и неравноотстоящими уровнями. Равноотстоящие и неравноотстоящие временные ряды отличаются расстоянием между конкретными замерами или интервалами времени. Равноотстоящие тренды характеризуются наличием постоянных и равных по расстоянию интервалов между моментами времени, в то время как неравноотстоящие могут содержать неравные промежутки времени или иметь пропуски в определенных отметки времени. Из этого следует, что главным отличием между указанными видами является количество данных, которые они содержат.

Из особенностей неравноотстоящих трендов также необходимо выделить наличие разной степени частоты появления пропусков, т.е. разной степени разреженности. Также стоит учесть, что равноотстоящие тренды в принципе не содержат пропусков. В рамках данной статьи неравноотстоящие тренды названы разреженными, а равноотстоящие – непрерывными.

Учитывая их отличительное свойство, следует выделить тренды, параметры которых остаются постоянными в течение длительных периодов времени, т.е. имеют место неравноотстоящие временные ряды с высокой степенью разреженности (порядка 99 %), такой вид неравноотстоящих временных рядов в дальнейшем назван редко изменяющимися.

**Выбор СУБД.** Исходя из сказанного выше, можно прийти к выводу, что наиболее подходящим вариантом для хранения трендов являются документоориентированные СУБД.

Они разработаны для управления и хранения документов, кодируемых в стандартном формате обмена данными: XML или JSON. В одном

документе могут содержаться сотни пар «ключ–значение», а количество и тип записанных элементов могут варьироваться. Кроме того, в отличие от простых пар в документоориентированных СУБД и ключи, и значения могут использоваться для поиска [3]. Данный вид СУБД также подходит потому, что он приспособлен для хранения нерегулярных полуструктурированных данных, т.е. для разреженных временных рядов [4].

Разработанная в рамках статьи система хранения данных трендов осуществлена в MongoDB – кроссплатформенной noSQL-базе данных с открытым исходным кодом.

**Структура хранения временных рядов.** Поскольку виды временных рядов структурно отличаются друг от друга, каждому требуется своя характерная структура хранения трендов. Рассмотрим устройство и принцип действия системы хранения временных рядов. В БД содержится три коллекции: test, root, trend (рис. 1).

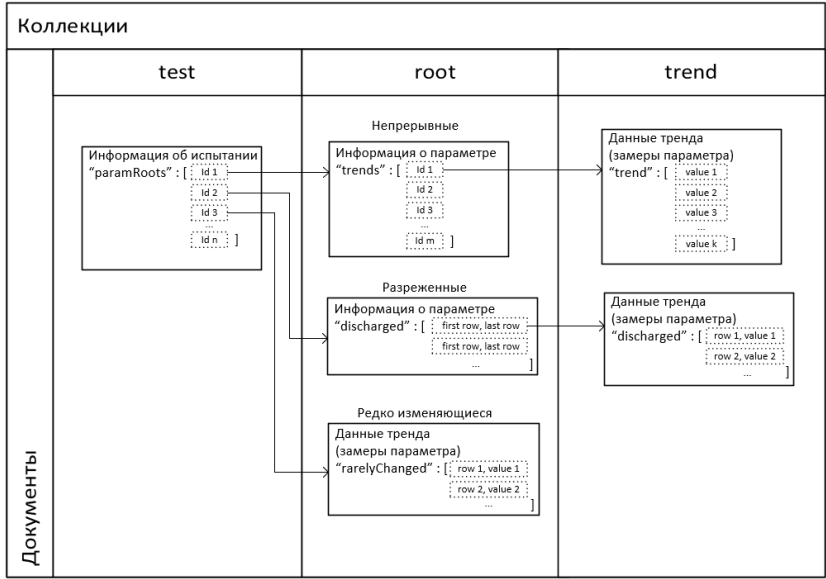


Рис 1. Структурная схема хранения трендов в документоориентированной БД

В коллекции test содержатся документы с информацией об испытаниях. Каждый документ обладает своим идентификационным номером. В коллекции root содержатся документы с информацией о параметрах, ссылки на тренды, а также редко изменяющиеся параметры.

В коллекции trend хранятся данные временных рядов. Для непрерывных и разреженных временных рядов они записываются в документы фиксированного размера, называемые сегментами. Работа с непрерывными трендами происходит следующим образом: при обращении к конкретному замеру в БД отправляется запрос с указанием номера параметра и временной отметки. На основе заданного номера параметра определяется id соответствующего испытания. Затем из коллекции root извлекаются данные о параметре, содержащем искомый замер, который хранится в документе trends с указанным id, после чего извлекаются непосредственно замеры параметра, которые расположены в коллекции trend в документах trend.

Получение значений из разреженных трендов схоже с описанным выше способом. Обработка документов “paramRoots” коллекции test осуществляется идентично. После определения параметра с искомым замером поиск осуществляется в два этапа: сначала определяется диапазон, в который попадает искомый замер, начальные и конечные значения которого хранятся в документах коллекции root. После определения соответствующего диапазона происходит обращение к соответствующему документу коллекции trend, в котором хранятся относящиеся к указанному диапазону пары значений типа «параметр – строка» содержащие информацию о замерах и связанных с ними значениях параметров. Далее производится проверка на наличие данных по запрошенному замеру в БД. Если искомое значение не найдено, извлекается предыдущее действительное значение.

Хранение редко изменяющихся трендов в силу своих особенностей имеет существенные отличия. Сегментировать такие данные нет необходимости, поскольку количество изменений параметров в таких трендах значительно меньше размера самого тренда, поэтому данные находятся непосредственно в коллекции root в виде пары значений типа «параметр – строка».

**Оптимизация разработанной структуры данных.** Рассмотренные выше структуры включают в себя параметры, от которых зависит их скорость работы. Существенное влияние на быстродействие работы с БД оказывает размер сегмента.

Поскольку чтение большого документа занимает значительное время, можно увеличить скорость извлечения данных, уменьшив количество замеров, записываемых в документ, что может увеличить время записи.

Тренды имеют различный размер, поэтому была решена задача подбора оптимального размера сегмента, при котором доступ к данным будет осуществляться с наименьшим временем.

Решение поставленной задачи происходило на основе файлов, содержащих пары значений «параметр – строка» в количестве 100 тысяч строк. Чтение значений параметров происходило в режимах: случайный доступ, когда параметр и строка – это сгенерированные случайным образом числа; последовательное чтение блоками по 100, когда первый параметр был сгенерирован случайно, а следующие шли поочередно, причем изменялись только строки, а параметр был статичным на всем протяжении блока; последовательное чтение блоками по 1000 и последовательное чтение по 10 000 блоков, которые работали аналогично описанному выше принципу последовательного чтения блоками по 100. Тестирование проходило на БД, заполненной трендами с одинаковой степенью разреженности, с размерами от 50 до 500 параметров и от 10 000 до 1 000 000 строк.

Помимо размера сегмента время доступа к разреженным данным зависит от степени разреженности тренда, т.е. от среднего числа нулевых параметров. Следовательно, до определенного критического значения данной степени время доступа к разреженным данным больше, чем при хранении их как непрерывных. Ввиду этого была решена задача нахождения оптимального значения данной критической степени разреженности. Тестирование проходило на аналогичной БД.

**Результаты эксперимента по определению оптимального размера сегмента.** На рис. 2 и 3 представлены зависимости времени доступа от размера сегмента для непрерывных и разреженных трендов. Малый размер тренда представлен линией  $10\,000 \times 50$ , средний –  $100\,000 \times 100$ , наибольший –  $1\,000\,000 \times 500$ .

Как видно из полученных результатов, среднее время, затрачиваемое на обращение к данным, уменьшается от режима случайного доступа к режиму последовательного чтения блоками по 10 000 значений, т.е. с уменьшением среднего времени размер сегмента оказывает меньшее влияние. Следовательно, выбор размера сегмента осуществлялся исходя из приведенной зависимости.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для достижения наиболее оптимального времени доступа к непрерывным трендам следует использовать сегменты размером от 512 до 1024, для разреженных – от 64 до 128.

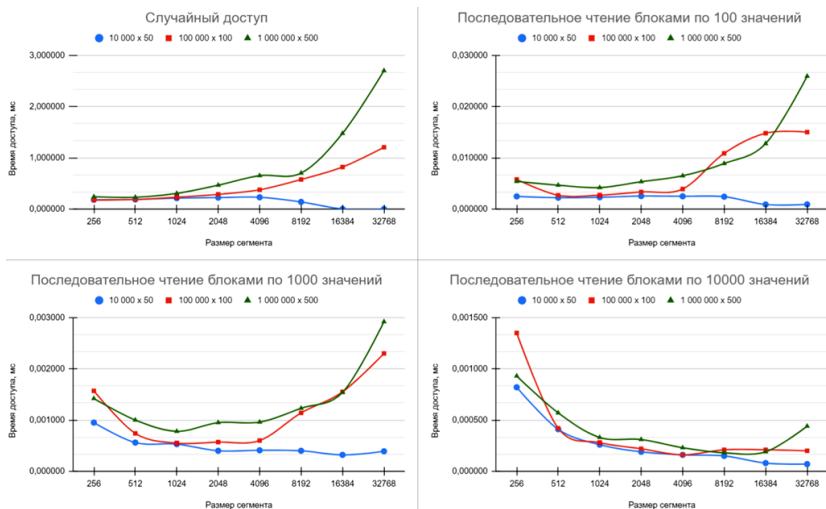


Рис. 2. Зависимость времени доступа к непрерывным данным

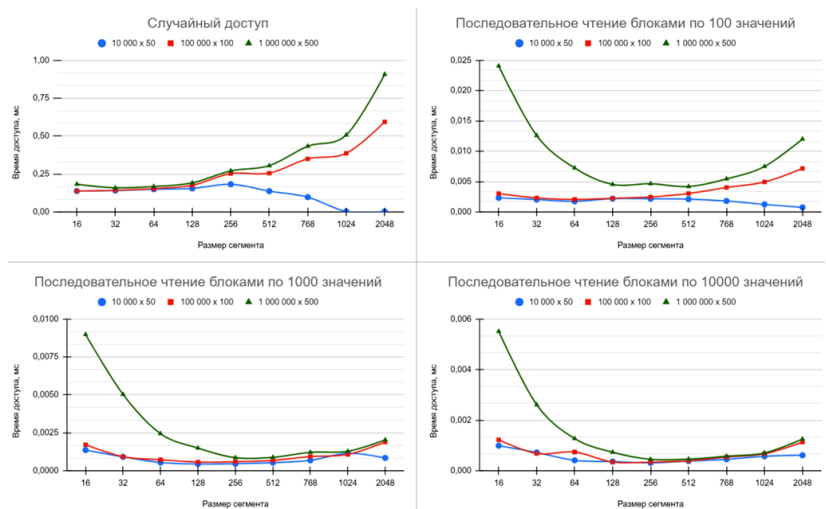


Рис. 3. Зависимость времени доступа к разреженным данным

**Результаты эксперимента по определению критической степени разреженности.** На рис. 4–6 представлены зависимости времени доступа к конкретному значению от степени разреженности.

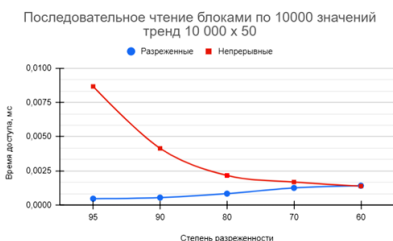
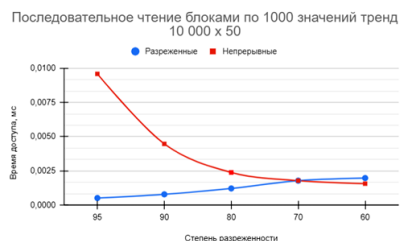
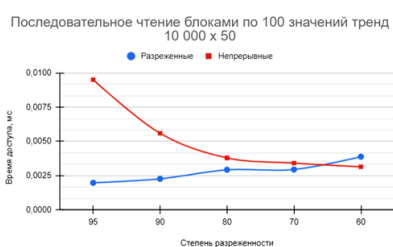
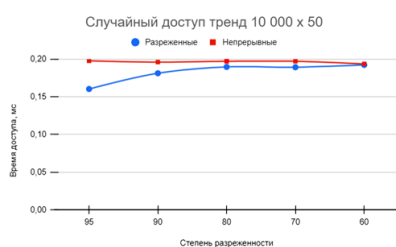


Рис. 4. Зависимость времени доступа трендов малого размера

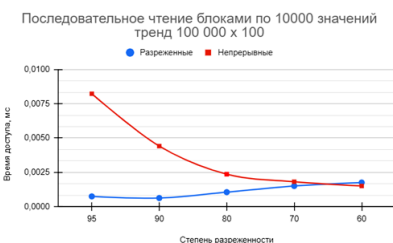
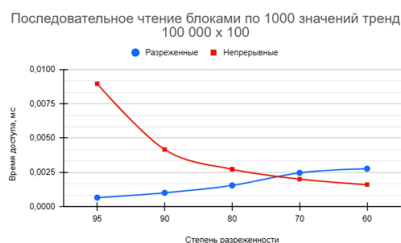
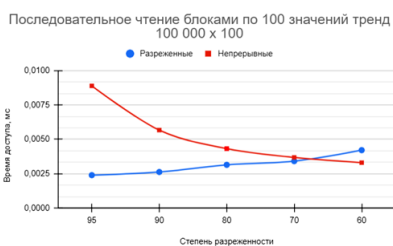
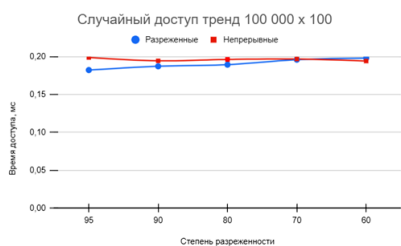


Рис. 5. Зависимость времени доступа трендов среднего размера

Из представленных выше данных следует, что критическая степень разреженности равна 75 %. Также стоит отметить, что критическое значение степени разреженности увеличивается с ростом размера тренда.

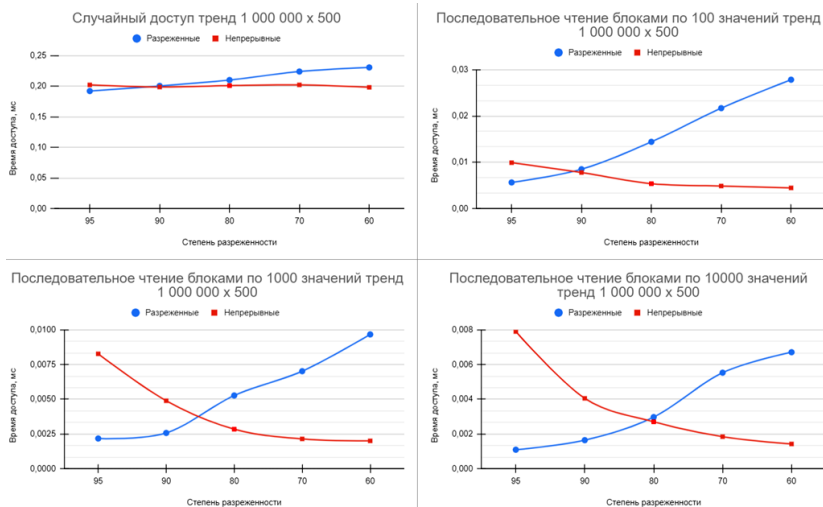


Рис. 6. Зависимость времени доступа трендов большого размера

**Выводы.** В статье были рассмотрены вопросы хранения различных типов временных рядов в структурах, обеспечивающих оптимальное время доступа к значениям параметров трендов. Для этого были проведены эксперименты и выявлены следующие оптимальные значения параметров структур:

- рекомендуемое количество замеров в сегментах для непрерывных трендов 512–1024 замера, для разреженных трендов – 64–128 замеров;
- критическая степень разреженности составляет 75 % от размера тренда.

### Библиографический список

1. Elmasri R. Navathe S. Fundamentals of Database Systems. – Addison-Wesley, 2011.
2. Analysis and comparison of document-based databases with SQL relational databases: MongoDB vs MySQL / Deari, Raif & Zenuni, Xhemal & Ajdari, Jaumin & Ismaili, Florie & Raufi, Bujar // International Conference on Information Technologies. – 2018. – P. 1–10.
3. Moniruzzaman A.B.M., Hossain S.A. Nosql database: New era of databases for big data analytics-classification, characteristics and compari-

son // International Journal of Database Theory and Application. – 2013. – Vol. 6, no. 4.

4. Kai Orend Analysis and Classification of NoSQL Databases and Evaluation of their Ability to Replace an Object-relational Persistence Layer. – 2010.

### **Сведения об авторах**

**Шмидт Игорь Альбертович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt@msa.pstu.ru

**Жуков Дмитрий Романович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-20-16, г. Пермь, e-mail: dimonzhukov1503@gmail.com

**Лузянин Даниил Юрьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-20-16, г. Пермь, e-mail: deducshkindanluz@yandex.ru

**Попов Илья Алексеевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-20-16, г. Пермь, e-mail: ilya.popov2801@mail.ru

**Тимков Антон Юрьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-20-16, г. Пермь, e-mail: antontimkov2002@mail.ru

**Н.А.Х. Мэтью, Р.А. Файзрахманов**

**КОНЦЕПТУАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ БАЗЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ,  
ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ  
СНИМКОВ ПРИ ПРОГНОЗНОЙ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Данные о литологических, структурных, гидротермальных изменениях и минералогических показателях, извлекаемые из обработки мультиспектральных космических снимков и необходимые для открытия новых месторождений, требуют особой организации при их хранении для облегчения их обработки. Таким образом, нестандартная пространственная база данных может быть мощным инструментом для оптимизации и повышения эффективности обработки данных. Цель статьи – разработка модели реляционной пространственной базы для хранения данных, полученных в результате обработки спутниковых снимков геологоразведочного участка.

**Ключевые слова:** пространственная база данных, концептуальная модель данных, логическая модель данных, обработка спутниковых снимков, геологоразведочного участка.

**N.A.H. Matthew, R.A. Fayzrakhmanov**

**CONCEPTUAL-LOGICAL MODEL OF A SPATIAL  
BASE FOR STORING DATA OBTAINED AS A RESULT  
OF PROCESSING SPACE IMAGES DURING FORECAST  
EXPLORATION OF DEPOSITS**

Data on lithological, structural, hydrothermal changes and mineralogical indicators, extracted from the processing of multispectral space images and necessary for the discovery of new deposits, require special organization during their storage to facilitate their processing. Thus, a non-standard spatial database can be a powerful tool for optimizing and increasing the efficiency of data processing. The purpose of the article: Development of a model of a relational spatial base for storing data obtained as a result of processing satellite images of a geological exploration site.

**Keywords:** Spatial database, conceptual data model, logical data model, processing of satellite images, exploration site.

Многоканальное пространственное дистанционное зондирование (обработка спутниковых снимков) является косвенным инструментом разведки земной поверхности. Он очень эффективен, особенно в прило-

жениях, связанных с областью геологии, в частности геологического картирования и разведки месторождений. Таким образом, это позволяет значительно снизить стоимость разведки, направив горные исследования на благоприятные участки большой поверхности, которые иногда недоступны [1]. Управление данными, полученными в результате обработки спутниковых изображений, имеет решающее значение. Действительно, извлечение информации из обработки спутниковых изображений генерирует большой объем данных, которые необходимо проанализировать и интерпретировать, чтобы понять и определить границы минерализации. Данные о литологических, структурных, гидротермальных изменениях и минералогических показателях, необходимые для открытия новых месторождений [2, 3] и извлеченные из спутниковых снимков, часто связаны с географическим местоположением (координаты). Следовательно, база геоданных может быть мощным инструментом для сбора, хранения, поиска, обработки и анализа этих данных. Целью данной статьи является разработка модели реляционной пространственной базы для хранения данных, полученных в результате обработки спутниковых снимков геологоразведочного участка. Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) представление использованных источников данных;
- 2) разработка концептуальной модели данных (КМД) для моделирования логической модели данных;
- 3) на основе концептуальной модели данных разработка логической модели данных (ЛМД), необходимых для моделирования пространственной базы данных.

Базы данных – это компьютерные системы, предназначенные для систематического хранения информации, чтобы их содержимое можно было легко получить, управлять, модифицировать и дополнять. Пространственные базы данных – это такие системы, специально разработанные для включения данных с такими пространственными атрибутами, как географическое положение, расстояние и экстенс [4].

Данные, используемые в геологической и горной разведке, в большинстве случаев связаны с географическим положением, поэтому их хранение необходимо осуществлять в пространственных базах данных. Важными исходными данными при формировании данных о литологических, структурных, гидротермальных изменениях и мине-

ралогических индексах для интересующего участка разведки являются региональные картографические данные (геологические карты и документация), данные о местонахождении интересующего участка разведки (географическое положение участка на территории региона, на котором он расположен) и спутниковые снимки, покрывающие участок. Региональные исходные данные (карты и документация) дают общую информацию о геологии региона, в котором расположен участок. Под термином «регион» понимается более крупная территория, на которой расположен участок разведки и который обладает совокупностью сведений о наиболее важных геологических характеристиках региона (административного района, страны, континента и т.д.) Данные о месте разведки относятся к этим географическим координатам. Что касается спутниковых изображений, покрывающих разведочную площадку, то для получения литологического, структурного, гидротермального изменения и минералогического индекса используются различные анализы и методы (цветной состав, анализ главных компонент, соотношение полос, фильтрация, векторизация) [5].

Важно отметить, что участок может быть районом, где очень мало или даже нет геологической информации по причине затрудненного доступа для традиционной разведки.

Таким образом, разработка пространственной базы данных и правильная организация данных в ней может стать мощным инструментом для обогащения информации с целью определения зон, способствующих минерализации на участке.

Проектирование архитектуры пространственной базы данных начинается с этапа исследования данных (исходных данных), необходимых для реализации моделей. Используемые исходные данные имеют растровый тип (региональные карты и космический снимок участка) и буквенно-цифровой тип (документация). Различные операции (сбор геолого-геофизической информации и обработка спутниковых снимков) необходимы для получения исходных данных из источников данных. На основе исходных данных могут быть разработаны концептуальные и логические модели.

Моделирование исходных данных, будучи привязанных к геологическим объектам (литологии, тектоническому строению и т.д.), т.е. пространственным данным, требует определенных представлений.

Действительно, концептуальное моделирование данных, полученных из мира традиционных баз данных, не позволяет указать пространственность пространственных объектов [6]. Концептуальное моделирование пространственных данных (КМПД) сводится к рассмотрению геометрического аспекта (сущности формы и координат) моделируемого пространственного объекта с учетом непространственных данных (атрибутов), описывающих объект:

$$\text{КМПД} = \text{АТРИБУТ\_сущность} + \text{ГЕОМЕТРИЯ\_сущность}.$$

Абстрактные типы пространственных данных и их топологические отношения позволяют представить геометрический аспект исходных данных (рис. 1).

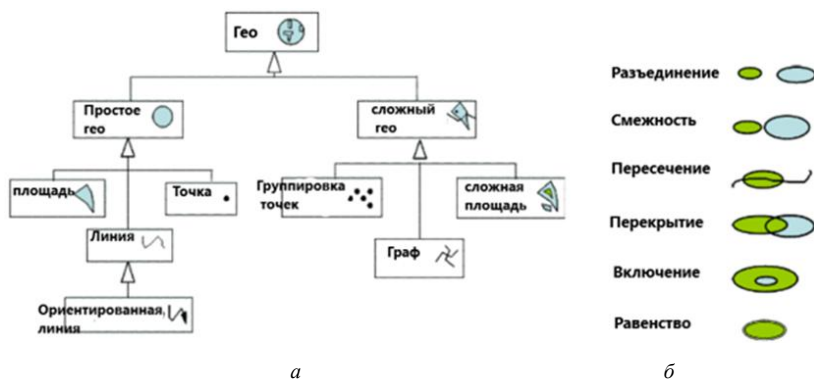


Рис. 1. Иерархия абстрактных типов пространственных данных модели АМПД (а); Пиктограммы топологических отношений (модель АМПД) (б)[7]

Концептуальная модель данных, по существу, состоит из сущностей из исходных данных. Сущности, представляющие региональную литологию (литологии\_регион), основные региональные разломы (Основные\_разлом\_рег), присоединяются к сущности, названной «регион», который является не чем иным как зоной, в которой расположен объект разведки. В сущности «Регион» находится сущность «Перспективный\_участок», которая представляет собой участок разведки. Сущности «Литология\_участок», «Текто\_структур\_участок», «Гидро\_изменения» и «Инд\_минерализации», представляющие соответственно ли-

тологию, техническое строение, гидротермальные изменения и минералогические показатели разведочного участка и полученные в результате анализа спутниковых снимков участка, прилагаются (входят) к сущности «Перспективный\_участок» (рис. 2).

Логическая модель представляет собой преобразование концептуальной модели, в которой сущности становятся таблицами, свойства сущностей становятся атрибутами таблиц, связи между сущностями становятся отношениями между таблицами. Обратите внимание, что теги, представляющие пространственные данные в концептуальной модели, становятся типами данных, принимающими значения «полигон», «полилиния» и «точка» (пространственный тип) для объектов в логической модели (рис. 3).

Типы пространственных данных хранятся в атрибуте «Геометрия» таблиц и предоставляют информацию о топологической форме и географических координатах представляемого объекта:

*POLYGON ((257973.283 671932.478, 257970.005 671935.675))*

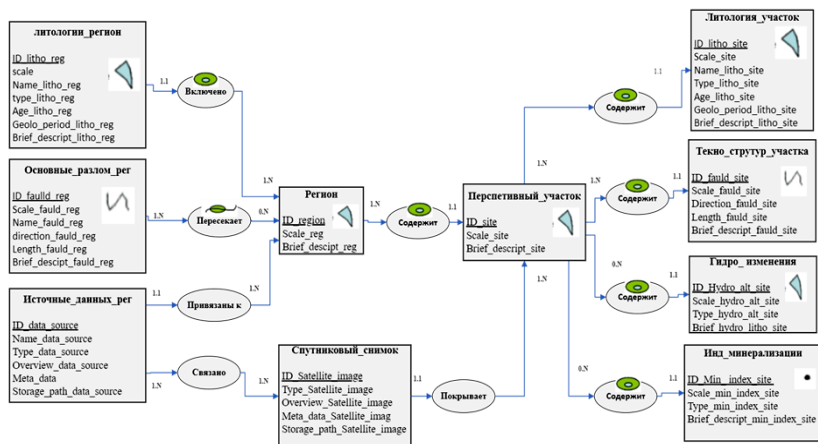


Рис. 2. Концептуальная модель пространственной базы для хранения картографических и документальных данных

Логическая модель необходима для последующего проектирования физической модели, которая зависит от нее из системы управления базами данных (СУБД).

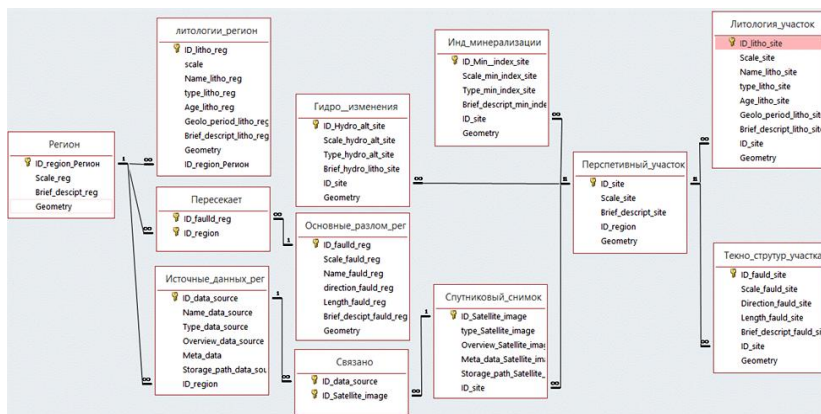


Рис. 3. Логическая модель пространственной базы данных,  
полученная из концептуальной модели

Таким образом, при управлении данными, полученными в результате обработки спутниковых снимков, необходимо спроектировать пространственную базу данных. Такое проектирование включает в себя разработку концептуальной и логической моделей данных.

Преимущество логической модели заключается в ее независимости от системы управления базами данных.

### Библиографический список

1. Abdessamad El Atillah, Zine El Abidine El Morjani, Mustapha Souhassou Utilisation De L'image Multispectrale Pour L'exploration Et La Recherche Des Ressources Minérales: État Des Connaissances Et Proposition D'un Modèle De Traitement // European Scientific Journal. – 2018.
2. Rajesh H.M. Application of Remote Sensing and GIS in Mineral Resource Mapping // Mineralogical and Petrological Sciences. – 2004. – № 99. – P. 83–103.
3. Freek D., van der Meer, Harald M.A. Multi- and hyperspectral geologic remote sensing: A review // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2012. – 14. – P. 112–128.
2. Adam C. Winstanley, Peter Mooney Spatial Databases // International Encyclopedia of Human Geography. – 2020. – P. 383–386.
3. Blaise Ouedraogo, Pale Sié Apport de la télédétection et des SIG à l'exploration d'un site aurifère: cas de Dodougou au Burkina Faso // Science et technique, Sciences naturelles et appliquées. – 2020. – P. 71–84.

4. Development of a geodatabase for retrieval of geochemical data from oil wells: A case study from the Gachsaran oilfield; SW / Mostafa Kabolizadeh, Razieh Karimian, Kazem Rangzan, Bahram Alizadeh, Khaled Maroufi // Geoenergy Science and Engineering. – 2023.

5. gitta Concepts de modélisation spatiale. – URL: [http://www.gitta.info/Concept\\_Mod/fr/html/SpatialModel\\_learningObject1.html](http://www.gitta.info/Concept_Mod/fr/html/SpatialModel_learningObject1.html)

### **Сведения об авторах**

**Нкрума Ассуму Херве Мэтью** – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [nkvetcho@gmail.com](mailto:nkvetcho@gmail.com)

**Файзрахманов Рустам Абубакирович** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [Fayzrakhmanov@gmail.com](mailto:Fayzrakhmanov@gmail.com)

**Д.С. Курушин, П.М. Пермякова**

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРЕЙМВОРКА FLASK  
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ**

Исследуется фреймворк Flask для создания веб-систем. Изучена сфера веб-разработки и использования маршрутизации и шаблонизации. Рассмотрены особенности использования фреймворка Flask, его преимущества и возможности

**Ключевые слова:** веб-разработка, фреймворк, Flask, маршрутизация, шаблонизация.

**D.S. Kurushin, P.M. Permyakova**

**ON THE POSSIBILITIES OF USING FLASK FRAMEWORK  
FOR CREATING A WEB-BASED CONTROL SYSTEM  
FOR A MANIPULATOR ROBOT**

The article explores the Flask framework for creating web systems. The field of web development and the use of routing and templating are studied. The peculiarities of using the Flask framework, its advantages, and possibilities are also considered.

**Keywords:** web development, framework, Flask, routing, templating.

В современное время автоматизация играет значимую роль в разных областях жизни, и компании все чаще стремятся к ее применению, чтобы упростить свою работу. Для автоматизации работы роботов-манипуляторов необходимо иметь удобную и понятную веб-систему для контроля.

Flask – это легкий и минималистичный фреймворк для языка Python, предоставляющий только необходимый набор инструментов для создания веб-приложений. Он включает функции для быстрого создания веб-сервисов, обработки запросов и связи с базой данных [1].

Flask – это веб-фреймворк, предоставляющий полный набор функций со всеми необходимыми инструментами для создания веб-приложений без необходимости в дополнительной настройке. Это значительно экономит время разработчиков, поскольку они сразу могут приступить к работе над проектом, не тратя время на установку и настройку дополнительных модулей [2].

Flask – многоцелевой и адаптивный фреймворк, который может быть использован для создания как простых, так и более сложных веб-приложений.

Flask не ограничивает разработчиков определенной структурой приложений или требованием к использованию конкретной архитектуры. Выбор технологий и инструментов остается на усмотрение разработчика, чтобы наилучшим образом соответствовать их потребностям [3].

Flask – инструмент, который позволяет создавать простой и удобный веб-интерфейс управления роботом. Маршрутизация, отвечающая за обработку запросов от клиентов, является одной из главных функций Flask. Благодаря гибким инструментам, которые предоставляет фреймворк, создание и управление маршрутами становится очень простым, что позволяет клиентам легко взаимодействовать с приложением [4]. Еще одной важной возможностью Flask является шаблонизация. Фреймворк поддерживает использование шаблонов Jinja2 для создания динамических веб-страниц с помощью условных и циклических конструкций, а также вставки переменных и блоков кода Python. Однако, Flask не ограничивается только шаблонизацией и маршрутизацией, а также обладает другими мощными возможностями, такими как обработка форм и данных, обработка ошибок, управление входом в систему и аутентификацией, работа с базами данных, создание API.

Создание серверной части на Flask – это создание маршрутов или URL-адресов [5, 6]. Они обеспечивают создание удобной структуры и определение четкого поведения веб-приложений.

В Flask маршрутизация осуществляется с помощью декораторов, которые связывают определенную функцию с определенным URL-адресом. Для привязки функции `index()` к адресу `/home` можно использовать декоратор `@app.route('/home')`, как показано в примере кода, приведенном в листинге 1.

Листинг 1 – маршрут home

```
@app.route('/home')
def index():
    return render_template("index.html")
```

При обращении к URL-адресу `/home` веб-сервер Flask вызовет функцию `index()` и вернет HTML-шаблон `index.html`. Для управления

роботом используется Flask API, в котором определяется набор маршрутов, которые соответствуют действиям, которые можно задать на выполнение роботу. Когда клиент отправляет запрос на сервер Flask, сервер обрабатывает запрос и возвращает ответ клиенту. В листинге 2 определяются маршруты для перемещения робота вперед и его остановки

#### Листинг 2 – Действия робота

```
# Маршрут для перемещения робота вперед
@app.route('/move_forward', methods=['POST'])
def move_forward():
    distance = request.form.get('distance')
    speed = request.form.get('speed')
    robot.move_forward(distance=float(distance),
speed=float(speed))
    return 'Success'

# Маршрут для остановки движения робота
@app.route('/stop', methods=['POST'])
def stop():
    robot.stop()
    return 'Success'
```

В данном примере для отправки данных с клиентской стороны на сервер Flask используется метод POST. Для доступа к этим данным применяется `request.form.get()` – это метод объекта `request`, который используется для получения параметров формы, отправленных пользователем в запросе методом POST или PUT.

Создание клиентской части на Flask [7] реализуется с помощью создания шаблонов HTML-страниц. Пример шаблона HTML-страницы представлен в листинге 3.

#### Листинг 3 – Шаблон HTML-страниц

```
<!doctype html>
<html lang="ru" class="chrome windows fontawesome-
i2svg-active fontawesome-i2svg-complete">
<head>
    <meta charset="utf-8" />
    <link rel="stylesheet" href="{{ url_for('static',
filename='css/main.css')}}">
    <link
href="https://cdn.jsdelivrivr.net/npm/bootstrap@5.0.2/dist/c
ss/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
```

```

        integrity="sha384-
EVSTQN3/azprG1Anm3QDgpJLIm9Nao0Yz1ztcQTWfEspd3yD65VohhpuuC
OmLASjC" crossorigin="anonymous">
        <title>{% block title %}{% endblock %}</title>
        <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/2.8.
0/Chart.bundle.min.js"></script>
    </head>
    <body class="b-example-divider b-example-vr">
        {% block body %}{% endblock %}
    </body>
</html>

```

Этот шаблон будет базовым для всех остальных HTML-страниц. В нем с помощью тегов `{% block %}` и `{% endblock %}` прописан заголовок и тело страницы. Также задаются атрибуты `class`, которые будут применены к элементам `html` и `body`.

Flask является эффективным и удобным инструментом для создания веб-ориентированных систем управления роботами-манипуляторами. Flask API может быть использован для создания интерфейсов с целью управления различными функциями робота, такими как движение и изменение скорости. Фреймворк является легковесным и простым в использовании, что позволяет быстрее и проще решать любые задачи.

### Библиографический список

1. Flask в Python: создаем сайт с нуля – гайд для новичков / Skillbox Media. – URL: <https://skillbox.ru/media/code/freymvork-flask-kak-on-rabotaet-i-zachem-nuzhen/> (дата обращения: 14.03.2023).
2. Зачем использовать фреймворк Flask? – URL: <https://top-academy.online/blog/why-use-the-flask-framework> (дата обращения: 30.05.2022).
3. Елисеев А.И., Минин Ю.В., Гриднев В.А. Разработка веб-приложений с использованием фреймворка Flask / Тамбов. гос. техн. ун-т. – Тамбов: ЭБС АСВ, 2020.
4. Гринберг М. Разработка веб-приложений с использованием Flask на языке Python / пер. с англ. А.Н. Киселева. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 272 с.
5. Flask: краткое руководство. – URL: <https://habr.com/ru/post/193242/> (дата обращения: 29.05.2023).

6. Корягин К.П., Михеев В.А. Разработка системы управления робототехническим комплексом Otwell // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: сб. статей междунар. науч.-практ конф, г. Омск, 25 декабря 2017 г.. – Омск: ООО «Аэтерна», 2017. – Т. 3. – С. 97–101.

7. Богданов Е.В., Пронин П.И. Разработка инструмента удаленного конфигурирования исследовательских робототехнических комплексов // Информационные системы и технологии – 2019: сб. материалов XXV Междунар. науч.-техн. конф., г. Нижний Новгород, 19 апреля 2019 г. / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2019. – С. 988–994.

### **Сведения об авторах**

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kurushin.daniel@yandex.ru

**Пермякова Полина Михайловна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: polina\_10\_00@mail.ru

**Д.В. Троицкий**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕХВАЛКОВЫХ КЛЕТЕЙ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ**

Описан обобщенный алгоритм проектирования трехвалковых станов с применением современных CAD-систем. Модель использует методику виртуальных пережимов. Полученная параметрическая модель благодаря использованию классических формул методики виртуальных пережимов, позволяет автоматически перестраивать очаг деформации для новых исходных параметров. Разработанная модель применима для трехвалковых станов, имеющих углы раскатки рабочих валков  $\delta = 5 \dots 15^\circ$  и углы подачи  $\beta = 18 \dots 22^\circ$ . В статье приведены эскизы и эпюры построенной модели для различных углов раскатки –  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  и  $15^\circ$ .

**Ключевые слова:** винтовая прокатка, радиально-сдвиговая прокатка (РСП), мини-станы, технологический пережим, угол подачи, угол раскатки, угол скрещивания, эксцентриситет, очаг деформации.

**D.V. Troitskiy**

## **THE USE OF PARAMETRIC MODELING FOR THE DESIGN OF THREE-ROLL CROSS-SCREW ROLLING MILLS**

The article presents generalized algorithm for designing three-roll mills using modern CAD systems is described. The model uses the method of virtual squeezes. The obtained parametric model, using classical formulas of the virtual squeezes method, allows for automatic reconstruction of the deformation zone for new initial parameters. The developed model is applicable for three-roller mills with working roll angles  $\delta = 5^\circ \dots 15^\circ$  and feed angles  $\beta = 18^\circ \dots 22^\circ$ . The article presents sketches and diagrams of the constructed model for different rolling angles –  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ , and  $15^\circ$ .

**Keywords:** screw rolling, radial-shear rolling (RSR), mini-mills, technological squeeze, feed angle, rolling-off, crossing, eccentricity, deformation zone.

Современные мини-станы радиально-сдвиговой прокатки (РСП) с тремя валками имеют простую конструкцию, основанную на оптимальных углах подачи ( $18^\circ$ – $22^\circ$ ) и раскатки (не более  $10^\circ$ – $12^\circ$ ) [1]. Обычно они предназначены для производства конкретного ассортимента продукции и обладают высокой мобильностью и компактностью, сохраняя при этом разнообразие полноразмерных станов. Мини-станы

винтовой прокатки соответствуют современным принципам бережливого производства [2] и позволяют использовать инновационные методы РСП для интенсивной пластической деформации материала в больших объемах [3, 4]. Например, трехвалковая винтовая прокатка позволяет значительно повысить механические свойства чистого магния путем изменения его микроструктуры [5]. Статьи [6, 7] описывают формирование градиентной структуры и повышение свойств аустенитной нержавеющей стали AISI-321.

Обычно при проектировании таких станов первоначально определяется очаг деформации, где задаются основные геометрические параметры валков и прокатываемой заготовки. С учетом большего количества типоразмеров станов РСП и потребности в разработке уникального оборудования для каждого заказчика использование параметризации в процессе проектирования является необходимостью. Современные системы компьютерного проектирования (CAD) предоставляют возможность параметризации, которая позволяет сократить время на создание компьютерных моделей и их последующее изменение, а также минимизировать ошибки проектирования.

Современные системы компьютерного проектирования (CAD) обладают широким спектром встроенных возможностей по параметризации. Они позволяют создавать разнообразные параметры, которые могут быть статическими (фиксированными значениями), расчетными (выраженными в виде математических формул, которые могут использовать статические параметры) или ссылочными (когда параметр ссылается на реальное значение существующей геометрии и может быть использован в других геометрических элементах).

Целью работы является создание трехмерной модели валкового узла стана РСП с помощью инструментов параметрического проектирования в САПР-системе.

**Этапы разработки параметрической модели валкового угла.** Для определения геометрии и расчета пространственного положения валков продольного профиля применяется методика виртуальных пережимов [8]. Этот метод основан на неизменных соотношениях геометрии станков РСП, с учетом изменений виртуальных углов подачи и раскатки вдоль оси очага деформации. Он обеспечивает эффективную параметризацию габаритных размеров валков и очага деформации [9].

Оптимально спроектированный очаг деформации и валок могут быть использованы для создания трехвалкового узла мини-стана и моделей деталей вала. Разработанная модель применима для трехвалковых станков с углами раскатки рабочих валков  $\delta = 5^\circ \dots 15^\circ$  и углами подачи  $\beta = 18^\circ \dots 22^\circ$ .

Процесс создания модели основан на связи основных геометрических размеров валкового узла с помощью формул и соотношений. В качестве исходных данных для расчета профиля рабочего вала принимаются заданные углы подачи и раскатки, диаметр исходной заготовки и диаметр конечного проката. Далее исходя из этих данных происходит построение контура рабочего вала. После этого через заданные соотношения к бочке рабочего вала достраиваются опорные шейки и выходной вал для соединения со шпинделем. Также через разработанные соотношения основных габаритных размеров происходит построение подшипниковых втулок, подушек вала и основания. В результате получается валковый узел, который имеет возможность автоматического масштабирования в зависимости от задаваемых исходных параметров.

На рис. 1 представлена модель построенного с помощью параметрической модели вала-бочки.

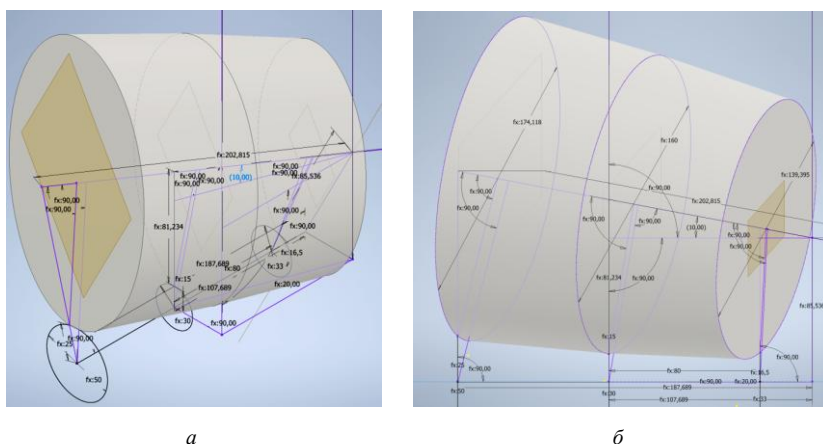


Рис. 1. Адаптивная модель построенного вала-бочки типоразмера 30–70 с углом раскатки  $\delta = 10^\circ$ : *а* – аксонометрия; *б* – вид сбоку

На рис. 2 представлен очаг деформации, составленный из трех валков.

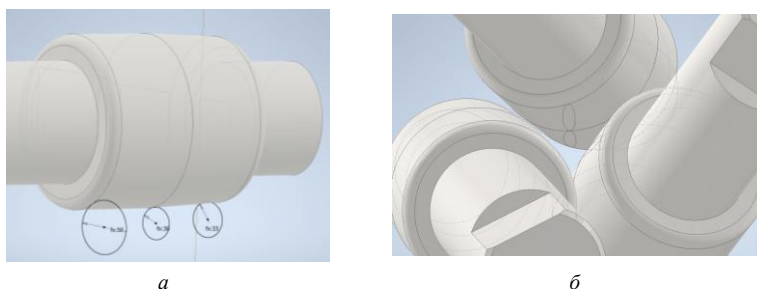


Рис. 2. Построенная параметрическая модель очага деформации: *а* – валковое соединение, построенное с помощью метода параметризации; *б* – очаг деформации, полученный массивом круговых элементов

На рис. 3 представлена построенная модель с основными конструктивными элементами.

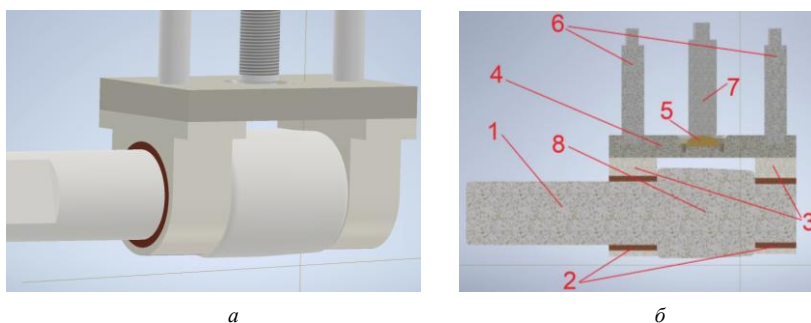


Рис. 3. Общий вид построенной модели валкового соединения (*а*) и продольный разрез построенной модели (*б*): 1 – валок; 2 – подшипниковые втулки; 3 – подушки валка; 4 – основание валкового узла; 5 – подпятник; 6 – тяги уравнивания; 7 – нажимной винт; 8 – рабочая бочка валка

Такие параметрические модели отличаются быстрым созданием и изменением связей между элементами путем использования параметризации. Благодаря универсальным модульным соединениям между отдельными параметрами каждой модели и узлами мини-стана можно значительно сократить время, затраченное на проектирование стана. При этом созданная модель будет иметь достаточные критерии для производства качественной продукции нужного ассортимента, от которой зависят исходные параметры модели.

**Выводы.** Применение алгоритма параметризации проектирования значительно упрощает задачу инженера при создании компьютерной модели. Например, метод, основанный на определении очага деформации в зависимости от радиусов заготовки, валка, угла подачи и угла раскатки, позволяет быстро получить трехмерную модель калибровки валка и очага деформации. Затем на основе этой модели можно выбрать остальные конструктивные компоненты стана. На основе выполненной работы можно сделать следующие основные выводы:

1. Был разработан алгоритм, который позволяет проектировать очаг деформации с учетом настраиваемых параметров, используемых в системе компьютерного моделирования (CAD). Алгоритм основан на методике виртуальных пережимов, которая позволяет использовать геометрические инварианты для расчета требуемых параметров технологического режима, таких как диаметры валка и прутка, углы подачи и раскатки вдоль оси прокатки и/или оси валка.

2. При разработке компьютерной модели валкового соединения стана типоразмера 30–70 использовалась методология моделирования с явными ссылками. Эта модель имеет параметризуемые характеристики, которые могут быть изменены в зависимости от целей и выбранной конструкции стана. Построенная модель является адаптивной и позволяет быстро определять размеры и пространственное положение валков и очага деформации в мини-стане.

3. В дальнейшей работе планируется совершенствование адаптивной параметрической модели, которая будет включать полный перечень сборочных узлов валковых соединений, полноценное нажимное устройство и станины.

### **Библиографический список**

1. Современное развитие элементов теории, технологии и мини-станов радиально-сдвиговой прокатки / С.П. Галкин, Ю.В. Гамин, А.С. Алешенко, Б.А. Романцев // Черные металлы. – 2021. – № 12. – URL: <https://doi.org/10.17580/chm.2021.12.09>

2. Галкин С.П. Технология и мини-станы радиально-сдвиговой прокатки – оптимальная техника для создания бережливого производства // Сталь. – 2014. – № 1. – С. 39–42. – URL: <https://elibrary.ru/RWGMNJ>

3. Simulation of radial-shear rolling of austenitic stainless steel AISI-321 / A. Naizabekov, S. Lezhnev, A. Arbuz, E. Panin, T. Koinov // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2019. – № 54 (5). – С. 1086–1094.

4. Obtaining an Equiaxed Ultrafine-Grained State of the Longlength Bulk Zirconium Alloy Bars by Extralarge Shear Deformations with a Vortex Metal Flow / A. Arbuz, A. Kawalek, K. Ozhmegov, E. Panin, M. Magzhanov, N. Lutchenko, V. Yurchenko // *Materials*. – 2023. – No. 16. – P 14. – URL: <https://doi.org/10.3390/ma16031062>
5. Structure formation of aluminum alloy D16 while rolling bars in the radial shear mill / S. Mashekov, G. Smailova, A. Alshynova, A. Uderbayeva, N. Sembaev, A. Zhauyt // *Metallurgija*. – 2020. – 59. – P. 195–198.
6. Improving the mechanical properties of pure magnesium by three-roll planetary milling / M. Diez, H.-E. Kim, V. Serebryany, S. Dobatkin, Y. Estrin // *Materials Science and Engineering: A*. – 2014. – No. 612. – P. 287–292. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2014.06.061>
7. Naizabekov A., Lezhnev S., Panin E. Formation of a gradient structure in austenitic stainless steel AISI 321 by radial-shear rolling // *Solid State Phenomena*. – 2021. – No. 316. – P. 246–251. – URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.316.246>
8. Галкин С.П., Фадеев В.А., Гусак А.Ю. Методика виртуальных пережимов для расчета мини-станов радиально-сдвиговой (винтовой) прокатки // *Производство проката*. – 2016. – № 2. – С. 27–35.
9. Галкин С.П., Фадеев В.А., Гусак А.Ю. Сопоставительный анализ геометрии мини-станов радиально-сдвиговой (винтовой) прокатки // *Производство проката*. – 2015. – № 12. – С. 19–25.

#### **Сведения об авторе**

**Троицкий Даниил Владимирович** – аспирант кафедры «Обработка металлов давлением» Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва, e-mail: [d.v.troitskiy@gmail.com](mailto:d.v.troitskiy@gmail.com)

**Секция II**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

**М.А. Работников**

## **АДАПТАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ОКСОСИНТЕЗА В КОНТУРЕ СИСТЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Рассматривается параметрическая актуализация динамической модели технологического процесса оксосинтеза производства бутиловых спиртов в периметре управляющей системы с прогнозирующей моделью. Проведен анализ результатов актуализации модели, приведены общие рекомендации к использованию рассматриваемого решения задачи адаптации динамической модели в контуре управляющей системы.

**Ключевые слова:** управление с прогнозирующей моделью, системы усовершенствованного управления, оксосинтез.

**М.А. Rabotnikov**

## **ADAPTATION OF THE HYDROFORMYLATION DYNAMIC MODEL IN THE ADVANCED PROCESS CONTROL LOOP**

The article considers the parametric actualization of the dynamic model of butyl alcohol plant hydroformylation process of the model predictive control system. The analysis of the results of updating the model is carried out, general recommendations are given for the use of the considered solution to the problem of adapting dynamic model in the closed loop of the advanced process control.

**Keywords:** model predictive control, advanced process control, hydroformylation.

Современные программные решения в области усовершенствованного управления технологическими процессами непрерывного типа в большинстве случаев основываются на применении подходов многомерного комбинированного управления с использованием прогнозирующей модели управляемого объекта. Эксплуатация рассматриваемых систем связана с решением задачи актуализации используемой динамической модели процесса в соответствии с текущим состоянием нелинейного технологического процесса.

В общем случае для автоматизации выполнения параметрической актуализации динамической модели процесса предлагается решение задачи нелинейного программирования для целевой функции  $F$ , сформированной по методу наименьших квадратов:

$$F(k, a_1, b_1, b_2, \tau) = (y_r - y_m(k, a_1, b_2, b_1, \tau))^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $y_r$ ,  $y_m$  – реальные и соответствующие значения выходных переменных системы;  $k$ ,  $a_1$ ,  $b_2$ ,  $b_1$ ,  $\tau$  – параметры передаточной функции (2), описывающей поведение управляемого объекта по исследуемым каналам передачи [1].

$$W(s) = \frac{a_1 s + 1}{b_2 s^2 + b_1 s + 1} e^{-\tau s}. \quad (2)$$

Приведенное решение применено для системы усовершенствованного управления с прогнозирующей моделью блока гидроформилирования отделения получения масляных альдегидов методом оксосинтеза производства бутиловых спиртов.

Рассматриваемый периметр управляющей системы предназначен для поддержания в допустимых границах конверсии пропилена (cv1) и минимизации потери пропилена в сдувах узла (cv2). Входными переменными многомерной модели процесса являются расход пропан-пропиленовой фракции (mv1), температура в реакторе P-3 (mv2), температура в реакторе P-4 (mv3), давление газа в сепараторе высокого давления E-1 (mv4), расход каталитической смеси (mv5), давление газа в сепараторе низкого давления E-2 (mv6), содержание окиси углерода CO в синтез-газе (dv1), концентрация водорода в синтез-газе (dv2). На рисунке отражена упрощенная схема материальных потоков блока оксосинтеза.

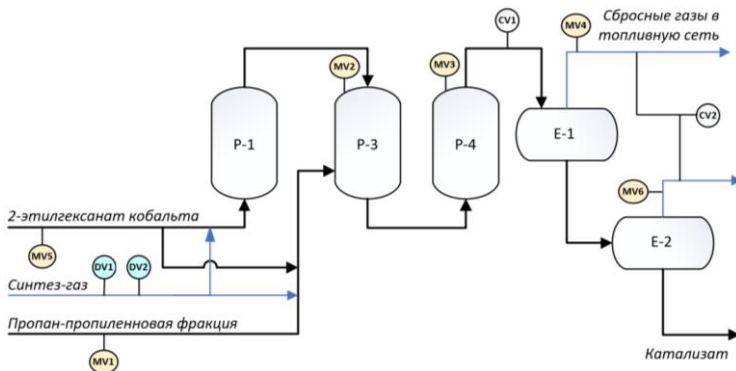


Рис. 1. Блок оксосинтеза

В табл. 1–5 приведены результаты решения задачи актуализации динамической модели технологического процесса оксосинтеза по историческим данным эксплуатации объекта для параметров  $k$ ,  $a_1$ ,  $b_2$ ,  $b_1$ ,  $\tau$  соответственно.

Таблица 1

Адаптация коэффициентов усиления  $k$ 

| Входные<br>сигналы | Исходная модель  |       | Обновленная модель |       |
|--------------------|------------------|-------|--------------------|-------|
|                    | Выходные сигналы |       |                    |       |
|                    | cv1              | cv2   | cv1                | cv2   |
| mv1                | 0,0353           | 8,82  | 0,0353             | 12,36 |
| mv2                | 0,0678           | −13   | 0,0348             | −4,5  |
| mv3                | 0,0025           | −15,3 | 0,0016             | −7,01 |
| mv4                | 0,007            | 0     | 0,009              | 0     |
| mv5                | 0,021            | −68,2 | 0,021              | −68,2 |
| mv6                | 0                | −86,1 | 0                  | −83   |
| dv1                | 0,0021           | 19,4  | 0,0021             | 19,19 |
| dv2                | 0,01             | 0,659 | 0,01               | 1,132 |

Таблица 2

Адаптация временной постоянной  $a_1$ 

| Входные<br>сигналы | Исходная модель  |      | Обновленная модель |      |
|--------------------|------------------|------|--------------------|------|
|                    | Выходные сигналы |      |                    |      |
|                    | cv1              | cv2  | cv1                | cv2  |
| mv1                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv2                | 0                | 0,51 | 0                  | 1,41 |
| mv3                | 0                | 0    | 0                  | 0,21 |
| mv4                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv5                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv6                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| dv1                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| dv2                | 2,57             | 0    | 2,57               | 0    |

Таблица 3

Адаптация временной постоянной  $b_2$ 

| Входные<br>сигналы | Исходная модель  |      | Обновленная модель |      |
|--------------------|------------------|------|--------------------|------|
|                    | Выходные сигналы |      |                    |      |
|                    | cv1              | cv2  | cv1                | cv2  |
| mv1                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv2                | 0                | 3,89 | 0                  | 3,76 |
| mv3                | 0                | 130  | 0                  | 130  |
| mv4                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv5                | 6,25             | 0    | 6,25               | 0    |
| mv6                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| dv1                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| dv2                | 9,22             | 0    | 9,22               | 0    |

Таблица 4

Адаптация временной постоянной  $b_1$ 

| Входные<br>сигналы | Исходная модель  |      | Обновленная модель |       |
|--------------------|------------------|------|--------------------|-------|
|                    | Выходные сигналы |      |                    |       |
|                    | cv1              | cv2  | cv1                | cv2   |
| mv1                | 20               | 20   | 20                 | 18,93 |
| mv2                | 15               | 2,36 | 18,82              | 1,54  |
| mv3                | 15               | 22,8 | 11,34              | 23    |
| mv4                | 5                | 0    | 5                  | 0     |
| mv5                | 5                | 10,1 | 5                  | 10,1  |
| mv6                | 0                | 15   | 0                  | 15    |
| dv1                | 12               | 22,4 | 12                 | 22,4  |
| dv2                | 6,72             | 12   | 6,72               | 12    |

Таблица 5

Адаптация временной постоянной  $\tau$ 

| Входные<br>сигналы | Исходная модель  |      | Обновленная модель |      |
|--------------------|------------------|------|--------------------|------|
|                    | Выходные сигналы |      |                    |      |
|                    | cv1              | cv2  | cv1                | cv2  |
| mv1                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv2                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| mv3                | 4,0              | 0    | 6                  | 0    |
| mv4                | 3,0              | 0    | 3,0                | 0    |
| mv5                | 0                | 6,0  | 0                  | 6,0  |
| mv6                | 0                | 0    | 0                  | 0    |
| dv1                | 2,0              | 24,0 | 2,0                | 23,0 |
| dv2                | 0                | 2,0  | 0                  | 0    |

По результатам параметрической адаптации динамической модели процесса на данных пассивного эксперимента эксплуатации управляемого объекта следует отметить закономерность о неизменности временных параметров передаточной функции ( $a_1$ ,  $b_2$ ,  $b_1$ ,  $\tau$ ).

Подобное явление объясняется особенностью вычисления выходного сигнала модели путем наложения переходных характеристик процесса, т.е. значения, находящиеся вне горизонта прогнозирования, приравниваются к установившемуся состоянию системы  $k$  [2].

Следовательно, применение разработанного решения актуализации параметрической конфигурации прогнозирующей модели в контуре управляющей системы оптимально для адаптации матрицы коэффициентов усиления модели.

### **Библиографический список**

1. Работников М.А. Разработка метода обновления многомерной динамической модели управляемого технологического объекта // Проблемы управления. – 2021. – № 3. – С. 58–63.

2. Gilani H.G., Samper K.G., Haghi R.K. Advanced Process Control and Simulation for Chemical Engineers. – 1st ed. – Burlington: Apple Academic Press, 2021. – 224 p.

### **Сведения об авторе**

**Работников Михаил Алексеевич** – ассистент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [robotnikov@pstu.ru](mailto:robotnikov@pstu.ru)

**П.В. Зыкин**

## **СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ**

В рамках проведенного исследования выполнен синтез системы управления показателями шероховатости при токарной обработке. Свои функциональные обязанности система управления выполняет за счет регулирования таких показателей, как изменение шероховатости, скорость изменения шероховатости и ускорение изменения шероховатости. Установлено, что наличие трех степеней регулирования существенно повышает как точность работы САУ, так и ее устойчивость. В принцип функционирования системы управления заложены коэффициенты значимости, позволяющие устанавливать приоритет (направление) регулирования показателей шероховатости поверхности детали.

**Ключевые слова:** система управления, шероховатость, управление, нечеткая логика, токарная обработка.

**P.V. Zykin**

## **LATHE ROUGHNESS CONTROL SYSTEM SYNTHESIS**

As a part of the study, a synthesis of the roughness control system during turning was performed. The management system performs its functional duties by regulating indicators such as roughness change; rate of roughness change and acceleration of roughness change. It was found that the presence of three degrees of control significantly increases both the accuracy of the ACS operation and its stability. The principle of operation of the control system includes significance factors that allow setting the priority (direction) for regulating the roughness indicators of the part surface.

**Keywords:** control system, roughness, control, fuzzy logic, turning.

В настоящий момент немаловажным направлением для автоматизированной стабилизации при помощи АСУ являются основные показатели технологического процесса обработки детали, такие как подача режущего инструмента, скорость резания. Эти показатели оказывают ключевое влияние на процесс регулирования главного показателя качества обработки поверхности – шероховатости.

Решение для данного направления исследования можно представить в виде системы определения шероховатости поверхности на любом этапе технологического процесса обработки детали, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

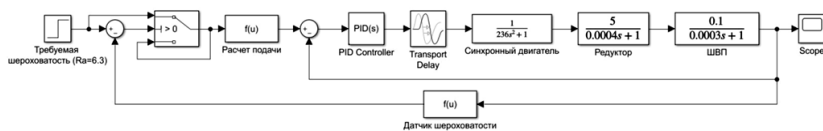


Рис. 1. Принципиальная исходная схема системы управления

Принцип работы представленной системы управления представлен в источнике [1]. Проектирование системы управления выполнено при помощи программного пакета MatLab [2]. Ключевым недостатком системы определения шероховатости является невозможность регулирования показателей скорости вращения электродвигателя и скорости движения режущего инструмента в случае, если датчик шероховатости определит, что после выполнения обработки детали полученная шероховатость не соответствует требуемой.

Для разрешения выявленного недостатка выполнен синтез системы управления показателями шероховатости поверхности детали в процессе обработки. Принципиальная схема системы управления представлена на рис. 2.

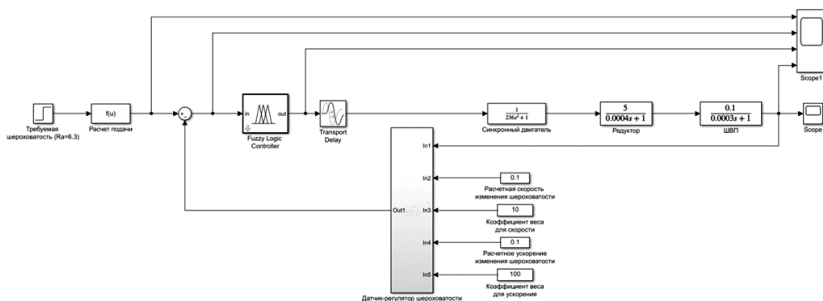


Рис. 2. Принципиальная схема системы управления показателями шероховатости с модернизированным датчиком

Принципиальное отличие от исходной структурной схемы заключается в строении датчика шероховатости. Функционально датчик представляет собой отдельный блок с пятью входами и одним выходом. Датчик встроен в линию отрицательной обратной связи по подаче станка.

На входы датчика подаются: In1 – сигнал величины текущей подачи привода станка; In2 – величина расчетной (требуемой) скорости из-

менения шероховатости; In3 – величина веса (важности) в регуляторе влияния скорости изменения шероховатости; In4 – величина расчетной (требуемой) скорости изменения скорости шероховатости (т.е. ускорения); In5 – величина веса (важности) в регуляторе влияния ускорения изменения шероховатости.

Выход блока Out1 подключается к отрицательному входу блока Sum.

Поскольку на входы In2–In5 подаются сигналы от четырех блоков типа Constant, которые вынесены из датчика, то ими можно настраивать влияние скорости и ускорения изменения шероховатости на реакцию регулятора. Схема блока «Датчик – регулятор шероховатости» представлена на рис. 3.

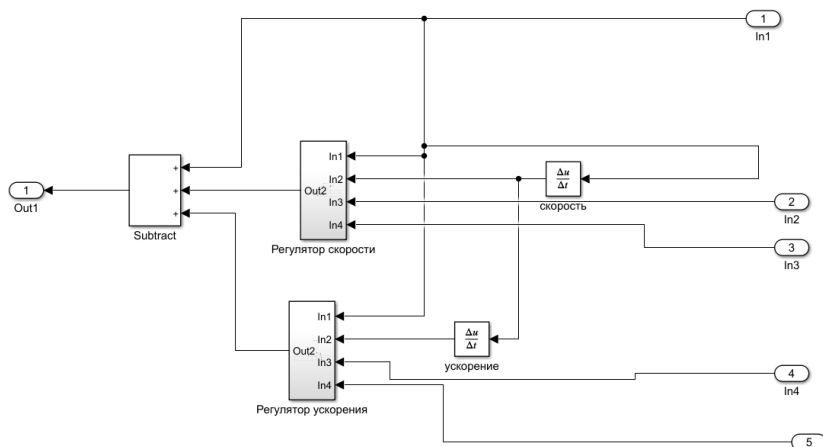


Рис. 3. Схема блока «Датчик – регулятор шероховатости»

С входа In1 сигнал поступает на подблоки «Регулятор скорости» и «Регулятор ускорения», а также на блок «Скорость». Блок «Скорость» выполняет дифференцирование входного сигнала, т.е. на выходе из блока получаем скорость изменения шероховатости. С выхода блока «Скорость» сигнал поступает на вход блока «Ускорение», и с его выхода получаем сигнал ускорения изменения шероховатости. Таким образом, в блоке «Датчик – регулятор шероховатости» получаем три сигнала – величина подачи, ее скорость изменения и ускорение. Эти сигналы подаются на соответствующие входы блоков «Регулятор скорости» и «Регулятор ускорения». Рассмотрим работу этих блоков на примере блока «Регулятор скорости». Блок «Регулятор ускорения» работает аналогично. Схема блока «Блок – регулятор скорости» представлена на рис. 4.

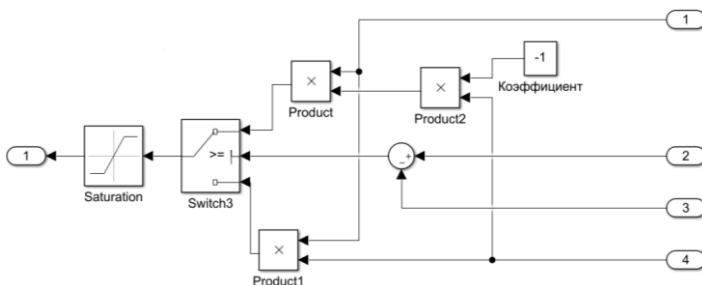


Рис. 4. Схема блока «Регулятор скорости»

Сигнал текущей скорости изменения подачи поступает на вход 2 блока, далее из него вычитается сигнал расчетной (требуемой) скорости изменения шероховатости, подаваемый на вход 3, полученная разница поступает на вход блока Switch3, в котором происходит сравнение сигнала. Если сигнал больше либо равен нулю, то блок Switch3 переключается на верхний ввод, иначе – на нижний. На верхний ввод подается сигнал отрицательного произведения коэффициента веса для скорости на текущую подачу, а на нижний вход – сигнал положительного произведения коэффициента веса для скорости на текущую подачу. Таким образом, если скорость изменения шероховатости выше, чем нужно, то формируется отрицательный сигнал на изменение подачи от регулятора скорости, т.е. на уменьшение подачи, тем самым уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности. Если скорость изменения шероховатости ниже, чем нужно, то формируется положительный сигнал на изменение подачи от регулятора скорости, т.е. на увеличение подачи. Полученный сигнал проходит через блок Saturation, который ограничивает полученный сигнал в заданных пределах.

Аналогично формируется сигнал от блока «Регулятор скорости». В итоге сигнал подачи и сигналы от двух регуляторов (скорости и ускорения) подаются на блок Subtract, в котором происходит суммирование этих сигналов, и далее на выход блока «Датчик – регулятор шероховатости». Таким образом, каждый из регуляторов вносит вклад в формирование выходного сигнала в зависимости от настроенного веса (важности) параметра и величины отклонения этого параметра от требуемой величины. В блоке Sum происходит суммирование сигналов от блока «Расчет подачи» и «Датчик – регулятор шероховатости», таким образом реализуется отрицательная обратная связь в модели.

Полученный сигнал подается на блок нечеткой логики Fuzzy Logic Controller, который согласно своим настройкам выдает сигнал управле-

ния на остальные блоки модели. Далее выполняется фаззификация данных, полученных при расчете. После блок «Транспортная задержка» выполняет задержку сигнала регулирования на предварительно заданную величину времени. Через указанное время задержки система управления начинает выполнять процесс стабилизации показателя скорости вращения двигателя до оптимальных значений посредством передаточной функции. Далее свои функции выполняет блок «Редуктор», который обеспечивает передачу крутящего момента с изменением его направления, скорости тяговой силы в зависимости от необходимого значения. Результат корректировки автоматически запускает процесс стабилизации работы синхронного электродвигателя. Далее система управления при помощи блока «Шарико-винтовая пара» и соответствующей передаточной функции выполняет перевод преобразовательного движения в поступательное, после чего происходит корректировка скорости движения режущего инструмента. На завершающем этапе полученные численные результаты передаются в функциональный блок Switch, посредством которого система управления выполняет анализ поступившей информации по шероховатости обработанной поверхности, после чего принимает решение о необходимости продолжения дальнейшего регулирования или о его прекращении [3].

### **Библиографический список**

1. Хамитов Р.Н., Зыкин П.В., Глазырин А.С. Разработка нечеткой системы управления приводом продольной подачи токарного станка с ЧПУ на основе совместно используемых функций принадлежности // Электротехнические комплексы и системы. – 2021. – № 3-4. – С. 82–91.
2. Земцов А.Ф., Грязнов И.Е., Поступаева С.Г. Сравнительный анализ и исследование работы классического ПИД-регулятора с нечеткими его разновидностями // Известия ВолГТУ. – 2018. – № 2. – С. 32–36.
3. Разработка высокоточного следящего привода с интеллектуальным управлением / О.В. Горячев [и др.] // Машиноведение, системы приводов и детали машин. – 2021. – № 1. – С. 417–423.

### **Сведения об авторе**

**Зыкин Павел Витальевич** – аспирант, доцент кафедры «Электроэнергетика, теплотехника» Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, e-mail: Pavel@youbp.ru

**А.С. Сырчиков, С.В. Бочкарев**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХКОНТУРНОЙ КАСКАДНОЙ  
СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ  
В КОЛОННЕ СИНТЕЗА КАРБАМИДА**

Рассмотрено текущее состояние системы подачи  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$  в колонну. В филиале «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ»» проведен активный эксперимент, на его основе получены тренды. Для моделирования процессов по кривым разгона получены передаточные функции. Проведено моделирование и сравнение переходных процессов.

**Ключевые слова:** кривая разгона, информационная модель процесса, передаточная функция, структурная схема, каскадная система регулирования.

**A.S. Syrchikov, S.V. Bochkarev**

**APPLICATION OF A THREE-LOOP CASCADE  
SYSTEM FOR MAINTAINING THE TEMPERATURE  
IN THE UREA SYNTHESIS COLUMN**

The paper considers the current state of the system for supplying  $\text{CO}_2$  and  $\text{NH}_3$  to the column. In the «Azot» branch of JSC UCC URALCHEM. An active experiment was carried out, and trends were obtained on its basis. Transfer functions have been obtained to model the processes from the acceleration curves. Modeling and comparison of transient processes has been carried out.

**Keywords:** acceleration curve, process information model, Transmission function; structural scheme, cascade control system.

Химическая промышленность требует строгого контроля за текущими значениями технологических параметров. Это обусловлено необходимостью обеспечения точных условий для протекания химических процессов [1]. Несоблюдение этих условий может привести к появлению дефектов в готовой продукции и нарушению правил техники безопасности.

В работе [2] рассмотрено влияние температуры на концентрацию взаимодействующих веществ, а также проведен вычислительный эксперимент при различных значениях температуры. При уменьшении температуры уменьшается степень конверсии в карбамид, реакция за-

медляется. При повышении температуры скорость реакции возрастает, но при превышении температуры 471 К уменьшается коррозионная стойкость. При отклонении параметров температуры от заданных значений процесс протекает с меньшей скоростью, что влечет за собой материальные затраты [3].

Температура в реакторе измеряется и контролируется в трех точках, регламентируется температура в верхней части реактора 190–198 °С [4]. Температура регулируется путем изменения расхода поступающих в колонну синтеза реагентов.

Для определения основных регулирующих и регулируемых параметров, возмущающих воздействий и их взаимосвязей составляем информационную модель процесса (рис. 1).

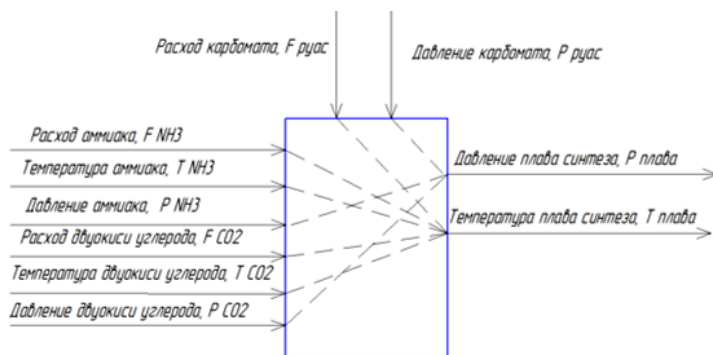


Рис. 1. Информационная модель процесса

К входным параметрам отнесем расход аммиака, температуру аммиака, давление аммиака, расход диоксида углерода, температуру диоксида углерода, давление диоксида углерода. К выходным параметрам – давление плава синтеза, температуру плава синтеза. К возмущающим воздействиям – расход карбамата, давление карбамата.

На основании информационной модели процесса за регулируемый параметр принимаем температуру плава в реакторе, температура является качественным показателем реакции синтеза карбамида.

Регулируемый показатель – температура плава. Необходимо поддерживать заданную температуру плава путем изменения расхода исходных компонентов. Нужно снять четыре кривые разгона по структурной схеме на рис. 2.

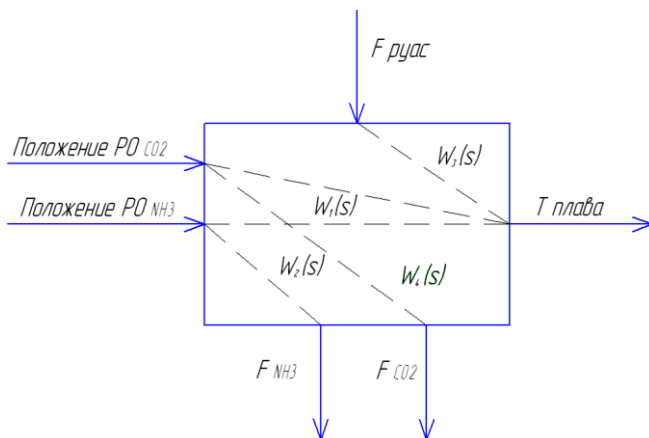


Рис. 2. Структурная схема проведения эксперимента:  $T_{\text{плава}}$  – температура плава синтеза;  $F_{\text{NH}_3}$  – расход аммиака;  $F_{\text{CO}_2}$  – расход диоксида углерода;  $F_{\text{руас}}$  – расход углеаммонийных солей

Получаем четыре передаточных функции:  $W_1(s)$  – зависимость температуры плава синтеза от положения регулирующего органа подачи аммиака – основной канал;  $W_2(s)$  – зависимость расхода аммиака от положения регулирующего органа подачи аммиака – внутренний канал;  $W_3(s)$  – зависимость температуры плава от расхода РУАС – возмущающее воздействие;  $W_4(s)$  – зависимость расхода диоксида углерода от положения регулирующего органа подачи диоксида углерода – канал соотношения.

Далее было проведено моделирование систем: одноконтурной, каскадной, каскадно-комбинированной и каскадной с внешним возмущением рис. 3.

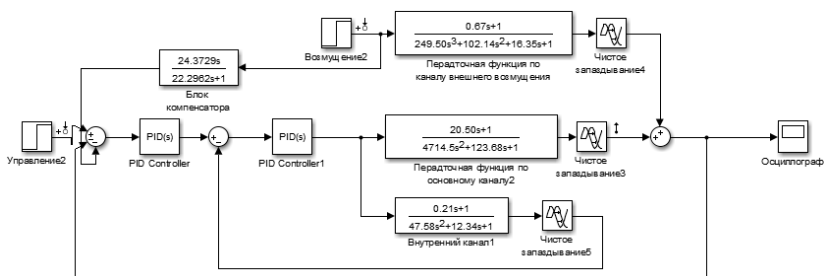


Рис. 3. Структурная схема модели каскадной АСР с внешним возмущением

## Сравнение типов систем

| <div> <div>Тип системы</div> <div>Показатели качества</div> </div> |                     | Одноконтурная (1) | Каскадная (2) |         | Каскадная с контуром внешнего возмущения (3) | Каскадная с компенсатором (4) |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|---------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| По возмущению                                                      | Время регулирования | 663 с             | 631 с         |         | 493 с                                        | 469 с                         |
|                                                                    | Динамическая ошибка | 0,372             | 0,111         |         | 0,94                                         | 0,84                          |
|                                                                    | Период колебаний    | 542 с             | 579с          |         | 462 с                                        | 340 с                         |
|                                                                    | Частота колебаний   | 0,012 рад/с       | 0,01 рад/с    |         | 0,014 рад/с                                  | 0,018 рад/с                   |
|                                                                    | Степень затухания   | —                 | 1             |         | 0,96                                         | 0,96                          |
| По управлению                                                      | Время регулирования | 431 с             |               | 472 с   | —                                            | —                             |
|                                                                    | Перерегулирование   | 1 %               |               | 0 %     | —                                            | —                             |
|                                                                    | Период колебаний    | 0 с               |               | 0 с     | —                                            | —                             |
|                                                                    | Частота колебаний   | 0 рад/с           |               | 0 рад/с | —                                            | —                             |
|                                                                    | Степень затухания   | —                 |               | —       | —                                            | —                             |

В таблице приведено сравнение всех типов систем. Сравнение типов систем наглядно представлено на рис. 4.

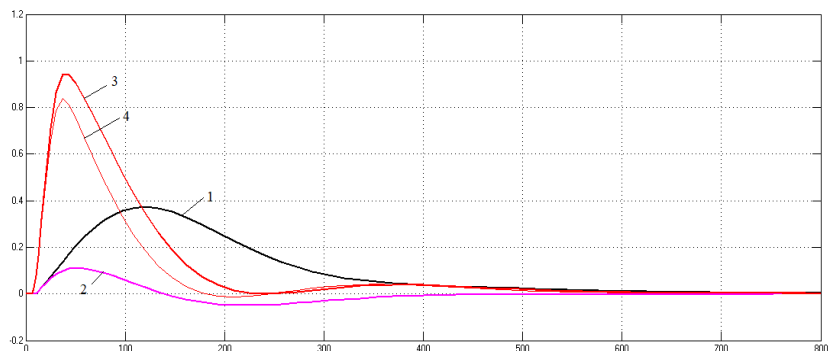


Рис. 4. Графики переходных процессов по возмущению одноконтурной (1), каскадной (2), каскадно-комбинированной (3) и каскадной с внешним возмущением (4) систем регулирования

Наилучшим образом с поставленной задачей справляется каскадно-комбинированная система, так как в этой АСР небольшая динамическая ошибка: самое маленькое время регулирования по сравнению с одноконтурной и каскадной.

### **Библиографический список**

1. Виноградов В.М., Черепахин А.А. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность: учеб. пособие. – М.: Форум, 2018. – 305 с.

2. Сырчиков А.С. Учет влияния температуры на кинетику синтеза карбамида // Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых, г. Березники, 28 апреля 2021 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – 372 с.

3. Сырчиков А.С., Беккер В.Ф. Моделирование процесса синтеза карбамида в среде MathCAD // Решение: материалы Девятой Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, г. Березники, 17 октября 2020 г. / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – 239 с.

4. Горловский Д.М., Альтшулер Л.Н., Кучерявый В.И. Технология карбамида. – М., 1981. – 320 с.

### **Сведения об авторах**

**Сырчиков Александр Сергеевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-1м, г. Пермь, e-mail: syrchikov\_59@mail.ru

**Бочкарев Сергей Васильевич** – доктор технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные системы автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: bochkarev@msa.pstu.ru

**И.А. Шмидт, И.С. Бычин**

## **НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ ПОЗИЦИОННО-СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ**

Рассматривается класс позиционно-следящих систем, который включает в себя огромное количество разнообразных технических установок. Для таких систем предлагается способ управления на базе нечеткой логики. Показаны идеальные переходные процессы, которые недостижимы в реальности. Выполнено имитационное моделирование, которое доказывает эффективность данного подхода. Также предложен вариант улучшения работы регулятора.

**Ключевые слова:** нечеткий регулятор, позиционно-следящая система, нечеткая логика, база правил, интегратор второго порядка, дискретность.

**I.A. Schmidt, I.S. Bychin**

## **FUZZY CONTROL FOR POSITION-TRACKING SYSTEMS**

This article discusses the class of position-tracking systems, which includes a huge variety of technical installations. A control method based on fuzzy logic is proposed for such systems. Ideal transient processes are shown, which are not achievable in reality. Simulation modeling has been performed, which proves the effectiveness of this approach. Also, a variant of improving the operation of the regulator is proposed.

**Keywords:** fuzzy controller, position tracking system, fuzzy logic, rule base, second-order integrator, discreteness.

В настоящее время многие технологические процессы на производственных линиях так или иначе становятся объектами автоматизации. В различных сферах промышленности насчитываются тысячи самых разнообразных технических установок, которые упрощают деятельность человека. Например, подъемно-транспортные машины, автоматизированные транспортные и крановые установки, а также роботы-манипуляторы, которые ориентируются на системы технического зрения. Все эти объекты принадлежат к широкому классу – позиционно-следящих систем (ПСС). Эффективность таких систем зависит от скорости быстрогодействия и точности отработки заданий по изменению положения рабочих органов.

Однако высокую эффективность не всегда удастся достичь ввиду того, что для ПСС задающие воздействия заведомо неизвестны, ввиду

непостоянства внешней среды, а также различий в масс-инерционных характеристиках и ограничениях фазовых переменных. В совокупности все эти требования во многом противоречивы, что является достаточно сложной задачей.

Решение задачи для электромеханических систем управления (ЭМСУ) сводится к выбору оптимального движения рабочих органов (РО), которые являются основой функционирования для ПСС. ЭМСУ должна обеспечивать:

- минимальное перерегулирование, когда ошибка между заданием и текущим значением координаты становится близка к нулю;
- максимальное быстродействие при выполнении заданий по изменению координаты.

Достичь соблюдения обоих условий в реальности достаточно сложно, необходимо оптимально комбинировать линейные и нелинейные законы управления. Последние необходимы ввиду наличия ограничений фазовых переменных. Согласно теореме [1], оптимальное по быстродействию управление релейно. Представим уравнение работы оптимального регулятора в математическом виде

$$U_m = \text{usign}V(x_1, \dots, x_n). \quad (1)$$

Задача уравнения (1) заключается в получении функции переключения (перехода с максимального на минимальное управляющее воздействие), что является достаточно трудным ввиду того, что это происходит в условиях реального времени.

Для выполнения всех вышеперечисленных условий предлагается использовать регулятор на базе нечеткой логики. Такие управляющие устройства хорошо зарекомендовали себя для объектов, которые обладают недостаточно полной информацией, а также представляющие сложность в идентификации [2, 3].

**Описание модели объекта.** Предположим, что объект позиционного управления описывается моделью интегратора 2-го порядка:

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t), \quad (2)$$

где  $X(t)$  – вектор состояния;  $X = [x, v]^T$ ,  $x$  – положение,  $v$  – скорость;  $U(t)$  – скалярное дискретное управление (ускорение),  $U(t) = a$ ;  $A, B$  – матрицы постоянных коэффициентов.

Зададим матрицы коэффициентов:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Подставив матрицы А и В в уравнение (2), получим модель интегратора 2-го порядка в векторно-матричной форме:

$$\dot{X}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} X(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} U(t).$$

**Описание структуры и формирование термов нечеткого регулятора.** Структурная схема регулятора представлена на рис. 1.

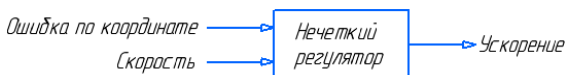


Рис. 1. Схема управляющего устройства

Для каждого потока (см. рис. 1) составим лингвистические термы, которые являются основой функционирования данного подхода. Итак:

1. Для скорости – «СкоростьПлюс», «СкоростьОколоНуляПлюс», «СкоростьМинус», «СкоростьОколоНуляМинус», «СкоростьМаксимум», «СкоростьМинимум».

2. Для ошибки положения – «ОшибкаПлюс», «ОшибкаМинус».

3. Для ускорения – «УскорениеМаксимум», «УскорениеМинимум».

Теперь нужно математически описать вышеперечисленные термы. Вообще функции принадлежности необходимы для задания элементов в нечетких множествах, которые задаются численно от 0 до 1 [4]. Фактически это число означает степень истинности для тех или иных термов. Итак, термы для рис. 1 опишем следующим образом (отрицательные термы для ошибки и скоростей получаем симметрично на основе положительных соответственно):

$$\mu_{\text{ОшибкаПлюс}}(x) = \begin{cases} 0, x \in (-\infty; 0,1); \\ 1, x \in [1, x \in 0,1; +\infty); \end{cases}$$

$$\mu_{\text{СкоростьПлюс}}(x) = \begin{cases} 0, v \in (-\infty; v_{\text{гран}}); \\ (v - v_{\text{гран}}) / 0,01, v \in [v_{\text{гран}}; v_{\text{гран}} + 0,01); \\ 1, v \in (v_{\text{гран}} + 0,01; +\infty); \end{cases}$$

$$\mu_{\text{СкоростьОколоНуляПлюс}}(x) = \begin{cases} 0, v \in (-\infty; 0,01); \\ (v - 0,01) / (10,01 - 0,01), v \in [0,01; 10,01); \\ 0, v \in (10,01; +\infty); \end{cases}$$

$$\mu_{\text{УскорениеМинимум}}(x) = \begin{cases} 0, a \in (-\infty; 2); \\ (a - 2)/4, a \in [-2; 2]; \\ 0, a \in (2; +\infty); \end{cases}$$

$$\mu_{\text{УскорениеМаксимум}}(x) = \begin{cases} 0, a \in (-\infty; 2); \\ (a + 2)/4, a \in [-2; 2]; \\ 0, a \in (2; +\infty). \end{cases}$$

Переменная  $v_{\text{гран}}$  пересчитывается на каждом такте дискретизации и представляет собой особенность регулятора, которая будет объяснена далее. Графически функции выглядят следующим образом (рис. 2).

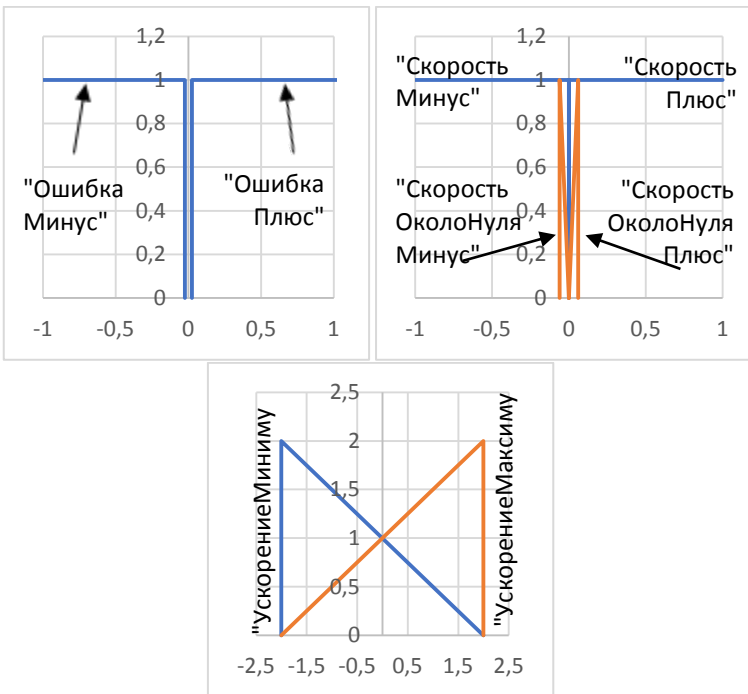


Рис. 2. Функции принадлежности для ошибки, скорости и ускорения

**Принцип работы регулятора, база правил.** Когда происходит ошибка положения, выходная переменная формируется из-за попадания ошибки в терм-множество «ОшибкаПлюс». С уменьшением ошиб-

ки скорость увеличивается до тех пор, пока не попадет в множество «СкоростьПлюс». После этого скорость должна снижаться и формироваться за счет множества «УскорениеМинимум». Особенностью термина «СкоростьПлюс» является граничное условие, которое пересчитывается на каждом шаге управления.

$$v_{\text{гран}} = \sqrt{2Ba_{\text{max}}x},$$

где  $B = 1$ ;  $x$  – текущая ошибка по координате.

База правил для системы нечеткого вывода (приведены только для положительной стороны, для отрицательной составляются симметрично):

1. Если «Ошибка» является «ОшибкаПлюс», «Скорость» не является «СкоростьПлюс», «Скорость» не является «СкоростьМаксимум», тогда «Ускорение» будет «УскорениеМаксимум».

2. Если «Скорость» является «СкоростьПлюс», тогда «Ускорение» будет «УскорениеМинимум».

3. Если «Скорость» является «СкоростьОколоНуляПлюс», «Ошибка» не является «ОшибкаПлюс», «Скорость» не является «СкоростьПлюс», тогда «Ускорение» будет «УскорениеМинимум».

**Идеальные переходные процессы.** Согласно теореме (1), ускорение мгновенно переключается с положительного на отрицательное. Благодаря этому объект достигает заданной точки (без перерегулирования) с нулевой скоростью.

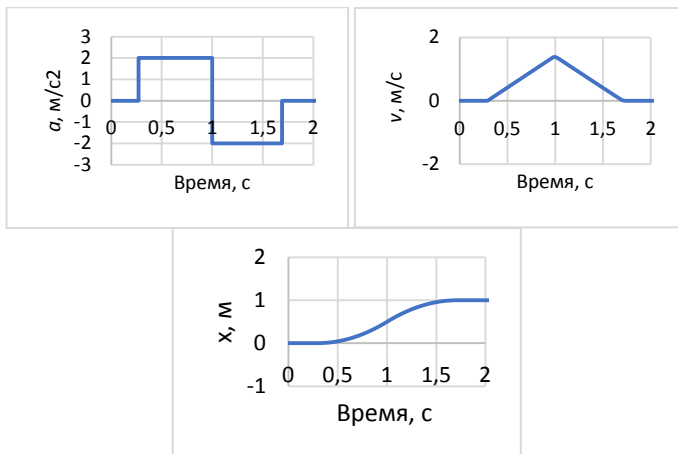


Рис. 3. Идеальные процессы в ПСС: ускорение, скорость, координата

На рис. 3 в произвольный момент времени изменили задание координаты с 0 до 1 м. Появляется ошибка положения, которая уменьшается за счет максимального положительного ускорения. Это ускорение воздействует на объект до тех пор, пока скорость не станет равна  $v_{\text{гран}}$ . Затем осуществляется торможение объекта за счет максимального отрицательного ускорения. При этом в момент достижения нулевого отклонения по координате скорость объекта также должна быть равна нулю. Это и является целью регулирования для ПСС.

**Имитационное моделирование.** Смоделируем переходные процессы со следующими данными:  $m = 1$  кг,  $T_{\text{кв}} = 10$  мс,  $a_{\text{max}} = 2$  м/с<sup>2</sup>,  $v_{\text{max}} = 10$  м/с.

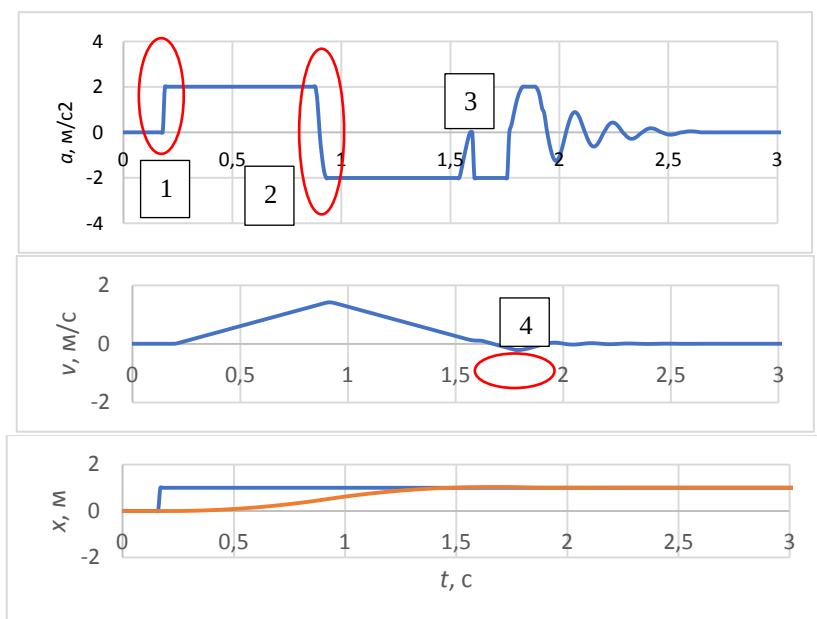


Рис. 4. Результаты имитационного моделирования (без модификаций)

В реальной системе переключение регулятора происходит не мгновенно (моменты 1 и 2, рис. 4), так как регулятор – это дискретное устройство. Момент 3 (резкий скачок ускорения) и момент 4 (скорость становится отрицательной) обусловлены тем, что регулятор производит операцию дифференцирования два раза, что приводит к задержкам в системе.

**Улучшение работы регулятора.** Для снижения влияния дискретности на управление процессом предлагается добавить две постоянные сдвига для терм-множеств «СкоростьПлюс» (рис. 5) и «СкоростьМинус». Их смысл заключается в растягивании прямоугольных функций принадлежности до трапецеидальных. Экспериментальным путем установлено, что лучшие значения для постоянных сдвига равны 1,4 (1-я) и 0,016 (2-я).

Для компенсации вычислительных ошибок предлагается ввести следующие дополнительные правила для регулятора:

- Если «Ошибка» является «ОшибкаОколоНуляПлюс» и «Ошибка» не является «ОшибкаПлюс», тогда «УскорениеМинимум».
- Если «Ошибка» является «ОшибкаОколоНуляМинус» и «Ошибка» не является «ОшибкаМинус», тогда «УскорениеМаксимум».

Правила нужны для более точного управляющего воздействия на объект. Также создается два новых терма для ошибки (термы имеют треугольные формы). Смоделируем переходные процессы с этими добавками (рис. 5):

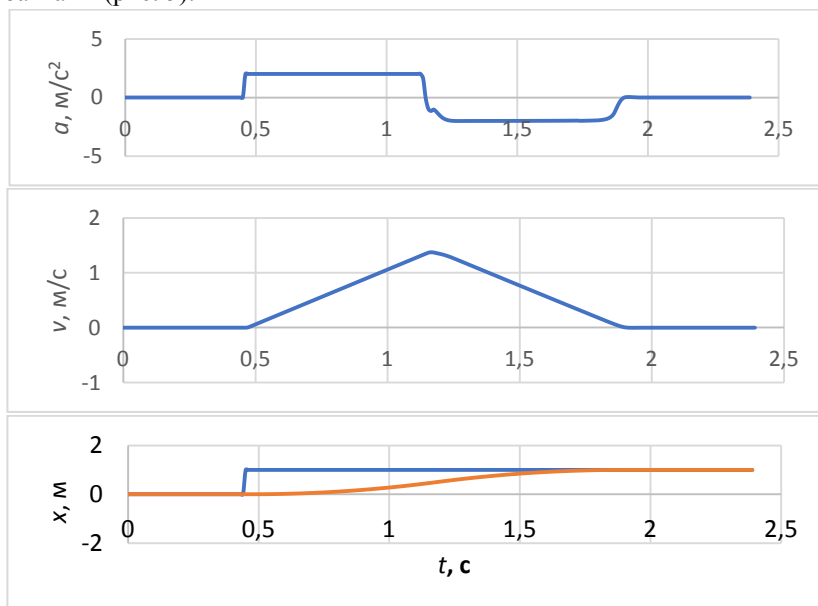


Рис. 5. Результаты имитационного моделирования с модификациями

**Выводы.** Для ПСС был предложен и реализован алгоритм управления с нечеткой логикой, который был проверен имитационным моделированием. Эффективности нечеткого управления достаточно для управления положением объекта, которая может быть улучшена благодаря изменению нечеткого регулятора. В результате эти улучшения обеспечивают такие переходные процессы, которые близки к критически достижимым.

### **Библиографический список**

1. Пшихопов В.Х. Оптимальное по быстродействию траекторное управление электромеханическими манипуляционными роботами // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2007. – № 1. – С. 51–57.
2. Асаи К., Ватага Д., Иваи С. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / под ред. Т. Тэрано. – М.: Мир, 1993. – 344 с.
3. Соловьев В.В., Финаев В.И. Постановка задачи синтеза управления сложной системой в условиях априорной неопределенности // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 5 (94). – С. 59–65.
4. Анисимов Д.Н., Новиков В.Н., Сафина Э.А. Исследование влияния треугольных норм на динамику нечеткой системы автоматического управления // Вестник Московского энергетического института (МЭИ). – 2013. – № 4. – С. 186–192.

### **Сведения об авторах**

**Шмидт Игорь Альбертович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt@msa.pstu.ac.ru

**Бычин Игорь Сергеевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-1м, г. Пермь, e-mail: bychin00@yandex.ru

**Д.А. Самарин, А.А. Широков**

**МЕТОД РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ К СТРУКТУРНЫМ  
ЭЛЕМЕНТАМ РОТАЦИОННОГО ТАБЛЕТОЧНОГО  
ПРЕССА MODUL S ФИРМЫ GEA**

Рассматривается методика разработки требований к структурным элементам электронного оборудования ротационного таблеточного пресса для применения стратегии импортозамещения, направленной на ликвидацию временных издержек простоя оборудования при выходе его из строя. Описывается разработанный метод исследования установки таблеточного пресса, требования, составленные на основании этого метода и подбор аналогов оригинальных устройств.

**Ключевые слова:** метод разработки требований, импортозамещение, требования к структурным элементам, ротационный таблеточный пресс, математическая модель процесса таблетирования, алгоритм управления таблеточным прессом.

**D.A. Samarin, A.A. Shyrokov**

**METHOD OF DEVELOPING REQUIREMENTS  
FOR THE STRUCTURAL ELEMENTS OF A GEA  
MODUL S ROTARY TABLET PRESS**

The paper considers a methodology for developing requirements for the structural elements of electronic equipment of a rotary tablet press to apply an import substitution strategy aimed at eliminating the time costs of equipment downtime when it fails. The developed method for studying the installation of a tablet press, the requirements drawn up on the basis of this method and the selection of analogues of original devices are described.

**Keywords:** requirements development method, import substitution, requirements for structural elements. rotary tablet press, mathematical model of the tableting process, tablet press control algorithm.

Проблема поставок зарубежного оборудования и деталей к нему становится все более актуальной в нынешних реалиях. Если речь идет о большом производстве с большим выпуском продукции, то расчет экономических потерь ввиду простоя линии производства может пагубно сказаться на финансовом положении фирмы. Чтобы это предотвратить, необходимо либо поменять поставщика, с которым налажен более надежный контакт в плане поставок, либо поддержать отечественное производство устройств автоматизации.

Для рассматриваемого в данной статье ротационного таблеточного пресса Modul S фирмы GEA была выбрана стратегия импортозамещения структурных элементов ввиду того, что оригинальные запчасти стало трудно приобрести, а время простоя оборудования приводит к простою всей линии производства, так как без стадии прессования, которая происходит на рассматриваемом таблеточном прессе, невозможно получить готовую продукцию [1].

Для четкого понимания того, какие элементы больше всего будут подлежать замене, необходимо составить требования к заменяемым структурным элементам, подход к каждому из которых составляется на основе:

1. Принципа работы установки.
2. Функционала элемента.
3. Алгоритма управления установкой.
4. Математической модели технологического процесса.

Они позволяют выявить те устройства, которые наиболее подвержены износу и частой замене. Именно их следует заменить на отечественные аналоги, чтобы предотвратить постоянные временные задержки, возникающие при частой замене оборудования.

Принцип работы установки рассматривается для полного понимания последовательности этапов выполнения прессования в установке таблеточного пресса и декомпозиции структурных элементов системы, позволяющей выявить наиболее ответственные устройства, влияющие на качество произведенной продукции. Их впоследствии можно рассматривать как элементы, подходящие под импортозамещение.

Функционал устройства – базовая характеристика структурного элемента, рассматриваемого для стратегии импортозамещения. Важное условие замены оригинального оборудования на отечественное заключается в полном соответствии показателей функциональных характеристик элементов их оригиналам. Несоблюдение функционала может привести к некачественному производственному процессу, в результате которого может образоваться бракованная продукция и, соответственно, произойти потеря ресурсов, сырья и времени, влияющая на экономическую составляющую производства.

Алгоритм управления установкой позволяет более детально рассмотреть принцип производства таблеток и декомпонировать каждую

стадию на элементарные операции. Описание алгоритма выполнено на основе переменных процесса, подразделяемых на четыре вида: входные, выходные, внутренние (системные) и временные. Таким образом, каждый структурный элемент в системе можно проанализировать и выявить его важность в процессе производства за счет количества и важности выполняемых им операций.

Математическая модель процесса необходима для описания зависимости между давлением, приложенным к таблеточному порошку, плотностью порошка и давлением в прессуемой смеси газовой фазы. Параметры процесса, которые мы задаем перед началом производства, определяют конечное усилие, с которым установка прессует таблетки. Оригинальные датчики давления рассчитаны на более высокие показатели давления, нежели те, что предлагают отечественные производители. Таким образом, расчет необходимого прилагаемого давления, которое бы обеспечивало прессование таблетки, позволяет подобрать такие датчики, диапазон которых соответствовал бы заданным требованиям на основе математической модели [1].

Исходя из вышеперечисленных сведений составляются следующие требования:

- заменяемое устройство постоянно находится в движении во время процесса производства;
- устройство является частью стадии прессования;
- некорректное функционирование устройства приводит к остановке работы таблеточного пресса;
- некорректное функционирование устройства приводит к выработке бракованной продукции;
- устройство оповещает систему о неисправности / выходе за допустимые нормы;
- устройство не является частью корпуса пресса;
- устройство не является элементом прессования таблеток.

Таким образом, в основном замене будут подлежать устройства, выполняющие функцию измерения определенного параметра системы и вырабатывающие управляющие сигналы в систему.

После анализа по найденным в открытых источниках характеристикам структурных элементов выполняется подбор аналогов отечественного производства, отображенный в таблице [2–4].

## Подбор отечественных аналогов оригинальным датчикам

| Название элемента                              | Оригинал (Бельгия)                                          | Аналог (Россия)                        |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Блокировочное реле                             | SCHMERSAL AES1235<br>(24VDC)                                | РИО-2 АСДС24В УХЛ4                     |
| Индуктивный датчик положения                   | Balluff BES 516-3005                                        | ВБИ-Д06-45V-1112-3                     |
| Датчик положения (энкодер) № 1                 | KUEBLER 5870                                                | ЛИР-ДА190К                             |
| Датчик положения (энкодер) № 2                 | KUEBLER 5882                                                | ЛИР-ДА190К                             |
| Тензометрический датчик (финальной компрессии) | LOAD CELL 50.000LBS<br>WITH CONNECTOR E-<br>EO2L290050KAL1G | АЭМЗ ДСТЦ-09                           |
| Тензодатчик (силы выброса таблетки)            | HONEYWELL SENSOTEC<br>LFH-71 2000                           | К-О-10В                                |
| Датчик смещения                                | Sentech 75DC-050                                            | TS 75, Датчик смещения/хода 75 mm 5 kΩ |
| Емкостный датчик                               | Effector KD-3060                                            | ВБЕ-Ц30-96С-2121-3А                    |
| Фотоэлектронный датчик № 1                     | Balluff BOS 12M-PS-1QA-S4-C                                 | ВБО-М18-76В-7113-СА                    |
| Фотоэлектронный датчик № 2                     | Balluff BOS 12M-PS-1PD-S4-C                                 | ВБО-М18-76К-5113-СА                    |
| Фотоэлектронный датчик № 3                     | Balluff BOS 5K-PO-IX10-S75                                  | ВБО-М18-76В-9113-СА                    |
| Контроллер                                     | Siemens S7 300 CPU<br>6ES7317-2ЕК14-0АВ0                    | FASTWEL CPM704<br>(PROFIBUS DP-V1)     |
| Частотно-регулируемый привод                   | Danfoss FC-302                                              | Erman E-VC-800                         |

Анализ характеристик импортных и отечественных датчиков позволяет сделать вывод, что большинство датчиков могут быть заменены отечественными аналогами.

### Библиографический список

1. Руководство пользователя для ротационного таблеточного прес-са типа Modul<sup>ТМ</sup>S с интерфейсом MC5: Руководство пользователя, Modul<sup>ТМ</sup>S версии V0x00x06: переведенный оригинал инструкции. – Апрель 2018 г. – © GEA.

2. BOS0045 Оптические щупы // Balluff. – URL: <https://www.balluff.com/ru-ru/products/BOS0045> (дата обращения: 09.05.2023).

3. Schmersal. Микропроцессорные контроллеры безопасности (Series AES) – AES 1235 // Schmersal. – URL: <https://schmersalgroup.ru/product/schmersal-mikroprocessornye-kontrollery-be-52> (дата обращения: 09.05.2023).

4. KD5022 KD-3060-BPKG/NI KD-3060-BPKG/NI // Kubtrade. – URL: [http://www.kubtrade.ru/ifm\\_description.php?id=4689](http://www.kubtrade.ru/ifm_description.php?id=4689) (дата обращения: 09.05.2023).

### **Сведения об авторах**

**Самарин Дмитрий Александрович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-1м, г. Пермь, e-mail: samar.dima@mail.ru

**Широков Александр Аркадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные системы автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

**Д.А. Соколов, Н.В. Андриевская, С.А. Сторожев**

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОМ ПЕЛЬТЬЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

Исследуется возможность разработки и построения модели регулятора для элемента Пельтье. Из-за сложности математического описания элемента Пельтье и сложных нелинейных (недетерминированных) объектов в целом возникает проблема их автоматизации. На основании модели в системе моделирования Simulink были реализованы два вида нечеткого регулятора: нечеткий регулятор с пропорциональной составляющей и нечеткий регулятор с пропорциональной и дифференциальной составляющими. Рассматривается способ синтеза выше-описанных регуляторов.

**Ключевые слова:** элемент Пельтье, регулятор, нечеткая логика.

**D.A. Sokolov, N.V. Andrievskaya, S.A. Storozhev**

## **DEVELOPMENT OF A PELTIER ELEMENT AUTOMATIC CON- TROL SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC**

This article explores the possibility of developing and constructing a regulator model for the Peltier element. Due to the complexity of the mathematical description of the Peltier element and complex nonlinear (non-deterministic) objects in general, the problem of their automation arises. Based on the model, two types of fuzzy controller were implemented in the Simulink simulation system. Fuzzy controller with proportional component and fuzzy controller with proportional and differential components. The article discusses the method of synthesis of the above-described regulators.

**Keywords:** Peltier element, regulator, fuzzy logic.

Элемент Пельтье представляет собой термоэлектрический преобразователь, который состоит из модулей – термопар, представляющих собой два соединенных проводника  $p$ - и  $n$ -типа (рис. 1). При пропускании через термопару тока происходит поглощение тепла на контакте  $n$ - $p$  и выделение тепла на  $p$ - $n$ -контакте. В результате участок полупроводника, примыкающий к  $n$ - $p$ -переходу, будет охлаждаться, а противоположный участок – нагреваться. Если поменять полярность тока, то, наоборот,  $n$ - $p$ -участок будет нагреваться, а противоположный – охлаждаться.

Термоэлектрические модули широко используются в таких устройствах, как портативные кондиционеры, автомобильные холодиль-

ники, водяные кулеры, осушители воздуха, системы охлаждения процессоров и т.п. В настоящее время специалисты используют элементы Пельтье в акустических системах, выполняющих роль кулера.

Достоинством элементов является длительный срок службы, потому что они выполнены в виде монолитного корпуса, неисправности маловероятны.

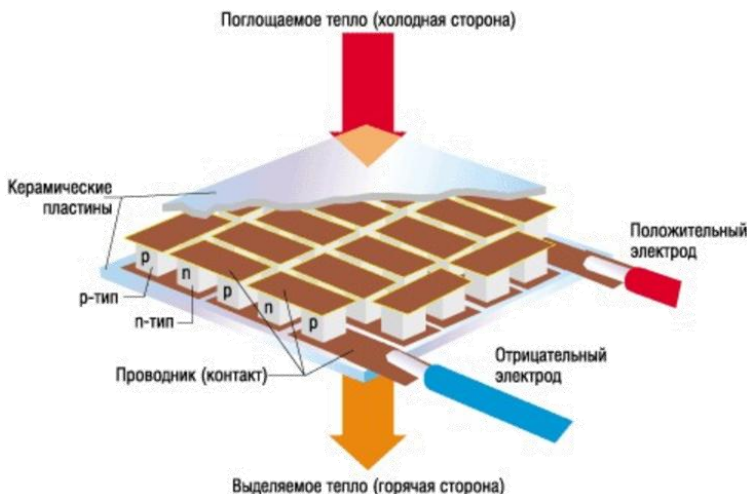


Рис. 1. Схема элемента Пельтье

**Основная часть.** Математическая модель термостатов на основе элемента Пельтье имеет вид [1]:

$$\frac{dT_1}{dt} = \frac{1}{C_1} (\alpha IT_1 + 0,5I^2 R_n + \gamma(T_1 - T_2) + P_n + k_1(T_{oc} - T_1)); \quad (1)$$

$$\frac{dT_2}{dt} = -\frac{\alpha IT_2}{C_2} + \frac{1}{C_1} (0,5I^2 R_n - \gamma(T_2 - T_1) + k_2(T_{oc} - T_2)), \quad (2)$$

где  $T_1$ ,  $T_2$  – температуры внутренней и внешней частей термостата;  $T_{oc}$  – температура окружающей среды;  $I$  – сила тока, протекающего через элемент Пельтье;  $P_n$  – мощность тепловой нагрузки термостата;  $I$  – сила тока, протекающего через элемент Пельтье;  $R_n$  – электрическое сопротивление элемента Пельтье;  $\gamma$  – термическая проводимость элемента Пельтье;  $k_1$ ,  $k_2$  – параметры теплообмена внутренней и внешней частей

термостата с окружающей средой;  $\alpha$  – коэффициент Зеебека;  $C_1$ ,  $C_2$  – теплоемкости внутренней и внешней частей термостата.

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что элемент Пельтье является нестационарным объектом исследования.

Ввиду этого в качестве способа синтеза системы автоматического управления была выбрана нечеткая логика. В качестве структуры нечеткого регулятора выбраны нечеткий П-регулятор и нечеткий ПД-регулятор [2, 3].

Для нечеткого П-регулятора в качестве входа выбрана ошибка отклонения, для которой выбрано пять терм-множеств, характеризующихся функциями принадлежности, представленными на рис. 2 [3, 4].

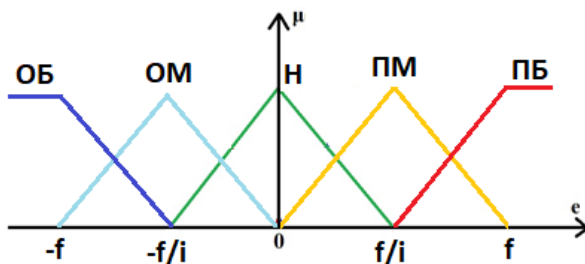


Рис. 2. Функции принадлежности терм-множеств входа нечеткого П-регулятора

На рис. 2 представлены следующие терм-множества: ОБ – отрицательная большая ошибка; ОМ – отрицательная малая ошибка; Н – нулевая ошибка; ПМ – положительная малая ошибка; ПБ – положительная большая ошибка. Переменные  $f$  и  $i$  являются настроечными величинами для диапазона термов.

Выходной сигнал нечеткого П-регулятора представлен в виде пяти терм-множеств: быстрое охлаждение, охлаждение, температура без изменений, нагрев, быстрый нагрев. Тогда база правил вывода имеет вид [4]:

- 1) если  $e$  есть ОБ, то быстрый нагрев;
- 2) если  $e$  есть ОМ, то нагрев;
- 3) если  $e$  есть Н, то температура без изменений;
- 4) если  $e$  есть ПМ, то охлаждение;
- 5) если  $e$  есть ПБ, то быстрое охлаждение.

Нечеткий П-регулятор реализован в Simulink / MatLab (рис. 3).

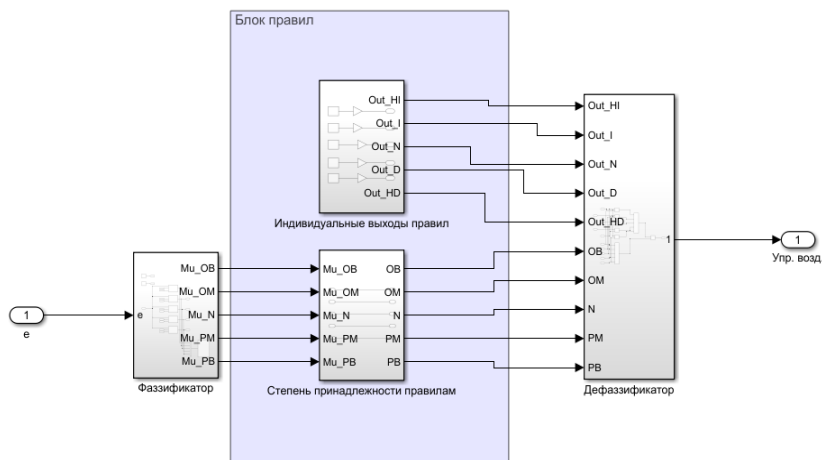


Рис. 3. Нечеткий ПД-регулятор

Для нечеткого ПД-регулятора в качестве входных переменных выбраны величина ошибки  $e$  и скорость изменения ошибки  $de$ , каждая имеет по три терм-множества [3].

На рис. 4 представлены следующие терм-множества ошибки  $e$ : О – отрицательная ошибка; Нe – нулевая ошибка; П – положительная ошибка.

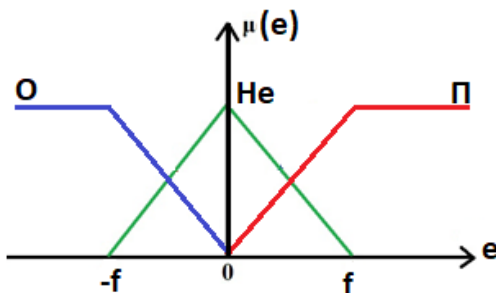


Рис. 4. Функции принадлежности терм-множеств входа ошибки  $e$  нечеткого ПД-регулятора

Для входа скорости изменения ошибки  $de$  выбраны следующие термы: У – ошибка убывает; Нde – нет изменения ошибки; Р – ошибка растет. Функции принадлежности термов скорости изменения ошибки  $de$  представлены на рис. 5.

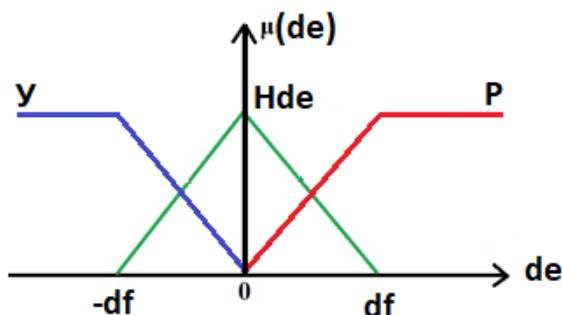


Рис. 5. Термы изменения ошибки нечеткого ПД-регулятора

Выходной сигнал нечеткого регулятора имеет пять термов, как и в нечетком П-регуляторе. Блок правил описывает стратегию управления, применяемую в конкретной задаче, и описывается для нечеткого П-регулятора следующими выражениями [4]:

- 1) если  $e$  есть О и  $de$  есть Y, то быстрый нагрев;
- 2) если  $e$  есть О и  $de$  есть Hde, то нагрев;
- 3) если  $e$  есть О и  $de$  есть P, то температура без изменений;
- 4) если  $e$  есть Не и  $de$  есть Y, то нагрев;
- 5) если  $e$  есть Не и  $de$  есть Hde, то температура без изменений;
- 6) если  $e$  есть Не и  $de$  есть P, то охлаждение;
- 7) если  $e$  есть П и  $de$  есть Y, то температура без изменений;
- 8) если  $e$  есть П и  $de$  есть Hde, то охлаждение;
- 9) если  $e$  есть П и  $de$  есть P, то быстрое охлаждение.

Для устранения нечеткости окончательного результата (дефаззификации) используется метод средневзвешенного. Метод рассчитывается по формуле [2]

$$\text{out} = \frac{\sum \mu_i \text{out}_i}{\sum \mu_i},$$

где  $\text{out}$  – результат дефаззификации;  $\mu_i$  – функция принадлежности нечеткого множества выходного сигнала;  $\text{out}_i$  – индивидуальный выход правил.

Схема нечеткого ПД-регулятора в среде Simulink / MatLab представлена на рис. 6.

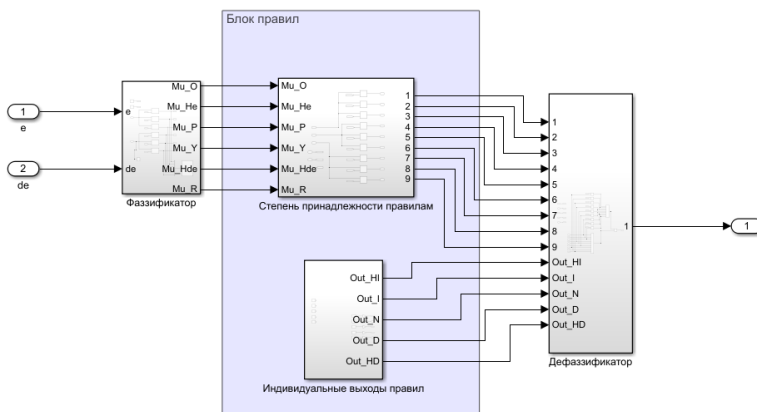


Рис. 6. Нечеткий ПД-регулятор

Переходные процессы системы с регуляторами представлены на рис. 7.

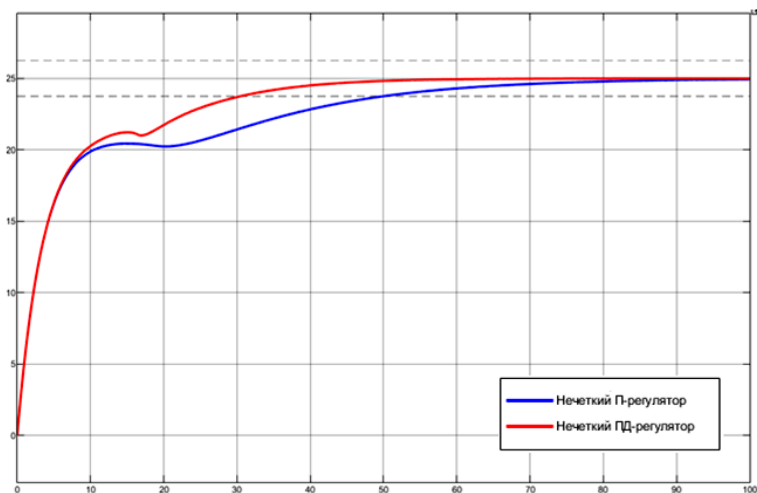


Рис. 7. Переходные процессы систем с нечеткими регуляторами

Показатели качества нечеткого П-регулятора:

– время переходного процесса  $t_{\text{пп}} = 49,98$  с;

– перерегулирование  $\sigma \% = \frac{|y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}|}{y_{\text{уст}}} \cdot 100 \% = 0 \%$ .

Показатели качества нечеткого ПД-регулятора:

- время переходного процесса  $t_{\text{пн}} = 30,47$  с;
- перерегулирование  $\sigma \% = \frac{|y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}|}{y_{\text{уст}}} \cdot 100 \% = 0 \%$ .

**Выводы.** В данной статье был осуществлен синтез нечеткого регулятора двумя способами. Анализ результатов моделирования показал предпочтительность нечеткого регулятора с пропорциональной и дифференциальной составляющими, так как показатели перерегулирования и ошибки в статике у обоих регуляторов равны нулю, но по быстродействию нечеткий ПД-регулятор превосходит нечеткий П-регулятор.

### Библиографический список

1. Гринкевич В.А. Исследование математической модели термостата на основе элемента Пельтье // сб. науч. тр. НГТУ. – 2017. – № 3 (89). – С. 62–77.
2. Хижняков Ю.Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 303 с.
3. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. – Киев: Радиомотор, 2008. – 972 с.
4. Выбор и оптимизация параметров регулятора элемента Пельтье блока БУЦ, разработанного на отечественной элементной базе / Д.А. Соколов, М.А. Нацанов, В.Д. Загвозкин, Ю.Н. Хижняков // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2022. – 320 с.

### Сведения об авторах

**Соколов Дмитрий Александрович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-19-1б, г. Пермь, e-mail: forstudy01@mail.ru

**Андриевская Наталья Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: nataly-anv@yandex.ru

**Сторожев Сергей Александрович** – ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: cepra5@mail.ru

**Ю.Н. Хижняков, Е.Ю. Иняева**

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ НЕФТИ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕПАРАТОРА В МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

Системы автоматического управления в мобильной установке переработки нефти обычно строятся на базе ПИД-регуляторов. При этом непрерывное изменение подачи нефти и изменение физико-химического состава нефти часто приводит к неопределенности в управлении уровнем жидкости, к колебаниям расхода и давления в блоках установки. Одним из путей решения проблемы является использование нечеткого регулятора. Был разработан нечеткий регулятор для системы управления уровнем нефти нефтегазового сепаратора. В результате повысилась точность поддержания уровня жидкости при существующих неопределенностях.

**Ключевые слова:** нефтегазовый сепаратор, нечеткий регулятор, фаззификатор, блок правил, дефаззификатор.

**Yu.N. Khizhnyakov, E.Yu. Inyeva**

## **OIL LEVEL CONTROL SYSTEM OF AN OIL AND GAS SEPARATOR IN A MOBILE OIL REFINING UNIT BASED ON FUZZY LOGIC**

Automatic control systems in a mobile oil refining unit are usually built on the basis of PID controllers. At the same time, a continuous change in the supply of oil and a change in the physical and chemical composition of oil often leads to uncertainty in the control of the liquid level, to fluctuations in flow and pressure in the units of the installation. One way to solve the problem is to use a fuzzy controller. A fuzzy controller was developed for the oil level control system of an oil and gas separator. As a result, the accuracy of maintaining the liquid level has increased under existing uncertainties.

**Keywords:** oil and gas separator, fuzzy controller, fuzzifier, block of rules, defuzzifier.

Мобильная установка подготовки нефти (МУПН) и отгрузки скважинной продукции на месторождении предназначена для разделения и подготовки продукции скважин на нефть, газ и пластовую воду до требуемых условий. Технологическая система в сочетании с системой управления эксплуатируются без наличия обслуживающего персонала на постоянных рабочих местах. Система контроля и управления объек-

том основывается на принципах построения систем управления, обеспечивающих выполнение распределенного контроля и управления, высокую надежность, стабильность технологического процесса и безопасность эксплуатации.

Сырьем для МУПН является продукция скважин в виде газожидкостной смеси, которая с кустов (скважин) подается на нефтегазовые сепараторы (НГС). В НГС происходит разделение (сепарирование) газожидкостной смеси на отдельные фазы (нефть и газ). Газ в дальнейшем поступает на блок подготовки топливного газа. Жидкая продукция поступает через блоки нагревателей в резервуары для обезвоживания и обессоливания нефти. Далее нефть поступает в накопительные емкости, а затем через систему налива с помощью насосов откачивается в цистерны для дальнейшей перевозки до потребителя [1–3].

В управлении режимами работы МУПН обычно применяются ПИД-регуляторы [1, 2]. При этом непрерывное изменение подачи нефти и изменение физико-химического состава нефти часто приводит к неопределенности в управлении уровнем жидкости, к колебаниям расхода и давления как в трубопроводе, так и на всех блоках установки [4].

В данной работе рассматривается задача управления уровнем нефти в НГС. В процессе регулирования необходимо, чтобы уровень нефти поддерживался в определенных пределах. На рис. 1 представлена структурная схема контура регулирования уровня нефти в сепараторе, где LT0101 – датчик уровня нефти, LT0101.SP – уставка уровня нефти, LCV0101 – регулирующий клапан. В данной статье сравнивается ПИД-регулятор [6] и нечеткий регулятор. Описание нечеткого регулятора представлено в следующих подразделах.



Рис. 1. Структурная схема контура регулирования уровня нефти в сепараторе

Нечеткий регулятор Сугено – Такаги является одним из наиболее широко применяемых подходов в области нечеткого управления. Он основан на принципах нечеткой логики, позволяющей учитывать неопределенность и нечеткость входных данных и логических правил. Важной особенностью нечеткого регулятора Сугено – Такаги является использование линейных функций принадлежности для определения

выходных значений. Это обеспечивает простоту вычислений и упрощает процесс настройки регулятора. Его эффективность и применимость в различных областях делают его популярным выбором для реализации систем управления в реальных условиях [6].

Таким образом, целью данного исследования является разработка нечеткого регулятора для управления уровнем нефти в нефтегазовом сепараторе на мобильной установке переработки нефти.

**Разработка нечеткого регулятора.** За лингвистические переменные при построении нечеткого регулятора взяты отклонение уровня от заданного значения и угол поворота вентиля оттока для сброса нефти. Структурная схема нечеткого регулятора представлена на рис. 2.

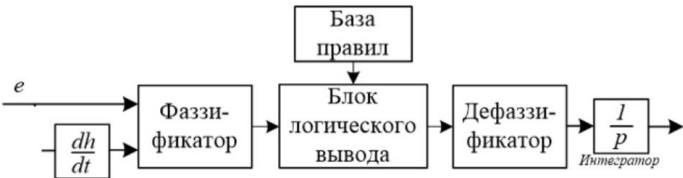
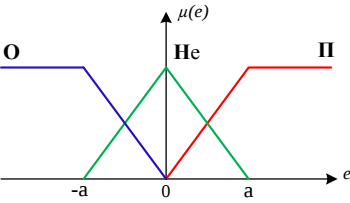


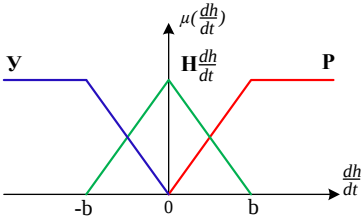
Рис. 2. Структурная схема нечеткого регулятора

Фаззификатор данного регулятора представлен тремя термами множеств от ошибки (рис. 3) и тремя термами множеств от изменения ошибки (рис. 4).



О – отрицательная ошибка;  
 Нe – нулевая ошибка;  
 П – положительная ошибка

Рис. 3. Термы ошибки нечеткого регулятора



У – ошибка убывает;  
 Н dh/dt – ошибка не изменяется;  
 Р – ошибка растет

Рис. 4. Термы производной по ошибке нечеткого регулятора

Блок правил содержит девять правил (табл. 1).

## Блок правил

| $\frac{dh}{dt}/e$ | О                   | Н              | П                     |
|-------------------|---------------------|----------------|-----------------------|
| У                 | Не изменяй (1)      | Увеличивай (2) | Сильно увеличивай (3) |
| Н                 | Уменьшай (4)        | Не изменяй (5) | Увеличивай (6)        |
| Р                 | Сильно уменьшай (7) | Уменьшай (8)   | Не изменяй (9)        |

Значение индивидуального выхода «Увеличивай» равняется параметру нечеткого регулятора  $c$ ; «Уменьшай» =  $-c$ ; «Сильно увеличивай» =  $d$ ; «Сильно уменьшай» =  $-d$ ; «Норма» = 0».

Блок правил описывается следующими выражениями:

1. Если  $e$  О и  $dh/dt$  У, то не изменяем воздействие

$$\mu_1 = \min(\mu_O^e; \mu_Y^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_1 = 0.$$

2. Если  $e$  О и  $dh/dt$  Н, то увеличиваем воздействие

$$\mu_2 = \min(\mu_O^e; \mu_N^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_2 = c.$$

3. Если  $e$  О и  $dh/dt$  Р, то быстро увеличиваем воздействие

$$\mu_3 = \min(\mu_O^e; \mu_R^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_3 = d.$$

4. Если  $e$  Н и  $dh/dt$  У, то увеличиваем воздействие

$$\mu_4 = \min(\mu_N^e; \mu_Y^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_4 = -c.$$

5. Если  $e$  Н и  $dh/dt$  Н, то не изменяем воздействие

$$\mu_5 = \min(\mu_N^e; \mu_N^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_5 = 0.$$

6. Если  $e$  Н и  $dh/dt$  Р, то уменьшаем воздействие

$$\mu_6 = \min(\mu_N^e; \mu_R^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_6 = -c.$$

7. Если  $e$  П и  $dh/dt$  У, то быстро увеличиваем воздействие

$$\mu_7 = \min(\mu_P^e; \mu_Y^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_7 = d.$$

8. Если  $e$  П и  $dh/dt$  Н, то увеличиваем воздействие

$$\mu_8 = \min(\mu_P^e; \mu_N^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_8 = c.$$

9. Если  $e$  П и  $dh/dt$  Р, то не изменяем воздействие

$$\mu_9 = \min(\mu_P^e; \mu_R^{\frac{dh}{dt}}), \text{out}_9 = 0.$$

Дефазификация осуществляется по методу среднего взвешенного значения (см. формулу (1)) [7]. Для устранения нечеткости окончатель-

ного результата (дефазификации) существует достаточно большое количество методов перехода к точным значениям. Наиболее часто используется метод средневзвешенного значения:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^9 \mu_i^{out_i}}{\sum_{i=1}^9 \mu_i} \quad (1)$$

Именно поэтому значение, сформированное НР, поступает на вход интегратора.

**Эксперимент.** Для сравнения эффективности ПИД-регулятора и НР-регулятора проведены эксперименты на системах автоматического управления. При использовании одной программы постановки эксперимента (рис. 5) было проведено три эксперимента с разными значениями входного параметра  $Q$  (расход). Характер поведения объекта напрямую зависит от расхода нефти, поступающей через трубопровод в нефтегазовый сепаратор.

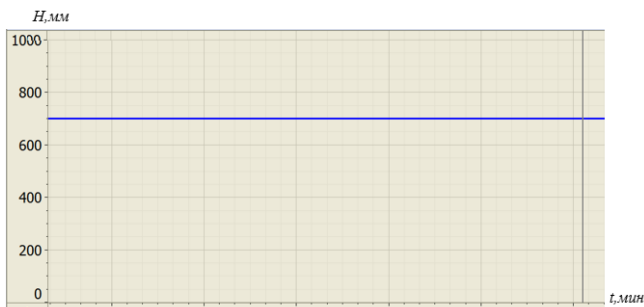


Рис. 5. Программные значения уровня воды в емкости,  $H = 700$  мм

Эксперимент № 1 представлен на графике рис. 6, параметры  $H = 0 \dots 700$ ,  $Q = 24 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

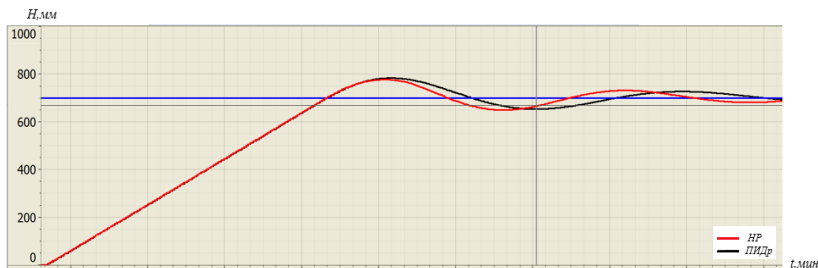


Рис. 6. Результат эксперимента № 1

Эксперимент № 2 представлен на графике рис. 7, параметры  $H = 0 \dots 700$ ,  $Q = 42 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

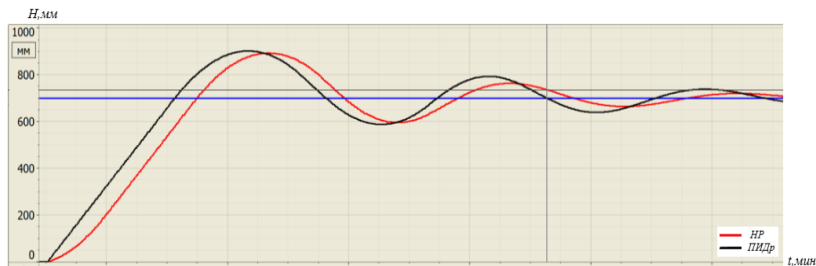


Рис. 7. Результат эксперимента № 2

Эксперимент № 3 представлен на графике рис. 8, параметры  $H = 0 \dots 700$ ,  $Q = 57 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

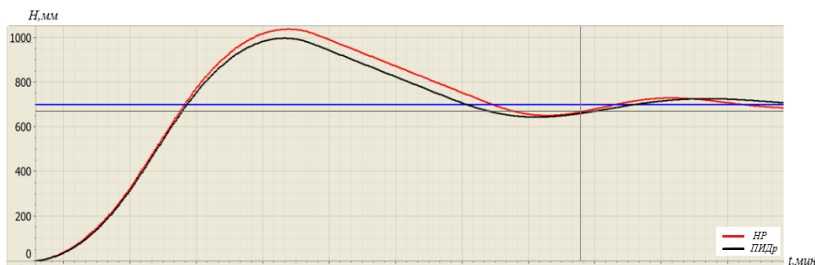


Рис. 8. Результат эксперимента № 3

В табл. 2 представлены значения времени переходного процесса и процента перерегулирования, полученные в процессе экспериментов.

Таблица 2

Результаты экспериментов

| $t_{пп}/\text{к.п}$ | $t_{пп1}$ | $\delta_{1\%}$ | $t_{пп2}$ | $\delta_{2\%}$ | $t_{пп3}$ | $\delta_{3\%}$ |
|---------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| ПИДр                | 133       | 28,71 %        | 94        | 11,86 %        | 100       | 42,29 %        |
| НР                  | 99        | 27,43 %        | 88        | 10,86 %        | 98        | 48,14 %        |

В дополнение к этому оценим эффективность работы регуляторов по целевой функции [6], которая высчитывается по формуле (2), где  $t_{пп}$  – время переходного процесса,  $\delta \%$  – перерегулирование:

$$\begin{aligned} F_{\text{пид}} &= 0,5(t_{\text{пп1}} + t_{\text{пп2}} + t_{\text{пп3}}) + 0,5(\delta_{1\%} + \delta_{2\%} + \delta_{3\%}) = 163,91, \\ F_{\text{нр}} &= 0,5(t_{\text{пп1}} + t_{\text{пп2}} + t_{\text{пп3}}) + 0,5(\delta_{1\%} + \delta_{2\%} + \delta_{3\%}) = 143,43. \end{aligned} \quad (2)$$

На основании полученного в ходе эксперимента значения целевой функции можно сделать вывод, что система автоматического управления с нечетким регулятором более эффективна в практическом применении (2).

Значение целевой функции регулятора с нечеткой логикой меньше того же значения ПИД-регулятора на 12,5 %.

**Выводы.** В ходе исследования получены следующие результаты:

1. Разработан нечеткий регулятор для системы автоматического управления уровнем нефти в нефтегазовом сепараторе.
2. Работоспособность разработанной системы автоматического управления подтверждается проведенными экспериментами.
3. Практическая значимость рассматриваемого предложения обусловлена точностью поддержания заданного уровня в условиях неопределенности, что позволяет заменить ПИД-регулятор на нечеткий регулятор.

### Библиографический список

1. Байков Н.М., Позднышев Г.Н., Мансуров Р.И. Сбор и промышленная подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1981. – 261 с.
2. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1977. – 192 с.
3. Сагдатуллин А.М. Автоматизация насосной станции системы транспорта и подготовки нефтепродуктов на базе интеллектуального логического регулятора // Тинчуринские чтения: материалы докладов IX Междунар. молодеж. науч. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллизанова. – Казань: Изд-во Казан. гос. энерг. ун-та, 2014. – Т. 2. – С. 166–167.
4. Хижняков Ю.Н., Никулин В.С., Сторожев С.А. Адаптивный нечеткий подход к управлению уровнем нефти-сырца в сепараторе дожимной насосной станции // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 35. – С. 57–70.

5. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 649 с.

6. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 156 с.

7. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.

### **Сведения об авторах**

**Хижняков Юрий Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kafedra@at.pstu.ru

**Иняева Елена Юрьевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-21-1м, г. Пермь, e-mail: inyaeva.lena@mail.ru

**М.Е. Санникова, Н.В. Андриевская, С.А. Сторожев**

## **РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ**

Исследуется возможность построения нечеткого регулятора для нестационарных объектов управления, а именно двигателя постоянного тока и элемента Пельтье. В связи со сложностью синтеза систем, в состав которых входят нестационарные объекты, возникают вопросы реализации управления. На основании вышеописанных моделей созданы нечеткие регуляторы. Описан синтез управления нестационарными объектами с помощью нечеткой логики.

**Ключевые слова:** двигатель постоянного тока, элемент Пельтье, регулятор, нечеткая логика.

**M.E. Sannikova, N.V. Andrievskaya, S.A. Storozhev**

## **DEVELOPMENT OF A FUZZY CONTROLLER FOR NON-STATIONARY CONTROL OBJECTS**

This article explores the possibility of constructing a fuzzy controller for non-stationary control objects, namely a DC motor and a Peltier element. Due to the complexity of the synthesis of systems that include non-stationary objects, questions arise about the implementation of management. Based on the models described above, fuzzy controllers have been created. The article describes the synthesis of control of non-stationary objects using fuzzy logic.

**Keywords:** DC motor, peltier element, regulator, fuzzy logic.

**Введение.** Управление нестационарными объектами является одной из самых распространенных задач в промышленности. Для решения задач управления могут быть использованы классические законы управления, методы искусственного интеллекта и адаптивное управление. В данной статье предложен метод управления на основе нечеткого управления [1]. В качестве нестационарных объектов управления рассмотрены двигатель постоянного тока [2] и элемент Пельтье [3].

Двигатель постоянного тока (ДПТ) состоит из следующих основных элементов: якорь с обмоткой, индуктор с обмоткой возбуждения, щеточно-коллекторный узел и корпус. В используемой в работе модели ДПТ приняты допущения: размагничивающее действие реакции якоря является скомпенсированным, индуктивность якорной цепи остается

постоянной. Магнитный поток возбуждения двигателя является нелинейной функцией тока возбуждения. Схема замещения ДПТ с независимым возбуждением представлена на рис. 1.

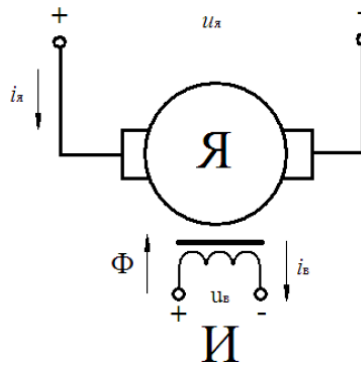


Рис. 1. Схема замещения ДПТ

С учетом допущений, представленных выше, ДПТ описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} u_{\text{я}} = R_{\text{я}} \left( T_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + i_{\text{я}} \right) + e_{\text{я}}, \\ J = \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{дв}} - M_{\text{с}}, \\ \omega = \frac{d\theta}{dt}, \\ e_{\text{я}} = C_e \omega \Phi, \\ M_{\text{дв}} = C_m i_{\text{я}}. \end{cases} \quad (1)$$

Поскольку из системы уравнений (1) видно, что коэффициент ЭДС зависит от магнитного потока, не являющегося постоянной величиной, то данная модель ДПТ является нестационарным объектом управления.

Элемент Пельтье – это термоэлектрический преобразователь. Эффект Пельтье заключается в прохождении электрического тока через соединенные термически два различных полупроводника, в которых происходит перенос тепла с одного полупроводника на другой. В результате этого один из полупроводников охлаждается, а другой нагревается. Элемент Пельтье также является нестационарным объектом, так как температура зависит от множества изменяющихся во времени па-

параметров, установить которые можно только экспериментальным путем [3, 4].

**Основная часть.** В качестве метода синтеза системы выбран регулятор на нечеткой логике, обладающий адаптивными свойствами. Структурная схема системы с нечетким регулятором представлена на рис. 2 [1, 5].

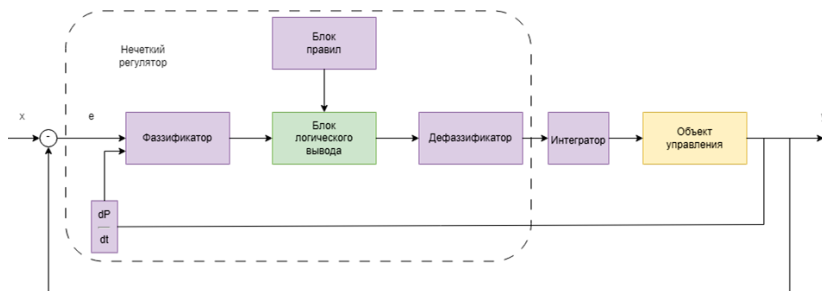


Рис. 2. Структурная схема системы с нечетким регулятором

На вход регулятора подаются сигналы об ошибке и скорости изменения управляемого сигнала. Входные и выходные значения принято обозначать следующим образом: NL – «отрицательное большое»; NM – «отрицательное среднее»; Z – «нулевое»; PM – «положительное среднее»; PN – «положительное большое» [1, 5].

Для ошибки управления выбрано три терм-множества, для скорости изменения параметра – три терм-множества, для управляющего сигнала – выхода нечеткого регулятора – пять термов.

Функции принадлежности терм-множества для входных сигналов представлены на рис. 3 и 4. Термы управляющего воздействия нечеткого регулятора представлены на рис. 5 [1, 5].

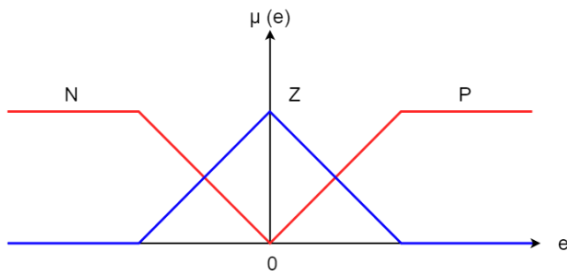


Рис. 3. Функции принадлежности ошибки управления

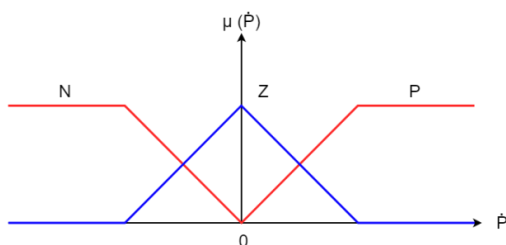


Рис. 4. Функции принадлежности управляемого сигнала

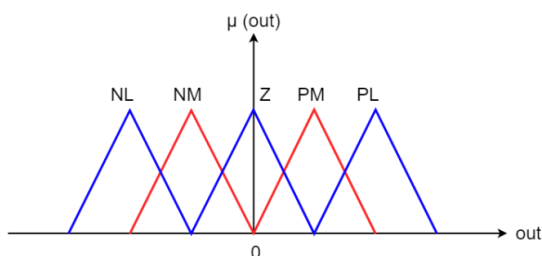


Рис. 5. Функции принадлежности управляющего воздействия

Для реализации понятийного (интуитивного) управления сформулирована база правил, которая представлена в табл. 1.

Таблица 1

| Ошибка | Скорость изменения параметра |    |    |
|--------|------------------------------|----|----|
|        | N                            | Z  | P  |
| N      | Z                            | NM | NL |
| Z      | PM                           | Z  | NM |
| P      | PL                           | PM | Z  |

В статье по данному алгоритму представлены системы управления двигателем постоянного тока [6] и элементом Пельтье. Параметры для системы управления ДПТ представлены в табл. 2 [2, 6].

Таблица 2

| Параметры ДПТ |                    |                    |                      |                       |            |                         |                             | Параметры ТП        |                 | Параметры датчиков |                 |
|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| $P$ , кВт     | $U_{\text{н}}$ , В | $I_{\text{н}}$ , А | $R_{\text{яц}}$ , Ом | $L_{\text{яц}}$ , мГн | $C$ , В/Вб | $J$ , кг·м <sup>2</sup> | $\omega_{\text{н}}$ , рад/с | $T_{\text{ТП}}$ , с | $K_{\text{ТП}}$ | $K_{\text{ДТ}}$    | $K_{\text{Дч}}$ |
| 2,1           | 220                | 15                 | 0,99                 | 31                    | 2,61       | 0,083                   | 78,5                        | 0,01                | 23              | 0,01               | 0,5             |

Для двигателя постоянного тока необходимо ограничивать ток якоря. Одним из способов ограничения является введение в обратную связь по току нелинейного звена типа отсечки [2, 6]. Структурная схема ДПТ в общем виде с ограничением по току изображена на рис. 6.

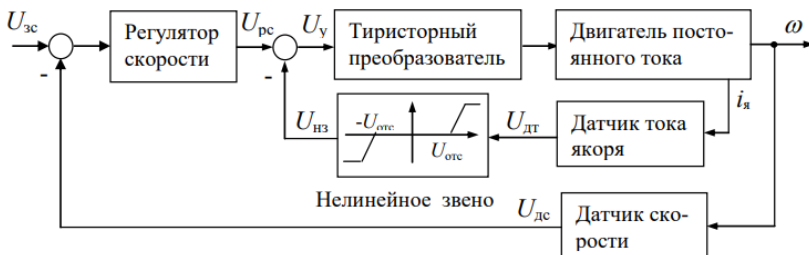


Рис. 6. Структурная схема ДПТ в общем виде с ограничением по току

Структурная схема модели ДПТ с нечетким регулятором в MatLab / Simulink представлена на рис. 7.

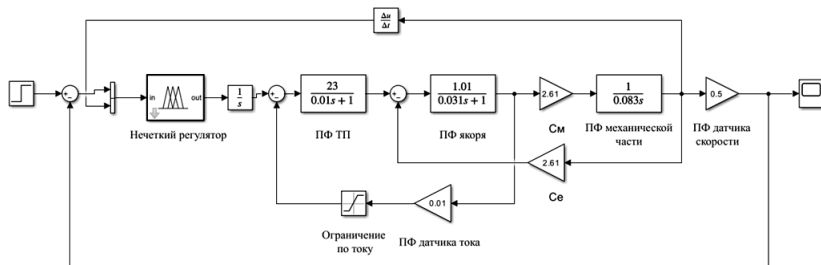


Рис. 7. Структурная схема модели ДПТ с нечетким регулятором

Графики переходных процессов по скорости вращения ДПТ с переменными значениями коэффициента ЭДС представлены на рис. 8.

Качество управления характеризуется следующими показателями: время переходного процесса от 1,5 до 2 с (в зависимости от величины коэффициента противоЭДС); перерегулирование – 0 %; статическая ошибка – 0 %.

Структурная схема модели элемента Пельтье с нечетким регулятором представлена в соответствии с рис. 9.

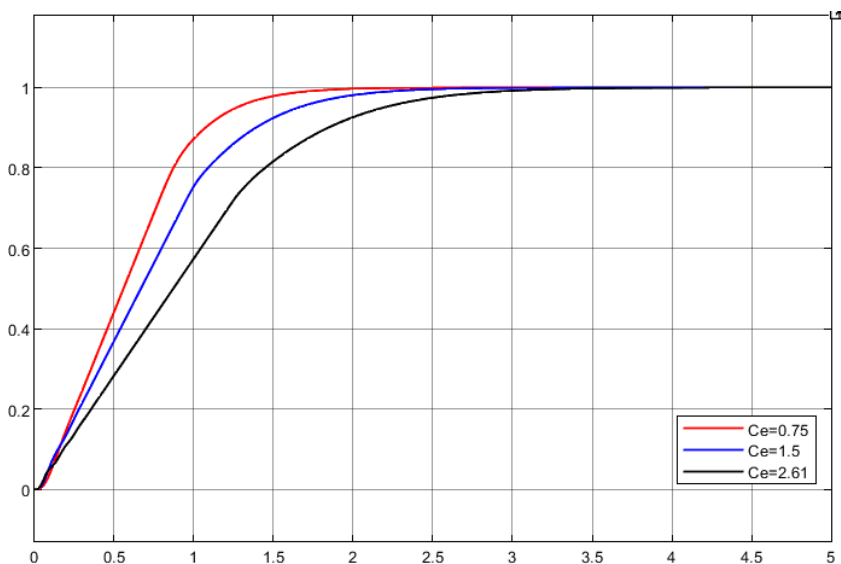


Рис. 8. График переходного процесса по скорости вращения ДПТ

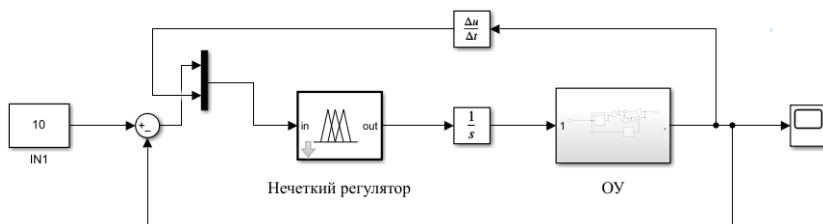


Рис. 9. Структурная схема модели элемента Пельтье с нечетким регулятором

В связи со сложностью получения модели элемента Пельтье аналитическим способом параметры для объекта управления получены экспериментальным путем (табл. 3) [6].

Таблица 3

| Номер измерения | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    |
|-----------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Температура     | 0   | 10  | 20  | 30   | 40   | 50   |
| Вход ОУ         | 142 | 100 | -50 | -115 | -139 | -149 |
| $T_{ин}$        | 10  | 11  | 12  | 9    | 9    | 10   |

Графики переходных процессов системы представлены на рис. 10.

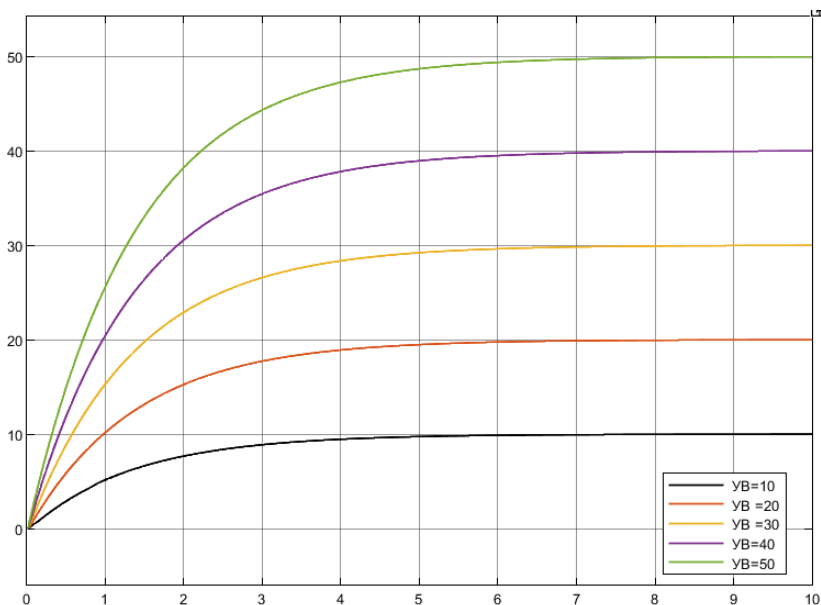


Рис. 10. Графики переходных процессов для системы с элементом Пельтье

Качество управления характеризуется следующими показателями качества: время переходного процесса от 4 до 6 с (в зависимости от величины коэффициента усиления объекта управления – элемента Пельтье); перерегулирование – 0 %; статическая ошибка – 0 %.

**Выводы.** В статье осуществлен синтез систем управления с нестационарными объектами с применением регулятора на нечеткой логике. По результатам моделирования можно сказать, что нечеткий регулятор справляется со сложными объектами, параметры которых носят переменный характер, обеспечивая необходимые показатели качества.

### Библиографический список

1. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления: учеб. пособие. – Киев: Радиомотор, 2008. – 973 с.
2. Казанцев В.А. Системы управления исполнительными механизмами: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 215 с.
3. Гринкевич В.А. Исследование математической модели термостата на основе элемента Пельтье: сб. науч. тр. НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – С. 62–77.

4. Андриевская Н.В., Рассада С.Л. Идентификация нестационарных объектов управления // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2021. – Т. 1. – С. 56–61.

5. Хижняков Ю.Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 303 с.

6. Самойлова Н.Д., Андриевская Н.В. Современные методы управления двигателем постоянного тока // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – 2019. – С. 269–275.

### **Сведения об авторах**

**Санникова Мария Евгеньевна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-19-1б, г. Пермь, e-mail: sannikova.maria01@yandex.ru

**Андриевская Наталья Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: nataly-anv@yandex.ru

**Сторожев Сергей Александрович** – ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: cepra5@mail.ru

**А.И. Суслов, Г.А. Килин, Б.В. Кавалеров**

## **ОБЗОР СУРРОГАТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Приведен обзор использования суррогатных моделей для повышения экономической эффективности компьютерного моделирования. Приведены основные трудности получения суррогатных моделей, такие как зависимость времени получения суррогатной модели от времени обучения нейросети, неизвестность количества данных для получения модели с допустимой точностью и др. Затем описаны способы увеличения обучающей выборки с минимальным моделированием исходной модели. Способы, такие как использование градиентных входов, использование обучающей выборки неоднородной точности, активное обучение.

**Ключевые слова:** моделирование, суррогатное моделирование, искусственные нейронные сети, обучающая выборка, экономическая эффективность.

**A.I. Suslov, G.A. Kilin, B.V. Kavalеров**

## **REVIEW OF SURROGATE MODELING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

This article provides an overview of the use of surrogate models to improve the cost-effectiveness of computer simulation. The main difficulties in obtaining surrogate models are given, such as the dependence of the time for obtaining a surrogate model on the training time of the neural network, the unknown amount of data to obtain a model with acceptable accuracy, and others. Then, methods for increasing the training sample with minimal modeling of the original model are described. Methods such as using gradient inputs, using non-uniform accuracy training sample, active learning.

**Keywords:** modeling, surrogate modeling, artificial neural networks, training sample, cost-effectiveness.

Модель определяют как отражение наиболее существенных свойств объекта [1]. При этом реализация моделей может заметно отличаться в каждом отдельном случае, поскольку модели разрабатываются для изучения конкретных явлений. Также в процессе дальнейшей работы могут происходить корректировки модели для получения нового знания об исследуемом явлении.

В классическом компьютерном моделировании используются логико-математические модели, написанные посредством программных

языков с последующей разверткой кода в программном комплексе на компьютере. Компьютерные модели, как и полунатурные модели, используются для получения информации о промышленном объекте во время его разработки и во время его эксплуатации:

- для получения оптимальной конфигурации параметров;
- анализа чувствительности к изменению параметров;
- определения риска отказа изделия.

С развитием технологий объекты промышленности становятся все более сложными. В них увеличивается количество взаимосвязанных элементов, а в самих элементах появляется большее количество параметров с нелинейными зависимостями. Ввиду этого реализация классических логико-математических моделей усложняется. Что влияет как на точность объекта, так и на экономическую эффективность использования модели. Под экономической эффективностью понимается комплекс факторов:

- время, затраченное на симуляцию, как время работы машины, так и время работы человека;
- экономические и материальные затраты на подготовку и проведение эксперимента;
- обработку экспериментальных данных.

Таким образом, возникает проблема в том, что увеличение точности классической логико-математической модели приводит к снижению экономической эффективности. Например, увеличение элементов в модели энергосети приводит к подробному описанию влияния работы ГТУ на электрическую нагрузку. При этом это приводит к увеличению времени симуляции на том же самом программном обеспечении или к увеличению затрат на приобретение дополнительных вычислительных мощностей, что снижает экономическую эффективность.

Для решения этой проблемы предлагается использовать суррогатные модели. Такими моделями называют упрощенные и поэтому быстро вычисляемые модели, однако при этом менее точные, чем исходные модели [2]. Получается, что суррогатные модели – это модели, используемые для аппроксимирования исходных зависимостей в определенных областях для получения более быстровычисляемых результатов взамен точности.

**Суррогатные модели и трудности их получения.** Использование метода искусственных нейронных сетей для получения суррогатной модели позволит добиться ускорения процессов вычисления [3–5].

1. Время получения суррогатной модели зависит от времени обучения нейросети, поэтому необходима предварительная оценка экономической эффективности разработки суррогатной модели.

2. В начале разработки суррогатной модели инженеру не известно, сколько необходимо данных для получения модели с допустимой точностью. Исходя из этого, во время построения модели необходим этап расширения обучающей выборки после этапа оценки полученных суррогатных моделей.

3. Выходы модели могут зависеть только от части входов или слабо зависеть, поэтому необходимо обнаружение и устранение таких данных в обучающей выборке для улучшения экономической эффективности использования суррогатных моделей.

4. Для увеличения точности суррогатной модели можно разбить пространство поиска на несколько самостоятельных суррогатных моделей, после чего объединить полученные модели в одну.

#### **Особенности разработки и использования суррогатных моделей.**

Поскольку суррогатные модели являются упрощенной исходной моделью в определенном пространстве поиска, обучающая выборка будет состоять из данных компьютерного эксперимента исходной модели. Получить такую выборку экономически затратно, так как необходимо проводить множественные эксперименты в необходимой области поиска. Ввиду этого для разработки и использования суррогатных моделей необходимо расширять обучающую выборку без проведения экспериментов на исходной модели. Этого возможно добиться следующими способами:

1. Градиентные входы. Представляют собой зависимости выходов от входов. Преимуществом способа можно выделить низкую экономическую затратность получения этих данных. Получение производится на стадии обработки экспериментальных данных и формирования обучающей выборки, т.е. после проведения экспериментов на исходной модели. Недостатком является рост количества градиентных данных в обучающей выборке. При степени производной выше единицы появляются еще и частные производные. При этом обнаружение и устранение входных переменных, которые не влияют на выходы, позволит снизить количество градиентных переменных.

2. Обучающая выборка неоднородной точности. Этот способ представляет собой включение в обучающую выборку данных эксперимента из полученной суррогатной модели с последующим обучением новой суррогатной модели. Основная суть этого способа в экономической

выгодности расширения обучающей выборки по сравнению с моделированием исходной модели.

Преимущество этого способа в том, что пробелы в пространстве поиска заполняются данными суррогатных моделей с разной допустимой точностью, обученных на собственных обучающих выборках. При этом не требует экономически затратного моделирования исходной модели для получения дополнительных данных.

Недостатком можно выделить тот момент, что экономическая выгодность этого способа уменьшается с приближением времени получения суррогатной модели к времени моделирования исходной модели.

3. Активное обучение. Этот способ позволит расширить обучающую выборку в местах с наименьшей точностью или в наиболее интересующих областях работы. Не все пространство поиска одинаково сложно для воспроизведения зависимостей входа от выхода. В некоторых местах оно может быть линеаризовано с допустимой точностью.

Преимущество этого способа в том, что экономически затратные эксперименты на исходной модели проводятся по мере обучения суррогатных моделей для дополнения обучающей выборки в интересующих местах. Этими местами могут быть место с самой низкой точностью, равномерное распределение точности по всему пространству поиска и т.д. В качестве недостатков этого способа можно выделить: чем больше неопределенность в выборе интересующего места, тем больше вероятность проведения лишних экспериментов с исходной моделью; выбор шума в качестве интересующего места и т.д.

**Выводы.** В заключение стоит отметить, что использование суррогатного моделирования позволяет увеличить экономическую эффективность компьютерного моделирования. Разбиение области поиска на самостоятельные суррогатные модели с собственными обучающими выборками позволяет увеличивать скорость вычисления модели взамен снижения точности в допустимых пределах. При этом не каждую исходную модель будет экономически выгодно дополнить суррогатными моделями. Ввиду этого вначале необходима оценка использования суррогатного моделирования.

Основной трудностью использования суррогатных моделей является неопределенность конечного результата. Циклический процесс получения такой модели на каждой итерации приближает точность этой модели к допустимой. Таким образом, чтобы ускорить процесс допустимой суррогатной модели, необходим этап расширения обучающей выборки.

Способы увеличения данных в обучающей выборке, такие как градиентные входы, обучающая выборка неоднородной точности, активное обучение, позволяют получать зависимости выходных переменных от входных с минимальным использованием исходной модели. Дальнейшие процедуры по обнаружению и устранению входных переменных, которые не влияют на выходные, увеличат экономическую эффективность.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 23-29-00381, <https://rscf.ru/project/23-29-00381/>*

### **Библиографический список**

1. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с.
2. Бурнаев Е.В., Приходько П.В. Методология построения суррогатных моделей для аппроксимации пространственно неоднородных функций // Труды МФТИ. – 2013. – № 4 (20).
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008.
4. Роберт К. Основные концепции нейронных сетей: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001.
5. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления / Н.Д. Егупов [и др.] / МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 2002.

### **Сведения об авторах**

**Суслов Артем Игоревич** – аспирант, ассистент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: AISuslov@pstu.ru

**Килин Григорий Александрович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: thisisforasm@rambler.ru

**Кавалеров Борис Владимирович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kbv@pstu.ru

**Н.Н. Рангулов, С.В. Гвозденко, И.А. Шмидт**

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЗА СРАБАТЫВАНИЕМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Показаны методы обнаружения отказов исполнительной части контуров управления систем автоматического управления. Эти методы должны выявить некорректную работу исполнительных механизмов, участвующих в работе САУ.

**Ключевые слова:** газогенератор, газотурбинный двигатель, система подогрева и наддува воздуха, система автоматического управления, нечеткая логика.

**N.N. Rangulov, S.V. Gvozdenko, I.A. Shmidt**

## **METHODS FOR MONITORING THEACTUATION OF ACTUATORS**

This article shows methods for detecting failures in the executive part of the control loops of automatic control systems (ACS). These methods should reveal the incorrect operation of the actuators involved in the operation of the ACS.

**Keywords:** gas generator, gas turbine engine, air heating and pressurization system, automatic control system, fuzzy logic.

При разработке газотурбинных двигателей (ГТД) отдельно испытывают газогенератор (ГГ), который представляет собой турбокомпрессор и камеру сгорания. Для имитации входных условий ГГ была разработана система подогрева и наддува воздуха (СПНВ). СПНВ представляет собой сложную систему, которая имитирует входные условия для наземных комплексных испытаний турбокомпрессоров высокого давления (газогенераторов). Испытания включают в себя тензометрирование и термометрирование узлов, снятие дроссельных характеристик и проч., позволяющее разработать рекомендации по совершенствованию конструктивных и эксплуатационных характеристик семейства перспективных ГТД нового поколения [3].

Главные составляющие СПНВ – это турбореактивный двухконтурный двигатель (ТРДД) и воздухопровод с установленными по тракту заслонками. Для имитации газодинамики в СПНВ используют поток воздуха из наружного контура ТРДД, который с использованием заслонок, перепускающих воздух на вход испытуемого ГГ и в выхлопной

воздуховод, обеспечивает одновременную имитацию газодинамических параметров воздуха на входе в испытуемый ГГ. Таким образом, ГГ работает в необходимых условиях и система находится в жесткой газодинамической сцепке. Данная методика испытаний запатентована в АО «ОДК-Авиадвигатель» [2].

СПНВ в своем составе содержит [4]:

- технологический двигатель (ТД), модифицированный (ТРДД) без смещения потока;
- выходное устройство для организации отбора воздуха наружного контура технологического двигателя;
- систему аварийного останова (САО) СПНВ;
- воздуховод выхлопа;
- заслонку выхлопа;
- воздуховод СПНВ;
- заслонку СПНВ;
- стендовое входное устройство подвода воздуха в ГГ;
- клапаны перепуска газа (КПГ) стенов.

Состав СПНВ наглядно представлен на рисунке.

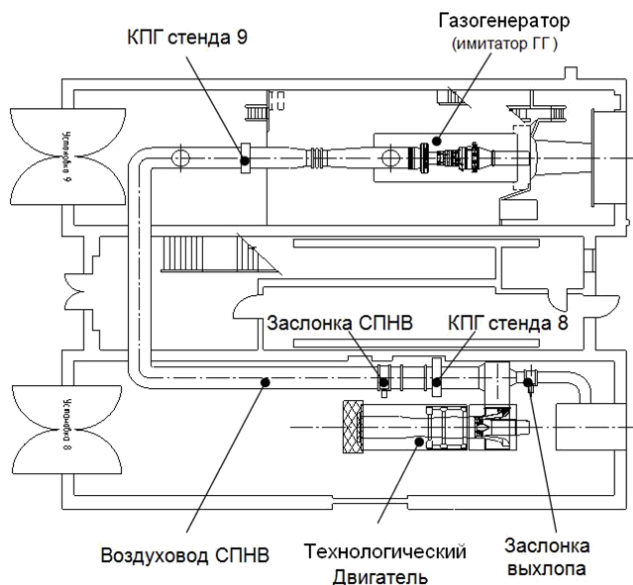


Рис. Схема СПНВ

Сложная газодинамическая система, состоящая из ТД, ГГ и воздухохода, требует сложного управления. Поскольку ТД и ГГ работают совместно в одной газодинамической системе, главной проблемой является поддержание ГДУ. ГДУ обеспечивается изменением режима работы ТРДД и проходным сечением заслонок. Для управления исполнительными механизмами была разработана САУ СПНВ на базе нечеткой логики. Нечеткая логика – раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующийся на понятии нечеткого множества [1].

Однако разработанная САУ СПНВ не включает в себя функции контроля. Для ГТД такие функции выполняют системы, которые называют системами встроенного контроля (СВК). В данной статье будут описаны способы реализации функций контроля путем добавления новых правил в существующую базу правил нечеткой логики.

При испытаниях возникли проблемы: исполнительная система отрабатывала сигналы управления с большими задержками. Для решения вышеуказанной проблемы необходимо добавить некоторые правила в наш регулятор. Мы должны проверить, как наша система отрабатывает выдачу тех воздействий, которые наш регулятор выдает. Методы универсальные, т.е. могут применяться ко всем исполнительным механизмам.

**Контроль исполнительных механизмов по обратной связи по прямому измерению.** В данном методе мы должны рассчитывать производную положения заслонки. Учитывая, что присутствует запаздывание сигнала, нужно рассчитывать среднюю производную, которая должна попадать в определенный диапазон. На разных режимах работы производная должна попадать в некоторую область. Диапазон допустимых значений производной положения заслонки будет зависеть от нескольких факторов, например давления потока на заслонку. А давление потока в свою очередь определяется режимом работы ТРДД. Пример нового правила:

– если среднее значение производной положения заслонки не принадлежит функции принадлежности терм «Производная положения заслонки при сигнале на открытие», то формируем сигнал на «Останов», иначе – все «ОК».

**Контроль исполнительных механизмов по косвенным параметрам.** В данном методе мы должны рассчитывать производную расхода топлива. Изменение расхода топлива проводится джойстиком, т.е. дис-

кретными ступеньками. Реальное состояние джойстика мы не измеряем. В отличие от первого метода, вместо того чтобы проверять положение органа управления, мы проверяем расход топлива. Учитывая, что при проведении испытаний на этот параметр влияют многие факторы, необходимо рассчитать производную расхода топлива, которая должна попадать в определенный диапазон. Пример нового правила:

– если значение производной расхода топлива не принадлежит функции принадлежности терм «Производная расхода топлива при сигнале на подачу топлива», формируем сигнал на «Останов», иначе – все «ОК».

Для реализации вышеуказанных правил нам необходимо разобрать результаты испытаний, провести идентификацию зависимости измеряемой производной от управляющего воздействия работы в разных режимах для определения количественных значений работы. Это и будет следующим шагом по данной теме.

В работе проанализированы имеющиеся проблемы САУ СПНВ и предложены методы по обнаружению отказов исполнительный части стенда. Добавление новых правил в регулятор позволит повысить надежность срабатывания исполнительных механизмов.

### **Библиографический список**

1. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами. – СПб.: Изд-во ИТМО, 2017. – 81 с.
2. Пат. RU2622588C1 Рос. Федерация, МПК G 01 M 15/14. Стенд для испытания газогенераторов турбореактивных двухконтурных двигателей / А.А. Иноземцев, М.Д. Галлямов, А.В. Двинских, И.Н. Грибков, А.И. Полулях; заявитель и патентообладатель АО «ОДК-Авиадвигатель». – № 2016122365; заявл. 06.06.16; опубл. 16.06.17. – 7 с.
3. Научно-исследовательские испытания газогенератора перспективного двухконтурного турбореактивного двигателя с имитацией требуемых входных термогазодинамических параметров в условиях моторостроительного предприятия / А.А. Иноземцев, С.В. Торопчин, И.Н. Грибков, М.Д. Галлямов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2021. – № 65.

4. The Fuzzy Logic in the Problems of Test Control of a Bypass Turbo-jet Engine Gas Generator / A. Inozemtsev, A. Petrochenkov, V. Kazantsev, I. Shmidt, A. Sazhenkov, D. Dadenkov, I. Gribkov, P. Ivanov // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, iss. 3.

### **Сведения об авторах**

**Рангулов Нафис Назмуханович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ПИШ-22-7м, г. Пермь, e-mail: rangulov\_nn@mail.ru

**Гвозденко Сергей Витальевич** – начальник бригады расчетно-экспериментальных работ и математического моделирования АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, e-mail: gvozdenko-sv@avid

**Шмидт Игорь Альбертович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt-ia@yandex.ru

**Д.Н. Котов, А.В. Григорьев**

**ВЫПОЛНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ СИНХРОННОГО  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ,  
РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА С УЧЕТОМ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ ПОДЪЕМА  
ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА**

Представлена математическая модель электропривода очистного комбайна для угольных шахт. Особенность модели состоит в том, что в ее основе синхронный электродвигатель с постоянными магнитами. Описывается способ построения математической модели в среде компьютерного моделирования. Учитывается влияние большинства физических факторов, таких как сила, с которой гидроцилиндр гидропривода подъема поворотного редуктора давит рабочим органом на забой, и обратная связь от усилия на гидросистему. Приводятся результаты симуляции процесса.

**Ключевые слова:** математическая модель сложной системы, компьютерное моделирование технических процессов, автоматизация добычи полезных ископаемых, дифференциальные уравнения.

**D.N. Kotov, A.V. Grigoriev**

**THE MATHEMATICAL MODEL OF PERMANENT MAGNET  
SYNCHRONOUS MOTOR DRIVE OF MINE SHEARER  
ENDEFFECTOR IMPLEMENTATION, WITH HYDRAULIC  
SYSTEM IMPACT CONSIDERING**

In this article introduced the mathematical model of coal shearer drive. The basic feature of this model is a PMSM. Described a kind of mathematical model implementation of computer modeling. Considers the impact of physical factors majority such as influence of hydraulic system elements, which is hydraulic cylinder immediately. Also represented results of simulation in Simulink.

**Keywords:** complex system mathematical model, computer modeling of technical system, control of coal mining, differential equations solving.

Расчет нагрузки на рабочий орган очистного комбайна в процессе резания угля в очистном забое можно производить, используя ряд математических программ, в частности программный пакет MatLab / Simulink, в котором есть встроенная библиотека физических моделей Simscape.

Рабочий орган очистного комбайна представляет собой шнек цилиндрической формы со змеевидно расположенными поперек его образующих тремя лемехами с рядами зубков. Шнек, расположенный на выходном валу поворотного редуктора, прижимается к срезу забоя с помощью раздвижения гидроцилиндра, поворачивающего поворотный редуктор вокруг входного вала. Следовательно, момент сопротивления вращению шнека усиливается, и усилие передается через ступени поворотного редуктора, валы и муфты, на ротор электродвигателя. Что влечет за собой увеличение сопротивления магнитной связи между обмотками статора и виртуальными обмотками ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами и усиление тока в обмотках статора. Отслеживание изменения токов в обмотках статора позволит судить о характере и интенсивности нагрузки на рабочий орган комбайна. Но в момент срезания слоя угля с пласта одновременно ослабевает усилие на гидроцилиндр.

Библиотека Simulink в полной мере позволяет построить математическую модель агрегата: поворотный редуктор на вращающемся полом валу, внутри которого проходит вал первой ступени редуктора. При этом вал первой ступени соединен зубчатой муфтой с валом РМСМ. Полный вал на подшипниках присоединен к корпусу комбайна, который в рассматриваемых условиях жестко закреплен. В данной решаемой задаче неучтенное давление на редуктор корпуса комбайна, что происходит в реальных условиях, компенсируется давлением штока гидроцилиндра поворотного редуктора.

Общая математическая модель системы состоит из математической модели синхронного электродвигателя (относительно осей  $d$ – $q$  вращающейся координатной системы, совмещенной с координатной системой ротора) с постоянными магнитами [6] и модели гидросистемы: гидродвигатель – гидроцилиндр – давление на шнек, т.е. момент сопротивления в функции от давления шнека на забой, создаваемого гидросистемой. Модель СДПМ и момента на валу:

$$\begin{cases} U_{1d} = R_1 i_{1d} + (L_{1d} \dot{i}_{1d} + \Psi_2) - \omega_r z_p (L_{1q} i_{1q}), \\ U_{1q} = R_1 i_{1q} + p L_{1q} \dot{i}_{1q} + \omega_r z_p (L_{1d} \dot{i}_{1d} + \Psi_2), \\ M_e = \frac{3}{2} z_p (\Psi_{1d} i_{1q} - \Psi_{1q} i_{1d}), \\ J \frac{d\omega_r}{dt} = M_e - M_l, \\ M_l = M_r(F_g). \end{cases}$$

Математическая модель составлена из блоков и элементов библиотеки Simscape: гидросистема из элементов Simscape Hydraulics, электромеханическая часть из элементов Electrical, Mechanical и др.

В системе присутствуют обратные связи между электромеханической и гидравлической системами, выраженные в воздействии сил, противоположных усилию, создаваемому моментными силами на валу электродвигателя. На рис. 1 представлено изображение математической модели в Simulink.

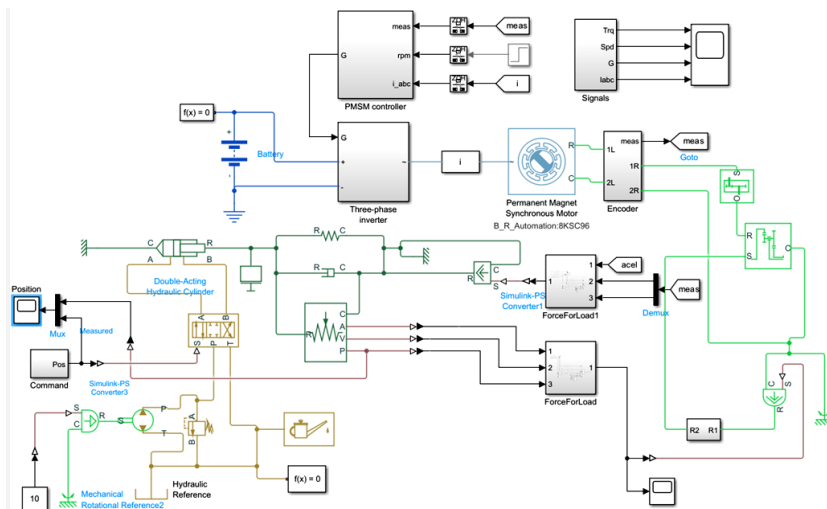


Рис. 1. Схема применения СДПМ в электроприводе шнека очистного комбайна

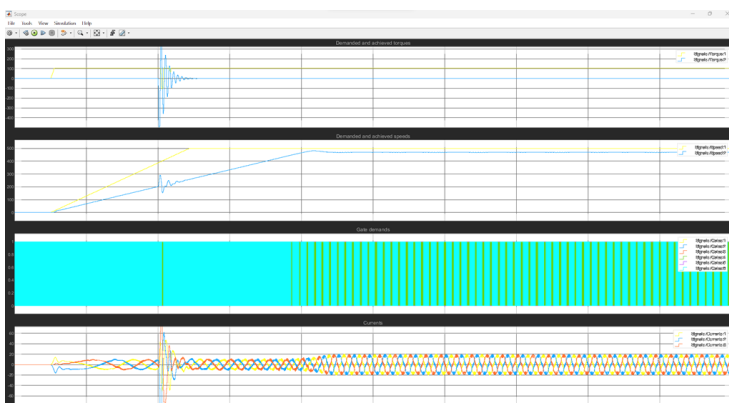


Рис. 2. Результат симуляции, параметры электродвигателя

Результат симуляции (рис. 2) показывает воздействие гидросистемы в момент включения на момент на валу и на изменение угловой скорости вала. На рисунке изображены графики зависимости от времени вращающего момента, скорости, сигналы работы с ключами инвертора, токов обмоток статора.

### **Библиографический список**

1. Уайт Д. Электромеханические преобразователи энергии: учеб. для втузов. – 3 изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1964. – 528 с.
2. Ещин Е.К. Моделирование несимметрии трехфазного асинхронного электродвигателя в MatLab / Simulink // Вестник КузГТУ. – 2015. – № 5. – С. 81–90.
3. Левитский Н. Теория механизмов и машин: учебник для втузов. – М.: Наука, 1979. – 576 с.
4. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводом: учебник для втузов. – М.: Академия, 2005. – 304 с.
5. Ковач К., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока: монография. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 774 с.
6. Амр Рефки Али Абд Эль Вхаб. Разработка алгоритмов управления с улучшенными динамическими характеристиками на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2012. – 142 с.

### **Сведения об авторах**

**Котов Дмитрий Николаевич** – аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация» Кузбасского государственного университета, г. Кемерово, e-mail: kotovdn@kuzstu.ru; dmitriy.k\_n@yahoo.com

**Григорьев Александр Васильевич** – доцент кафедры «Электропривод и автоматизация» Кузбасского государственного университета, г. Кемерово, e-mail: gav.eav@kuzstu.ru

**М.Д. Ключарев, Д.К. Елтышев**

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УПАКОВКИ  
ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА УСТАНОВКЕ  
БЛИСТЕРНОЙ МАШИНЫ UHLMANN B1330**

Исследуется технологический процесс блистерной упаковки лекарственных средств. Описываются и анализируются особенности и недостатки существующих методов. Описываются возможные методы и подходы для усовершенствования этого процесса с целью повышения производительности и улучшения эффективности.

**Ключевые слова:** технологический процесс, блистерная упаковка, фармакологическая продукция, дефекты, усовершенствование.

**M.D. Klyucharev, D.K. Eltyshv**

**ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS  
OF PACKAGING MEDICINES ON THE INSTALLATION  
OF THE UHLMANN B1330 BLISTER MACHINE**

In this article we will investigate the technological process of blister packaging of medicines. The features and disadvantages of existing methods are described and analyzed. Possible methods and approaches for improving this process to increase productivity and improve efficiency are described.

**Keywords:** technological process, blister packaging, pharmacological products, defects, improvement.

Одним из важных этапов при выпуске фармакологической продукции является этап упаковки. Упаковка в фармации играет особую роль, обеспечивая возможность удобного применения лекарственных препаратов и сохранения должного качества в процессе хранения.

Основными показателями качества процесса являются:

- 1) плотность заполнения;
- 2) герметичность;
- 3) отсутствие дефектов;
- 4) соответствие маркировки.

Целью технологического процесса является формирование и упаковывание таблеток. Цель объекта управления – фасовка таблеток в контурные ячейковые упаковки с заданными характеристиками.

За функционирование технологического процесса упаковки таблетированной формы в блистерную упаковку отвечает рассматриваемая в статье установка блистерной машины Uhlmann B1330. Внешний вид установки представлен на рис. 1.

Блистерная машина является полноценной системой для получения готовых ячейковых упаковок с таблетками.

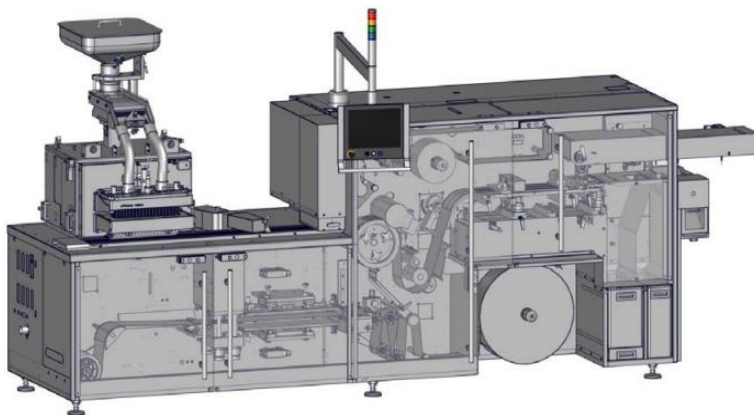


Рис. 1. Внешний вид блистерной машины Uhlmann B1330

Машина Uhlmann B1330\* имеет «балконную конструкцию» - все соответствующие станции представляют собой отдельные модули, консолюно закрепленные на большой алюминиевой пластине, образующей переднюю часть корпуса машины. Остальная часть машинного шкафа изготовлена из сборной стали и содержит привод, зубчатые передачи, цепные приводы и оборудование электрического управления.

Весь процесс упаковки таблеток в блистер на установке Uhlmann B1330 идет в несколько этапов:

- размотка формовочной пленки;
- нагрев формовочной пленки;
- формирование ячеек формовочной пленки;
- фасовка таблеток;
- размотка покрывной пленки;
- склейка формовочной и покрывной пленки;
- вырубка блистеров.

---

\* Оригинальная инструкция по эксплуатации Uhlmann B 1330/ переведенный оригинал инструкции – апрель 2018 г. – © GEA.

При детальном рассмотрении и анализе производственного процесса blisterной машины можно выделить возможные дефекты сырья и оборудования на многих этапах упаковки, которые влияют на уровень производственного брака и приводят к поломкам некоторых деталей механизмов, что повлечет за собой увеличение времени производственного цикла из-за возможных остановов машины.

Возможные дефекты:

1. Дефект формовочной пленки при нагреве. На этапе нагрева возможны различные ситуации, приводящие к остановке цикла машины. Они могут быть связаны с подачей неправильной температуры (пленка может прилипнуть к панелям либо сжиматься и деформироваться) либо износом или загрязнением самих панелей.

2. Дефекты пленки на этапе формирования. Ситуации могут быть связаны с предыдущим циклом нагрева (разрыв пленки из-за высокой температуры, склейка пленки) либо неправильным положением боковых направляющих (пленка подается не по центру).

3. Дефекты неправильного заполнения полотна таблеток, целостности таблеток в упаковке. Могут возникать на этапе фасовки и этапе перемещения после нее.

4. Дефекты блистера на этапе запечатывания формовочной пленки с таблетками покрывной пленкой. Ситуации могут быть связаны с неправильной регулировкой давления и температуры запечатывания (протыкание покрывной пленки, негерметичная упаковка) и т.д.

Рассмотрим дефект формовочной пленки при нагреве. При обработке формовочных пленок нагревательными панелями возможно растрескивание покрытия панели вследствие изнашивания либо подачи неправильной для определенной пленки температуры. В связи с этим нельзя исключить то, что подобные явления не возникнут на последующих циклах обработки и что блистеры не будут запечатываться с такими дефектами. Для контроля на данном этапе применяется только визуальный осмотр.

Вследствие этого появляется необходимость усовершенствования технологического процесса методами, основанными на системах диагностики и формализации правил по устранению ошибок и настройке параметров для оператора.

Для этого необходимо рассмотреть возможные дефекты продукта на разных стадиях процесса упаковки, их причины и способы устранения. На основе этого провести классификацию по дефектам, сформиро-

вать наборы правил для операторов, которые помогли бы им быстро реагировать на проблемы и устранять их, лучше понимать процесс упаковки и выполнять свою работу более эффективно. Например, правила могут включать в себя инструкции по установке и настройке оборудования, а также предупреждение об опасных ситуациях.

Также для предотвращения появления ошибок и дефектов можно оснастить оборудование системой диагностики. Система диагностики позволит повысить качество и эффективность процесса упаковки. Она основана на контроле параметров системы и предупредит оператора, если какой-либо параметр выйдет за пределы установленных ограничений. Это позволит быстро среагировать на возможные проблемы и устранить их до того, как они приведут к более серьезным последствиям.

Кроме того, система диагностики позволит оператору вовремя определить причину возникновения проблемы и принять меры по ее устранению. Информация об ограничениях параметров системы также будет доступна в этой системе, что поможет правильно настроить ее работу и избежать возможных ошибок.

### **Сведения об авторах**

**Ключарев Михаил Дмитриевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-1м, г. Пермь, e-mail: mihaiklyucharev99@gmail.com

**Елтышев Денис Константинович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: eltyshev@msa.pstu.ru

**М.Ю. Куликов, В.Д. Сушенцев,  
Е.А. Хохрякова, А.Л. Погудин**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО И АППАРАТНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
СИСТЕМЫ ПОДАЧИ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ  
ДЛЯ СВАРОЧНОГО АППАРАТА ЛАЗЕРНОГО ТИПА  
НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Представлено исследование и разработка механизма подачи для сварочного аппарата лазерного типа. Механизм подачи играет важную роль в автоматизации процесса сварки, заменяя ручной труд, и позволяет ускорить промышленное производство. В ходе решения задач разработаны алгоритмы взаимодействия программно-аппаратной части устройства, смоделированы структурная, монтажная и принципиальная схемы механизма, разработано программное обеспечение согласно требованиям, предъявляемым к системе.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, сварочный аппарат, механизм подачи, STM32, STM32CubeIDE, управление процессом.

**M.Yu. Kulikov, V.D. Sushentsev,  
E.A. Khokhryakova, A.L. Pogudin**

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE  
FOR AUTOMATED WELDING WIRE FEEDING SYSTEM  
FOR LASER TYPE WELDING MACHINE ON THE BASIS  
OF MICROCONTROLLER CONTROL**

The article presents the research and development of a feed mechanism for a laser-type welding machine. The feed mechanism plays an important role in automating the welding process, replacing manual labor and speeding up industrial production. In the course of solving problems, algorithms for the interaction of the hardware-software part of the device were developed, the structural, assembly and circuit diagrams of the mechanism were modeled, software was developed in accordance with the requirements for the system.

**Keywords:** automated system, welding machine, feed mechanism, STM32, STM32CubeIDE, process control.

Автоматизированные системы сварки являются важным инструментом в производственном процессе, упрощают задачу операторам и повышают качество выпускаемой продукции [1].

Механизм подачи является ключевым компонентом управляемой системы автоматизированного сварочного процесса. Цель работы заключается в создании надежного, эффективного и гибкого механизма подачи, способного обеспечивать точность и повторяемость движения.

В ходе решения поставленных задач проанализированы сварочные процессы и способы автоматизации данных процессов, спроектированы как алгоритмы работы механизма подачи в целом, так и алгоритмы работы отдельных блоков системы, смоделированы схмотехническая и информационная части системы и разработано программное обеспечение, обеспечивающее безотказную работу механизма подачи сварочной проволоки. Итогом работы является разработанный механизм подачи, который предназначен для использования в промышленных сварочных процессах.

Актуальность разработки и использования механизма подачи сварочной проволоки для сварочного аппарата лазерного типа определена следующим: замена зарубежным аналогам, ускорение сварочного процесса, повышение качества изготавливаемой продукции.

**Устройство механизма.** Управляемая микроконтроллером система подачи сварочной проволоки для лазерного сварочного аппарата представляет собой сложную систему, которая играет решающую роль в процессе сварки [2]. Общий вид устройства изображен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид механизма подачи сварочной проволоки

Система состоит из нескольких взаимосвязанных компонентов, в том числе микроконтроллера, драйвера шагового двигателя, шагового двигателя, блока питания контроллера, блока питания драйвера шаго-

вого двигателя, семисегментного дисплея и датчика угла поворота (энкодер) со встроенной кнопкой.

На рис. 2 приведена схема взаимодействия компонентов системы от начала сварочного процесса до подачи сварочной проволоки, с учетом возможности регулирования сварщиком параметров, с помощью кнопки и энкодера и отображения значений на семисегментном индикаторе.



Рис. 2. Взаимодействие устройств внутри механизма

Монтажная схема механизма подачи сварочной проволоки приведена на рис. 3.

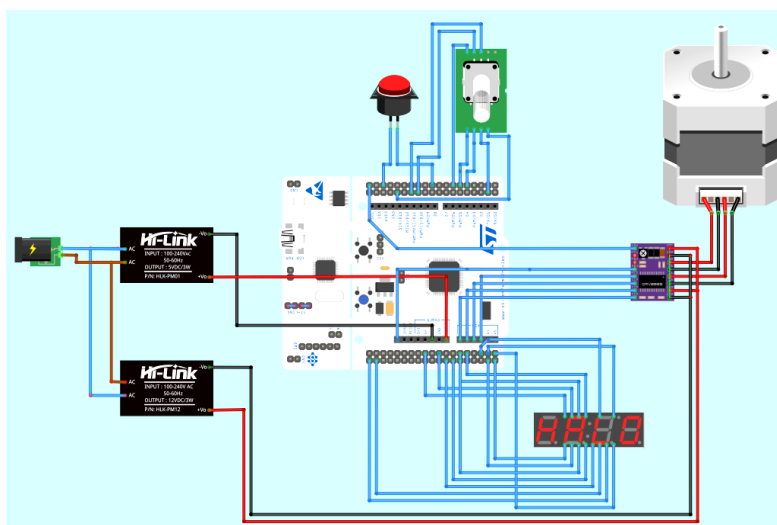


Рис. 3. Монтажная схема механизма подачи

**Алгоритм взаимодействия микроконтроллера.** Алгоритм взаимодействия микроконтроллера с устройствами механизма представлен на рис. 4.

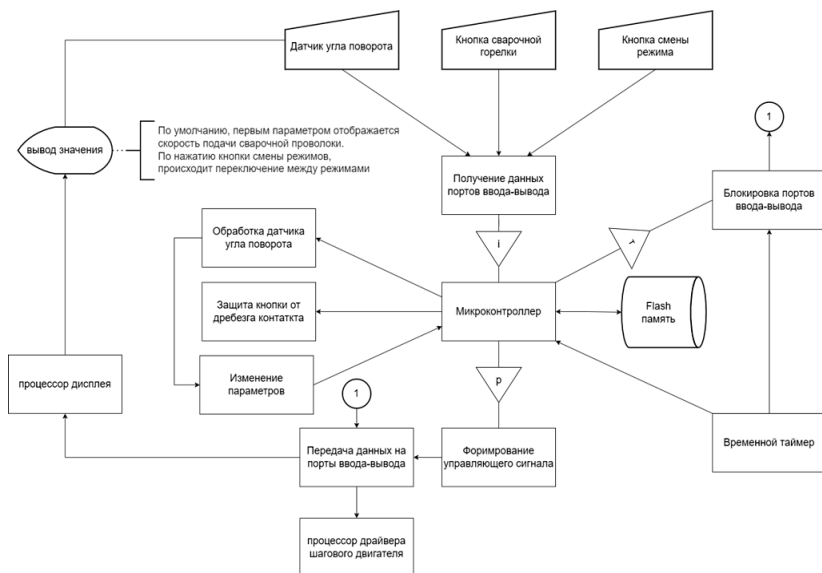


Рис. 4. Алгоритм взаимодействия микроконтроллера

Микроконтроллер получает информацию о состоянии портов ввода-вывода за счет прерываний на опрос порта. При изменении состояния какого-либо порта ввода-вывода происходит считывание полученного состояния.

В программную часть микроконтроллера предусмотрена защита кнопок и датчика угла поворота отдребезга контакта, что позволяет исключить ложное срабатывание компонента. Поскольку датчик угла поворота имеет своеобразный принцип работы, при срабатывании происходит обработка сигнала датчика угла поворота, которая определяет, что требуется произвести: увеличение или уменьшение значения выбранного режима.

Во время выполнения операций в работе с устройствами механизма микроконтроллер обращается к Flash-памяти, где хранится код программы и необходимые для работы переменные [3].

За прерывания в работе микроконтроллера отвечает временной таймер, который задает частоту обращений микроконтроллера к выполняемой задаче. Для вывода цифробуквенного обозначения на семисегментный индикатор микроконтроллер формирует управляющий сигнал и передает данные на порты ввода-вывода, подключенные к индикатору.

В случае нажатия кнопки начала работы микроконтроллер блокирует порты ввода-вывода кнопки смены режима и передает на индикатор значение режима скорости подачи сварочной проволоки, далее формирует выходной сигнал, который передается посредством портов ввода-вывода на драйвер шагового двигателя, впоследствии приводящий в движение шаговый двигатель.

**Инициализация портов ввода-вывода.** Для работы с шаговым двигателем, энкодером и индикатором необходимо подключить соответствующие библиотеки, которые уже имеются в STM32CubeIDE. Например, для работы с шаговым двигателем используется библиотека StepDir, для работы с энкодером – библиотека EncoderDir, а для работы с семисегментным индикатором – библиотека TM1637 [4, 5].

Листинг 1 – Инициализация портов ввода-вывода

```
#include "main.h"
#include "StepDir.h"
#include "ButtonDir.h"
#include "EncoderDir.h"
#include "TM1637.h"

void SystemClock_Config(void);

static void MX_GPIO_Init(void);

// Инициализация портов ввода-вывода
static void MX_GPIO_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};

    // Включение тактирования портов ввода-вывода
    __HAL_RCC_GPIOH_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();

    // Настройка уровней выходных сигналов порта GPIOB
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, CLK_Pin | DIO_Pin |
EncButton_Pin | JobButton_Pin | StepDIR_Pin | StepCLK_Pin
| StepFrq_Pin, GPIO_PIN_RESET);

    // Настройка режимов работы портов GPIOB
```

```

    GPIO_InitStruct.Pin = StepDIR_Pin | StepCLK_Pin |
    StepFrq_Pin | CLK_Pin | DIO_Pin | JobButton_Pin;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
    HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

    // Настройка режимов работы портов GPIOA
    GPIO_InitStruct.Pin = JobButton_Pin | EncButton_Pin;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_IT_RISING;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP;
    HAL_GPIO_Init(EncButton_GPIO_Port, &GPIO_InitStruct);
}

```

Данный листинг представляет инициализацию портов ввода-вывода микроконтроллера.

Функция `SystemClock_Config()` настраивает системные тактовые настройки микроконтроллера.

Функция `MX_GPIO_Init()` инициализирует порты ввода-вывода микроконтроллера.

Код в блоках `__HAL_RCC_GPIOH_CLK_ENABLE()` и `__HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE()` включает тактирование портов.

Функция `HAL_GPIO_WritePin()` устанавливает низкий уровень на указанных портах GPIOB (`CLK_Pin`, `DIO_Pin`, `EncButton_Pin`, `JobButton_Pin`, `StepDIR_Pin`, `StepCLK_Pin`, `StepFrq_Pin`).

Структура `GPIO_InitStruct` инициализируется нулевыми значениями, используется для конфигурации параметров порта ввода-вывода (GPIO) микроконтроллера. Структура предоставляет способ задания различных настроек, таких как режим работы порта, подтяжка / размыкание входного сигнала, скорость переключения и другие свойства порта.

В блоке `GPIO_InitStruct.Pin` настраиваются пины порта GPIOB, определяющие режим работы и функцию порта.

**Выводы.** В ходе проекта разработаны и интегрированы в систему различные компоненты, в том числе микроконтроллер, драйвер шагового двигателя, шаговый двигатель, блоки питания, семисегментный дисплей и энкодер со встроенной кнопкой.

Система прошла успешные испытания и показала, что обеспечивает точное и надежное управление процессом подачи сварочной проволоки. Более того, продемонстрировано значительное повышение скорости сварочного процесса и улучшение качества получаемого изделия.

### Библиографический список

1 Статьи для высших учебных заведений [Электронный ресурс] // Виды способов сварки. – URL: [https://bstudy.net/752953/tehnika/vidy\\_sposoby\\_svarki](https://bstudy.net/752953/tehnika/vidy_sposoby_svarki) (дата обращения: 23.04.2023).

2 Электронно-лучевая и лазерная сварка [Электронный ресурс]. – URL: <https://dprm.ru/tkm/elektronno-luchevaa-i-lazernaa-svarka> (дата обращения: 25.04.2023).

3 Автоматизированные системы управления технологическим процессом сварки [Электронный ресурс]. – URL: <https://multiurok.ru/files/avtomatizirovannyye-sistemy-upravleniya-tiekhnologichieskim-protsiessom-svarki-mietodichieskiie-riekomiendatsii-po-vypolnieniiu-praktichieskoi-raboty.html> (дата обращения: 20.04.2023).

4 Прямой доступ к памяти в STM32 [Электронный ресурс]. – URL: <http://mypractic.ru/registry-dma#2> (дата обращения: 23.04.2023).

5 STM32 32-bit Arm Cortex MCUs – Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html> (accessed 26 April 2023).

### Сведения об авторах

**Куликов Максим Юрьевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [mky.prm@gmail.com](mailto:mky.prm@gmail.com)

**Сушенцев Владимир Денисович** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1б, г. Пермь, e-mail: [Cool.ya-vovas@yandex.ru](mailto:Cool.ya-vovas@yandex.ru)

**Хохрякова Елизавета Андреевна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИПР-22-1м, г. Пермь, e-mail: [elizaveta-kireeva@yandex.ru](mailto:elizaveta-kireeva@yandex.ru)

**Погудин Андрей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [pogudin\\_al@mail.ru](mailto:pogudin_al@mail.ru)

**Е.А. Ошмарин, К.И. Каплина, В.С. Никулин**

## **УПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШАЮЩИМ / ПОНИЖАЮЩИМ DC-DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ XL6019**

Посвящена разработке схем и анализу способов управления повышающим/понижающим DC-DC-преобразователем XL6019 с использованием программной среды Delphi 7 для разработки интерфейса управления преобразователем. Основной целью исследования является обеспечение желаемых характеристик выходного напряжения данного преобразователя. Авторы статьи представляют подробное описание разработанных схем управления и рассматривают их особенности и преимущества. Исследование позволяет получить полезные результаты, которые могут быть использованы для управления преобразователем XL6019 и обеспечения требуемых характеристик выходного напряжения. В конечном итоге это способствует улучшению эффективности работы DC-DC-преобразователя в различных приложениях.

**Ключевые слова:** объект, управление, модель, операционный усилитель, резистивный оптрон, Arduino, микроконтроллер, интерполяция, сплайн-функция, интерфейс.

**E.A. Oshmarin, K.I. Kaplina, V.S. Nikulin**

## **CONTROL OF BOOST/BUCK DC-DC CONVERTER BASED ON THE XL6019 INTEGRATED CIRCUIT**

This work is dedicated to the development of circuits and analysis of control methods for the XL6019 Boost/Buck DC-DC converter using the Delphi 7 software environment for designing the converter control interface. The main objective of the research is to achieve the desired characteristics of the output voltage of this converter. The authors of the article provide a detailed description of the developed control circuits and discuss their features and advantages. The study yields valuable results that can be used for controlling the XL6019 converter and ensuring the required characteristics of the output voltage. Ultimately, this contributes to improving the efficiency of the DC-DC converter's operation in various applications.

**Keywords:** object, control, model, operational amplifier, resistive optocoupler, Arduino, microcontroller, interpolation, spline function, interface.

В настоящее время, когда электроника проникает во все сферы нашей жизни, проблема выбора источника питания становится особенно актуальной. Каждое электронное устройство требует надлежащего энергетического источника для своей работы, и правильный выбор та-

кого источника является ключевым фактором для обеспечения его нормального функционирования [1].

Одной из основных характеристик источника питания является напряжение выхода. Оно должно быть подходящим для работы конкретного устройства, и часто может варьироваться в широком диапазоне значений – от 1,3 до 36 В. При этом источник питания должен быть способен обеспечить необходимый ток для устройства – в пределах 0–5 А (свыше 2 А требуется дополнительное охлаждение) [2, 3].

Еще одним важным аспектом при выборе источника питания являются входные параметры. Напряжение входа может быть переменным или постоянным и должно находиться в тех же самых диапазонах, что и требования к выходному напряжению [4]. Это означает, что источник питания должен быть гибким и способным работать с различными вариантами входного напряжения.

В свете этих факторов выбор подходящего источника питания становится сложной задачей, требующей тщательного анализа требований устройства и характеристик доступных источников, например управление напряжением с выхода солнечной батареи.

В качестве объекта исследования была выбрана плата с повышающим / понижающим DC-DC-преобразователем (рис. 1).



Рис. 1. DC-DC-преобразователь напряжения  
на основе микросхемы XL6019

Достоинством такой платы является то, что она совмещает в себе уже и повышающий модуль по напряжению и понижающий, что существенно облегчает задачу создания источника, удовлетворяющего требованию плавающего напряжения на входе и желаемого стабилизируемого напряжения на выходе.

Схема электрическая принципиальная модуля представлена на рис. 2.

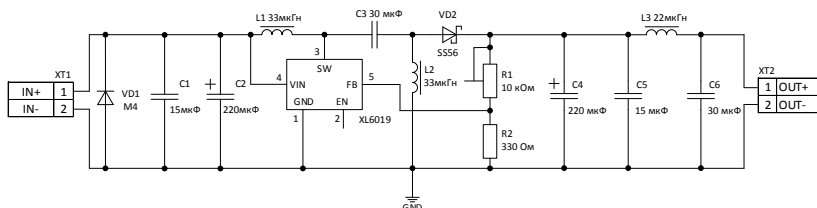


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная DC-DC-повышающего / понижающего преобразователя напряжения на основе микросхемы XL6019

Принцип работы этого модуля основан на технологии коммутационного преобразования.

При повышающем режиме модуль преобразует поступающее постоянное напряжение с низким уровнем до более высокого уровня напряжения с помощью индуктивности и коммутационных элементов [5, 6]. Во время работы модуль циклически переключает энергию от источника питания в индуктивность, а затем обратно, создавая электромагнитное поле и изменяя напряжение.

При понижающем режиме модуль выполняет обратную операцию, снижая входное напряжение до требуемого уровня. Контроль и регулировка выходного напряжения осуществляются с помощью обратной связи и управляющего сигнала [7].

Предлагается за счет управляющего сигнала на обратной связи микросхемы XL6019 задавать желаемое стабилизированное напряжение на выходе устройства с использованием приложения на компьютере, написанного на Delphi 7 (рис. 3) [8].

Первый способ регулирования заключается в задании управляющего воздействия на цепь обратной связи с помощью операционного усилителя (ОУ) (рис. 4).

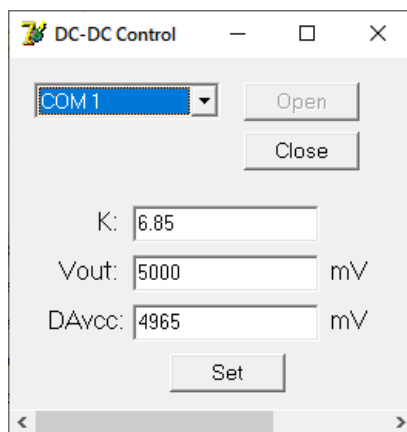


Рис. 3. Интерфейс программы управления

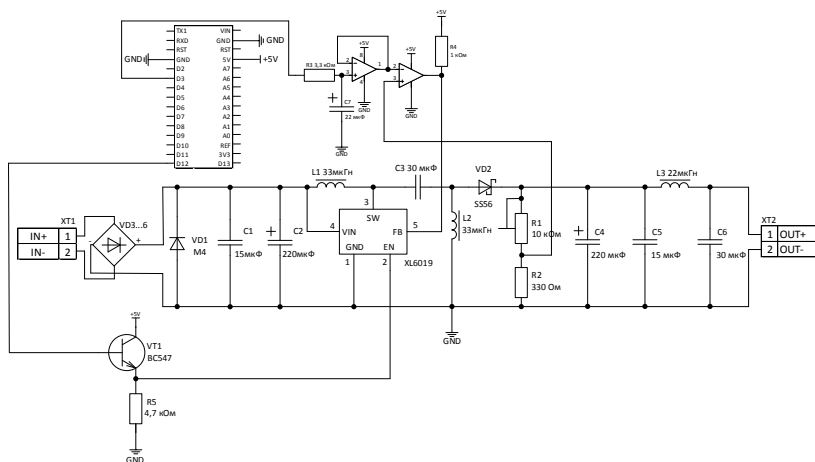


Рис. 4. Схема электрическая принципиальная DC-DC-повышающего / понижающего преобразователя напряжения на основе микросхемы XL6019 с управлением на ОУ

С помощью платформы Arduino мы создаем цепь, которая позволяет нам управлять выходным напряжением с использованием ШИМ-сигнала (в качестве примера использовалась Arduino nano) [9]. ШИМ-сигнал генерируется таким образом, чтобы достичь заданного выходного напряжения. Этот сигнал затем поступает на интегратор, который является частью RC-цепочки, к которой добавлен операционный уси-

литель в качестве повторителя [10]. Такое решение помогает решить проблему выходного сопротивления.

Постоянное напряжение, являющееся средним значением ШИМ-сигнала, подается на инвертирующий вход компаратора. Вся эта последовательность элементов фактически выполняет функции (цифро-аналогового преобразователя) ЦАП. На неинвертирующий вход компаратора подается выходное напряжение от DC-DC-преобразователя через делитель напряжения. Работа компаратора заключается в сравнении двух напряжений: заданного и фактического на выходе. Например, если фактическое напряжение меньше заданного, компаратор выдаст на выходе напряжение питания, что заставит DC-DC-преобразователь увеличить выходное напряжение. Если фактическое напряжение больше заданного, компаратор выдаст на выходе 0 В, что заставит DC-DC-преобразователь снизить выходное напряжение.

Вариативность задания входного напряжения (переменное / постоянное) обеспечивается входным диодным мостом.

Система управления выходным напряжением на основе Arduino позволяет задавать точность выходного напряжения с использованием формулы

$$\Delta U = \frac{U_{\text{вых}}^{\text{max}}}{\text{bit}} k, \quad (1)$$

где  $\Delta U$  представляет собой точность задания выходного напряжения;  $U_{\text{вых}}^{\text{max}}$  – максимальное значение выходного напряжения; bit – количество разрядов в ШИМ-сигнале; а  $k$  – коэффициент деления обратной связи (R2, R3 в схеме).

Для примера, если  $U_{\text{вых}}^{\text{max}} = 24\,000$  мВ, разрядность ШИМ равна 1024, а  $k = 6,85$ , то точность задания выходного напряжения ( $\Delta U$ ) будет равна 160 мВ.

При использовании разрядности ШИМ, равной 4096 (которая может быть применена в конечном устройстве и задаваться программно), точность задания выходного напряжения  $\Delta U$  будет равна 40 мВ.

Недостатком данной схемы является отсутствие гальванической развязки между силовой частью и управляющей.

Достоинством является точность задания выходного желаемого напряжения [11].

Для устранения вышеописанных недостатков предлагается следующая реализация (рис. 5).

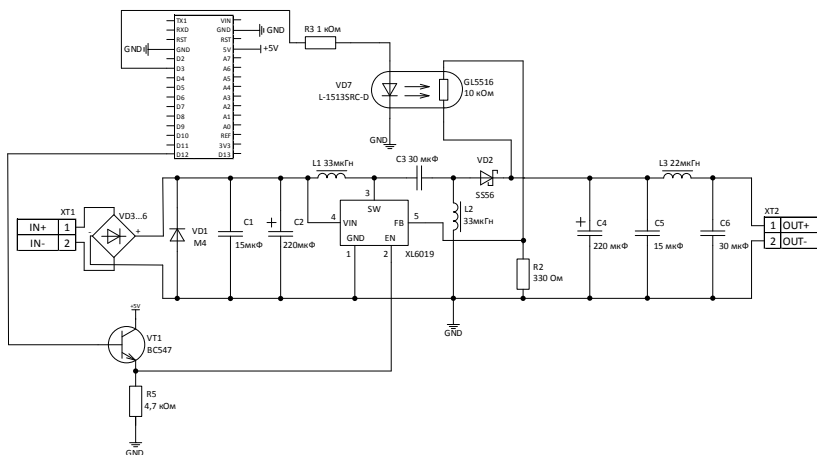


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная DC-DC-повышающего / понижающего преобразователя напряжения на основе микросхемы XL6019 с управлением на резистивном оптроне

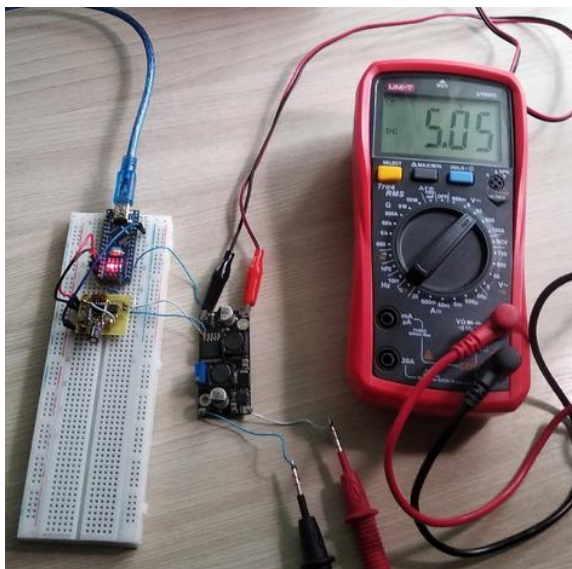


Рис. 6. Результаты натурного эксперимента

Управление микросхемой XL6019 происходит за счет изменения сопротивления резистивного оптрона, что обеспечивает гальваническую развязку управляющей и силовой частей.

В работе использовали кубические сплайн-функции для достижения высокой точности в описании нелинейности яркости светодиода [12].

Кубический сплайн является наиболее точным полиномом на рассчитываемых участках. Этот подход позволяет нам обеспечивать необходимую точность по напряжению на выходе источника питания  $\Delta U = 60 \text{ мВ}$ .

Результаты, подтверждающие результаты эксперимента, представлены на рис. 6.

### Библиографический список

1. Бобров И.И. Физические основы электроники: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2003. – 158 с.
2. Прянишников В.А. Электроника: курс лекций. – СПб.: КОРОНА принт, 2003.
3. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование: пер. с англ. – Киев: МК-Пресс, 2005.
4. Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учеб. для вузов. – М.: Академия, 2011.
5. Калашников В.И., Нефедов С.В. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов. – М.: Академия, 2012.
6. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов. – М.: КНОРУС, 2013.
7. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника: учеб. для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
8. Кузин А.В., Чумакова Е.В. Программирование на языке Си: учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 143 с.
9. Александреску А. Современное проектирование на C++. – Екатеринбург: Вильямс, 2019. – 336 с.
10. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие. – М.: Лань, 2011. – 544 с.

11. Малоземов В.Н., Певный А.Б. Полиномиальные сплайны: учеб. пособие. – Ленинград, 1986. – 120 с.

12. Леготкина Т.С., Данилова С.А. Вычислительные методы: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2005. – 51 с.

### **Сведения об авторах**

**Ошмарин Ефим Андреевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ-21-1б, г. Пермь, e-mail: yfenm@yandex.ru

**Каплина Каролина Игоревна** – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. СРРС-20-1б, г. Пермь, e-mail: maja\_9992@mail.ru

**Никулин Вячеслав Сергеевич** – ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kalif23@yandex.ru.

**А.А. Сарапулов, И.Г. Лисовин,  
Д.А. Никулин, Д.А. Даденков**

## **ОБЗОР ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ ЗАСЛОНКИ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАДИАЛЬНЫМИ ЗАЗОРАМИ В АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**

Рассмотрен анализ применения перспективной электроприводной заслонки в системе активного управления радиальными зазорами. Представлена классификация и обзор существующих систем и в рамках развития концепции «более электрического» самолета и электрифицированного авиационного двигателя предложено использование электроприводной системы. По итогам теплового моделирования выявлена повышенная температура эксплуатации, в результате чего невозможно обеспечить корректную и надежную работу электроприводной заслонки. Для решения обозначенной проблемы предложено несколько возможных вариантов решения.

**Ключевые слова:** электроприводная заслонка, система активного управления радиальными зазорами, блок управления, условия эксплуатации, температура окружающей среды, тепловое моделирование.

**A.A. Sarapulov, I.G. Lisovin,  
D.A. Nikulin, D.A. Dadenkov**

## **REVIEW OF THE ELECTRICALLY ACTUATED DAMPER OF THE ACTIVE REDIAL CLEARANCE CONTROL SYSTEM IN AIRCRAFT ENGINES**

The active considers the analysis of the application of a promising electric drive damper in the system of active control of radial clearances. The classification and overview of existing systems are presented, and as part of the development of the concept of a «more electric» aircraft and an electrified aircraft engine, the use of an electric drive system is proposed. According to the results of thermal modeling, an increased operating temperature was revealed, as a result of which it is impossible to ensure the correct and reliable operation of the electric drive damper. To solve this problem, several possible solutions are proposed.

**Keywords:** electric actuated flap, active radial gap control system, control unit, operating conditions, ambient temperature, thermal simulation.

Развитие концепции «более электрического» самолета и электрифицированного авиационного двигателя предусматривает замену гидравлических и пневматических систем электрическими аналогами, ко-

которые все больше набирают популярность. Ввиду этого требования к повышению эффективности, надежности, снижению влияния на экологию, уменьшению массогабаритных показателей устройств являются определяющим фактором в выборе направления развития авиационной промышленности.

В процессе работы двигателя радиальные зазоры в лопаточной машине не остаются постоянными, они меняются в зависимости от режима работы двигателя [1]. В связи с этим наиболее актуален вопрос о поддержании желаемых радиальных зазоров в течение всего срока эксплуатации двигателя на летательном аппарате, а также минимизации зазора на режимах крейсерской работы двигателя. Решению обозначенных задач служат системы активного управления радиальными зазорами (САУРЗ) [2].

Рабочая лопатка и корпус турбины отличаются друг от друга по материалу, массе и условиям нагрева, поэтому на переходных режимах они имеют разное время теплового расширения. Чтобы уменьшить радиальный зазор, который меняет параметры двигателя, система автоматического управления организует подачу необходимого количества охлаждающего воздуха на корпус турбины. Нагрев корпуса, таким образом, стабилизируется, а значит, меняется величина его линейного расширения и величина радиальных зазоров [3].

**Классификация САУРЗ.** На рис. 1 представлена классификация существующих САУРЗ.



Рис. 1. Классификация типов САУРЗ

Тепловая система, отбирая из тракта двигателя воздух, нагревает или охлаждает корпус. Преимущество тепловой системы – ее распространенность, из-за чего конструкция и система регулирования являются

ся простыми и отработанными. Недостатком тепловой системы является ее низкое быстродействие при регулировании параметров. В механической системе с помощью механического привода перемещается поверхность корпуса, данное перемещение изменяет радиальный зазор. Преимуществом механической системы является высокая точность и быстродействие регулирования параметров. Недостатками системы являются сложность изготовления и громоздкость конструкции. В пневматической системе для уменьшения радиального зазора необходимо подать воздух в полость под большим давлением, чем в проточной части, размещенную над корпусом. Преимущества пневматической системы – это малый расход воздуха при качественном уплотнении полостей надува и высокое быстродействие регулирования параметров. Недостатками системы являются малый диапазон регулирования, сложность изготовления и громоздкость конструкции.

Далее рассмотрим разрабатываемую электроприводную систему с использованием перспективной заслонки в системе активного управления радиальными зазорами [4], управляемую по заданному закону с обеспечением обратной связи от электроприводной заслонки САУРЗ (например, текущее положение заслонки).

**Электроприводная система.** Для работы тепловой системы, как наиболее распространенной и надежной, решено разработать электроприводную заслонку (ЭПЗ) САУРЗ, которая наиболее удачно вписывается в концепцию «более электрического» самолета.

Планируется, что ЭПЗ будет выполнять две основные функции. Это обеспечение открытия и закрытия заслонок САУРЗ и удержание заслонок САУРЗ во время работы двигателя с целью поддержания наиболее оптимального радиального зазора, что в свою очередь позволит уменьшить износ рабочих поверхностей, а также увеличит КПД авиационного двигателя.

Общий вид заслонки показан на рис. 2.

Принцип работы ЭПЗ заключается в том, что при изменении давления выше или ниже заданного подается сигнал на электродвигатель 4. Выходной вал электродвигателя передает крутящий момент на вал редуктора, который кратно снижает частоту вращения и передает момент на вал заслонки с закрепленным на нем диске 1. Диск 1 при перемещении изменяет проходное сечение корпуса 2, тем самым дросселируя поток воздуха и регулируя давление до заданного значения. Блок управления ЭПЗ 5 имеет два канала управления с параллельной ка-

нальной работой. При одновременном поступлении из одного канала РД сигнала на закрытие, а от другого канала РД сигнала на открытие в системе управления ЭПЗ имеет приоритет команда с сигналом на закрытие.

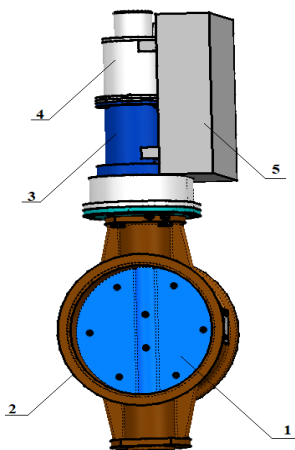


Рис. 2. Общий вид электроприводной заслонки

**Условия эксплуатации ЭПЗ.** В ходе разработки ЭПЗ был произведен тепловой расчет рабочего пространства ЭПЗ и выполнено моделирование тепловых процессов для подтверждения, что температура, которая окружает электроприводную систему, не превышает заявленных требований к рабочей и предельной повышенной температуре. При тепловом моделировании ЭПЗ было выявлено, что температура окружающей среды в месте расположения самой системы значительно превышает заданные разработчиком параметры. В ходе анализа результатов моделирования было установлено, что в процессе работы двигателя окружающая температура вокруг ЭПЗ по расчетам выходит выше 120 °С. Из-за повышенных температур возникает проблема с обеспечением корректной работы блока управления заслонкой, в котором могут начать выходить из строя электронные компоненты. Для примера, микросхема 5320EB03, которая используется в блоке управления для усиления напряжения, имеет диапазон рабочих температур от –60 до 115 °С [5]. Из этого следует, что заявленная предельно допустимая температура работы микросхемы меньше, чем выявленная при тепловом моделировании температура окружающей среды. Аналогично и все

другие компоненты блока управления имеют сравнительно схожие температурные пределы их эксплуатации. В результате воздействия повышенной температуры может плавиться пайка на плате управления или срабатывать тепловая защита электронных компонентов блока управления и, следовательно, возможно возникновение некорректной работы системы управления ЭПЗ.

Для решения проблемы предлагается рассмотреть несколько возможных вариантов. Первый вариант – это вынос блока управления и электромеханизма в более подходящее по температурным требованиям и условиям эксплуатации место. Второй вариант – разработка и использование специализированной системы охлаждения блока управления (отдельно для электронной платы или корпуса блока в целом) воздухом из внешней среды. Третий вариант – к блоку управления изготовить специальный экран для отражения температуры. Четвертый вариант – использование высокожаростойкого припоя.

**Выводы.** В статье рассмотрены существующие системы активного управления радиальными зазорами (тепловая, механическая и пневматическая), которые имеют свои преимущества и недостатки. В настоящее время ведется проектирование и разработка ЭПЗ САУРЗ для оптимальной работы тепловой системы.

Проектируемая электроприводная заслонка САУРЗ будет иметь высокую точность, быстродействие регулирования и систему встроенного контроля, при этом обладать компактной и малогабаритной конструкцией, а также отвечать требованиям повышенной эффективности и надежности и влияния на экологию. Однако по итогам теплового моделирования выявлено, что на работу ЭПЗ влияет повышенная температура окружающей среды, в которой планируется эксплуатация заслонки. Для решения обозначенной проблемы предложено несколько возможных вариантов решения.

В ходе дальнейших исследований планируется детально проанализировать все варианты решения и выбрать из них наиболее оптимальный для практической реализации.

### **Библиографический список**

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Сер. Газотурбинные двигатели. – М.: Машиностроение, 2008. – Т. 1. – С. 47–59.

2. Система активного управления радиальными зазорами в компрессоре и турбине [Электронный ресурс]. – URL: <https://lektsia-com.turbopages.org/lektsia.com/s/9x4d15.html>

3. О турбинах, авиационных и не только [Электронный ресурс]. – URL: <https://avia-simply.ru/o-turbinah-aviacionnih-i-ne-tolko/>

4. Пат. 2791093 Рос. Федерация, МПК F02C7/26. Электроприводная заслонка системы активного управления радиальными зазорами для газотурбинного двигателя летательного аппарата / Лисовин И.Г. [и др.]. – № 2022120310; опубл. 02.03.2023.

5. Инженерные технологии [Электронный ресурс]. – URL: <https://e-t-a.org/produkt/klapan-y-batterflyaj/>

### **Сведения об авторах**

**Сарапулов Артем Андреевич** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ПИШ-22-7м, г. Пермь, e-mail: [sarapulov\\_99@bk.ru](mailto:sarapulov_99@bk.ru)

**Лисовин Игорь Георгиевич** – начальник отделения систем автоматического управления АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, e-mail: [lisoVin@avid.ru](mailto:lisoVin@avid.ru)

**Никулин Данила Андреевич** – начальник бригады электрических приводов авиационных ГТД АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, e-mail: [nikulIn-da@avid.ru](mailto:nikulIn-da@avid.ru)

**Даденков Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: [dadenkov@msa.pstu.ru](mailto:dadenkov@msa.pstu.ru)

**И.А. Шмидт, Е.В. Артемов**

## **ПОИСК АНОМАЛИЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ МЕТОДОМ TADGAN**

Рассматривается проблема обнаружения аномалий во временных рядах. Рассмотрены виды аномалий во временных рядах, проведена классификация существующих методов обнаружения аномалий и подробно описан принцип действия алгоритма TadGAN. Также метод TadGAN был реализован на языке программирования Python и показана работа данного метода на синтетическом временном ряду.

**Ключевые слова:** временной ряд, аномалии, методы поиска аномалий, нейронная сеть, TadGAN.

**I.A. Shmidt, E.V. Artemov**

## **SEARCH FOR ANOMALIES IN TIME SERIES BY THE TADGAN METHOD**

This article deals with the problem of anomaly detection in time series. The types of anomalies in time series are considered, the classification of existing anomaly detection methods is carried out, and the principle of operation of the TadGAN algorithm is described in detail. Also, the TadGAN method was implemented in the Python programming language and the operation of this method on a synthetic time series is shown.

**Keywords:** time series, anomalies, anomaly search methods, neural network, TadGAN.

Временным рядом называют непрерывную последовательность значений какого-либо параметра или показателя за один или несколько периодов времени. Любой изменяющийся параметр или показатель в технологическом процессе является временным рядом. Ввиду этого появление аномалий в таких временных рядах может сигнализировать о проблемах в протекании технологического процесса, таких как неправильная настройка оборудования, скорый выход из строя оборудования, либо о его неисправности. Исходя из этого, методы обнаружения аномалий во временных рядах активно изучаются и применяются на практике [1].

Выделяют три вида аномалий во временных рядах:

- точечные аномалии;
- контекстные (условные) аномалии;
- групповые (коллективные) аномалии.

Точечные аномалии характеризуются отклонением одной определенной точки от группы значений. Как правило, значение точечной аномалии сильно отличается от значений всего ряда, поэтому их нередко называют «вбросами». Такие аномалии проще всего обнаружить, так как можно ввести ограничения по минимальному и (или) максимальному значению [2]. Контекстные аномалии связаны с определенными условиями или группой условий, при которых становится ясно, что данное значение аномально. Например, появление отрицательного значения во временном ряду, который в данный отрезок времени должен быть строго положительным.

Групповые аномалии характеризуются аномальным поведением группы точек по отношению к остальному временному ряду. Например, изменением частоты процесса либо пропуском одного или нескольких периодов в процессе [3].

Выделяют три группы методов поиска аномалий во временных рядах:

- proximity-based;
- prediction-based;
- reconstruction-based.

Proximity-based-методы, используя информацию о близости значений или последовательности значений фиксированной длины определяют, является точка или группа точек аномалией. Недостатком данных методов является то, что они не позволяют выявить изменения в форме временного ряда.

Prediction-based-методы используют собранные ранее статистические данные для предсказания дальнейшего поведения временного ряда и построения прогнозной модели. Далее фактические значения временного ряда сравниваются с предсказанными и принимается решение о аномальности или ее отсутствии для точки или группы точек. Могут как выявлять точечные аномалии, так и находить места изменения формы сигнала.

Reconstruction-based-методы анализируют временной ряд и воссоздают (реконструируют) его. Так же как и с prediction-based-методами, дальше фактические значения временного ряда сравниваются с реконструированными и принимается решение об аномальности. Выявляют как точечные, так и групповые аномалии [4].

Главная задача методов, которые основываются на реконструкции, – это построить качественную модель процесса, чтобы в дальнейшей получить восстановленный временной ряд, в котором отсутствуют аномалии.

Одним из reconstruction-based-методов, который дает хороший результат, является Time Series Anomaly Detection Using Generative Adversarial Networks (TadGAN). Данный метод был разработан исследователями из MIT и представлен на конференции IEEE International Conference on Big Data.

Данный метод базируется на генеративных состязательных сетях и использует элементы автокодировщика. Архитектура метода TadGAN представлена ниже на рис. 1.

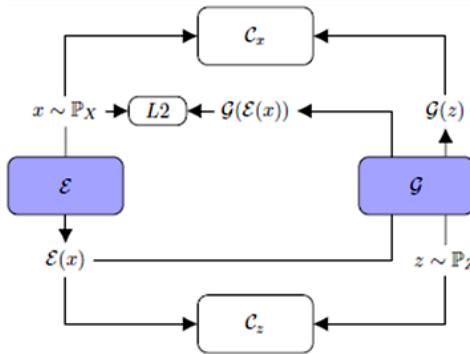


Рис. 1. Структурная схема архитектуры TadGAN

$E$  действует как автокодировщик, переводящий отрезки временных рядов  $x$  в векторы скрытого пространства  $z$ , а  $G$  – декодер, восстанавливающий из скрытого представления  $z$  отрезки временных рядов.  $C_x$  – критик, оценивающий качество восстановления  $G(E(x))$ , а  $C_z$  – критик, оценивающий похожесть скрытого представления  $z = E(x)$  на белый шум [5].

Для реализации данного метода использовался язык программирования Python и библиотека TensorFlow.

Для апробации работы метода был сгенерирован синтетический временной ряд и внесена групповая аномалия на двух участках с нехарактерной частотой процесса. Сгенерированный синтетический временной ряд представлен на рис. 2.

Для оценки работы модели оптимизировалось пять метрик. Среднеквадратичное отклонение между исходным и восстановленным временными рядами (aeLoss), бинарная кросс-энтропия критика  $C_x$  (cxLoss), бинарная кросс-энтропия ошибки генератора  $G(E(x))$  (cx\_g\_Loss), бинарная кросс-энтропия критика  $C_z$  (czLoss), бинарная кросс-энтропия ошибки генератора  $E(x)$  (cz\_g\_Loss).

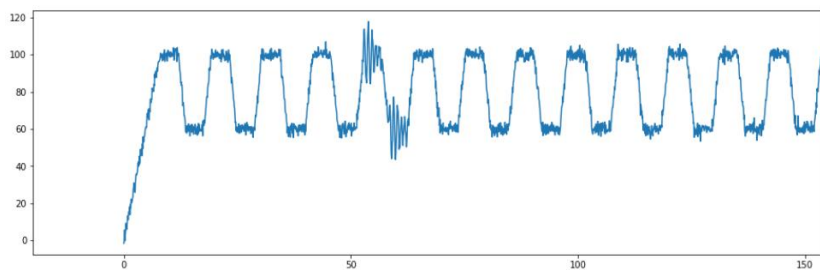


Рис. 2. Сгенерированный синтетический временной ряд

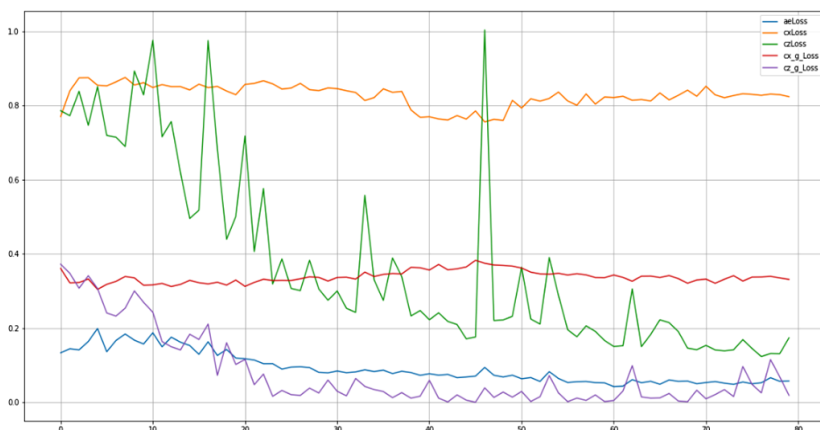


Рис. 3. Процесс обучения модели

Для определения, является ли точка или группа точек аномальными, использовалось среднее квадратичное отклонение (на графике выделено голубым) и модуль расстояния от реального и восстановленного временного ряда (на графике выделено зеленым) (рис. 3, 4).

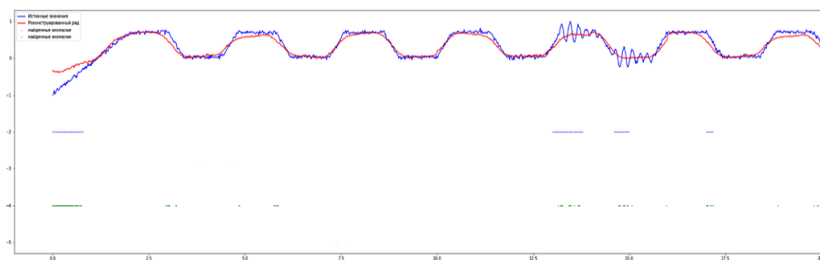


Рис. 4. Синтетический временной ряд и восстановленный ряд с поиском аномалий

Как видно из графика, с использованием метода TadGAN и среднеквадратичного отклонения от группы точек достаточно точно были найдены встроенные в синтетический ряд аномалии, хотя зафиксировано сильное отклонение в начале процесса и выделен как аномалия нормальный небольшой участок. Метод хорошо подходит для периодических процессов. Если технологический процесс не имеет ярко выраженного периода, то качественно реконструировать временной ряд будет весьма проблематично, либо вообще невозможно.

### **Библиографический список**

1. Заварзин Д.В. К вопросу поиска аномалий во временных рядах // *Инновации в науке*. – 2014. – № 29. – С. 59–64.
2. Тельшев А.В., Назарков Д.А. Использование нейросетей типа автокодировщик для обнаружения аномалий во временных рядах // *Дневник науки*. – 2019. – № 4 (28). – С. 73.
3. Выявление аномалий в многомерных временных рядах датчика с использованием машинного обучения / В.О. Артюшин, К.Ю. Дерезов, М.О. Рябинин, В.П. Плотников // *Наука и бизнес: пути развития*. – 2022. – № 4 (130). – С. 29–35.
4. Research on Time Series Anomaly Detection Algorithm and Application / Zhiyang Zhao, Yang Zhang, XianXun Zhu, Jiansun Zuo // *IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*. – 2019. – P. 16–20.
5. TadGAN: Time Series Anomaly Detection Using Generative Adversarial Networks / Alexander Geiger, Dongyu Liu, Sarah Alnegheimish, Alfredo Cuesta-Infante, Kalyan Veeramachaneni // *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. – 2020. – P. 33–43.
6. Fiete Lüer, Dominik Mautz, Christian Böhm. Anomaly Detection in Time Series using Generative Adversarial Networks // *International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*. – 2019. – P. 1047–1048.

### **Сведения об авторах**

**Шмидт Игорь Альбертович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt-ia@yandex.ru

**Артемов Ефим Вадимович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-21-16, г. Пермь, e-mail: artemovefimv@gmail.com

**Д.А. Тузиков, А.Б. Петроченков**

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ КДМ-1**

Рассматривается методика создания автоматизированной системы анализа работы оборудования картоноделательной машины КДМ-1. Проведен анализ технологического процесса картоноделательной машины КДМ-1. Рассмотрена система управления главным приводом КДМ-1, сбор, передача, обработка и хранение необходимых для анализа данных. Разработана методика анализа работы оборудования КДМ-1. Разработаны и программно реализованы алгоритмы контроля отклонений в работе оборудования секций КДМ-1.

**Ключевые слова:** система, автоматизированный анализ, КДМ, картоноделательная машина, главный привод.

**D.A. Tuzikov, A.B. Petrochenkov**

## **DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CREATING AN AUTOMATED SYSTEM FOR ANALYSING THE OPERATION OF THE KDM-1 CARDBOARD – MAKING MACHINE**

In this article we study the methodology of creating the automated system to analyze the operation of cardboard- making machine the KDM-1. The analysis of technological process of the KDM – was carried out, the control system of the main drive was considered, data collection, transmission, processing and storage which are necessary for analysis, the technique of equipment analysis of the KDM -1 has been developed, algorithms for monitoring deviations in the operation of the equipment of the KDM-1 sections have been developed and implemented.

**Keywords:** system, automated analysis, the KDM-1, the cardboard- making machine, main drive.

В текущих геополитических и макроэкономических условиях повышение стабильности и эффективности производства картона для плоских слоев и бумаги для гофрирования приобретает большое значение для народного хозяйства Российской Федерации.

Актуальность данной работы обусловлена [1]:

1. Техничко-экономическими потребностями:

– повышение коэффициента доступности оборудования за счет оперативного обнаружения и локализации неисправностей и отклонений;

- снижение эксплуатационных затрат;
- повышение энергоэффективности.
- 2. Социальными потребностями:
  - снижение влияния человеческого фактора;
  - повышение доступности информации о состоянии оборудования.

Одним из ключевых этапов производства бумаги (картона) является картоноделательная или бумагоделательная машина, на которой происходит отлив, формование и сушка бумажного полотна.

Картоноделательная машина (КДМ) состоит из трех основных частей: формующая, прессовая и сушильная. Все эти этапы связывает одна основная функция – транспортирование бумажного полотна. Для этой цели используется многодвигательный привод КДМ. Скорости современных КДМ достигают 1500 м/мин; большое количество вращающихся динамических узлов (на КДМ-1 порядка 250 валов различного размера, 49 электродвигателей (ЭД) главного привода) и последовательность технологического процесса накладывают дополнительные требования к надежности, диагностике узлов и правильности поддержания технологических параметров.

Для реализации любой информационной системы необходимо обеспечить сбор, передачу, обработку и хранение необходимых для анализа данных. В данном случае источником данных служит система управления главным приводом картоноделательной машины КДМ-1. На рис. 1 представлена структурная схема системы управления главным приводом КДМ-1. Связь между приводами и программируемыми логическими контроллерами (Programmable Logic Controller – PLC) осуществляется по сети ProfibusDP; связь между PLC и системой сбора данных и оперативного диспетчерского управления (Supervisory Control And Data Acquisition – SCADA) с передачей данных в базу данных (БД) Historian – по сети ProfiNET через сервер ввода-вывода.

В табл. 1 указан список тегов, передаваемых из PLC в SCADA-систему по приводу A1. Всего в SCADA-систему и Historian передается и сохраняется около 3500 тегов из системы управления главным приводом, частота дискретизации 500 мс, глубина архива более трех лет.

Методика анализа работы оборудования КДМ-1 состоит из следующих этапов.

Этап 1. Составить список приводов, сгруппировать их по секциям, указать тип кинематической связи внутри секции. Результатом заполнения является табл. 2.

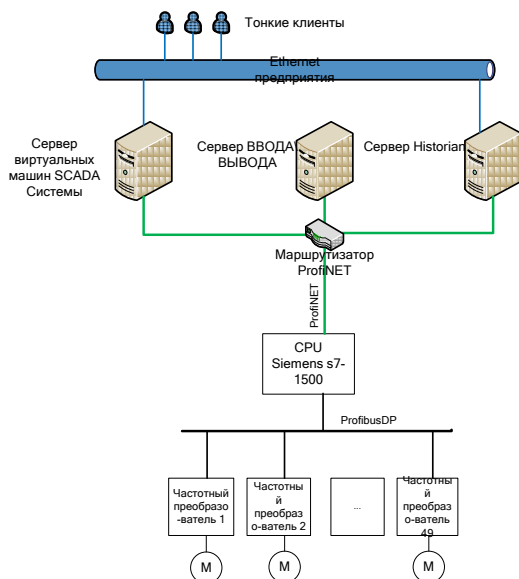


Рис. 1. Структура системы управления главным приводом КДМ-1 (М – ЭД)

Таблица 1

Список тегов, передаваемых из PLC в SCADA-систему по приводу A1

| Тег        | Описание                                          |
|------------|---------------------------------------------------|
| A1\Adv_F   | Фактическое опережение, % · 0,01                  |
| A1\F_Blк   | Режим «Выведен из работы»                         |
| A1\F_Brk   | Режим «Торможение»                                |
| A1\F_Flt   | Статус «Авария привода»                           |
| A1\F_Pwr   | Флаг «Напряжение DC подано»                       |
| A1\F_Rdy   | Статус «Привод готов»                             |
| A1\F_Run   | Статус «Привод в работе»                          |
| A1\F_Spd   | Режим «Работа по скорости»                        |
| A1\F_Wrn   | Статус «Предупреждение привода»                   |
| A1\F_Zsp   | Флаг «Нулевая скорость»                           |
| A1\Lod_F   | Фактическая нагрузка, А                           |
| A1\Spd_F   | Фактическая скорость, м/мин · 0,1                 |
| A1\Spd_Out | Заданная скорость, м/мин · 0,1                    |
| A1\Spd_R   | Скорость рабочего хода, м/мин · 0,1               |
| A1\Spd_Trq | Выход регулятора распределения нагрузки, % · 0,01 |
| A1\Trq_F   | Фактический момент, % · 0,1                       |
| A1\Trq_F1  | Фактический момент распр.нагр, % · 0,1            |
| A1\Udc_F   | Напряжение звена пост.тока, В                     |

Таблица 2

### Параметры приводов КДМ

| №<br>п/п      | Обоз-<br>наче-<br>ние | Наименование<br>привода | Преобразователь                            |                                      | Тип связи<br>внутри<br>секции                |
|---------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
|               |                       |                         | Номинальное<br>значение мощ-<br>ности, кВт | Номиналь-<br>ное значение<br>тока, А |                                              |
| Нижняя сетка  |                       |                         |                                            |                                      |                                              |
| 1             | A2                    | Гауч-вал                | 315                                        | 605                                  | Упругая,<br>через фор-<br>мующую<br>сетку    |
| 2             | A1                    | Сетководущий вал        | 315                                        | 605                                  |                                              |
| 3             | A3                    | Сетковозвратный<br>вал  | 75                                         | 145                                  |                                              |
| Верхняя сетка |                       |                         |                                            |                                      |                                              |
| 4             | B1                    | Передающий вал          | 250                                        | 490                                  | Упругая,<br>через<br>форму-<br>ющую<br>сетку |
| 5             | B2                    | Сеткоповоротный<br>вал  | 250                                        | 490                                  |                                              |
| Комби-пресс   |                       |                         |                                            |                                      |                                              |
| 6             | D3                    | Вал Пикап               | 75                                         | 145                                  | Прямая, без<br>проскаль-<br>зывания          |
| 7             | D1                    | Нижний вал              | 200                                        | 380                                  |                                              |
| 8             | D2                    | Центральный вал         | 200                                        | 380                                  |                                              |

Этап 2. Составить алгоритм работы системы анализа работы оборудования [2] для каждой секции. Для секций с одинаковыми типами кинематической связи алгоритмы идентичны.

Пример алгоритма контроля отклонений для секции Е джамбо-пресса представлен на рис. 2.

Этап 3. Реализовать алгоритмы работы системы анализа работы оборудования и интерфейсы в SCADA-системе.

Алгоритм, описанный выше, и интерфейс для работы с ним были реализованы для каждой приводной точки в SCADA-системе. При реализации необходимо обратить внимание на следующие аспекты [3]:

- предусмотреть удобный для оператора интерфейс настройки; параметры и их текущий статус должны быть видны на одном или нескольких экранах, с группировкой по секциям;
- предусмотреть индикацию отклонения параметров;
- изменение пороговых значений должно быть простым и удобным.

Этап 4. Формализовать возможные отклонения в работе КДМ, их причины и необходимые действия. Пример таких отклонений приведен в табл. 3.

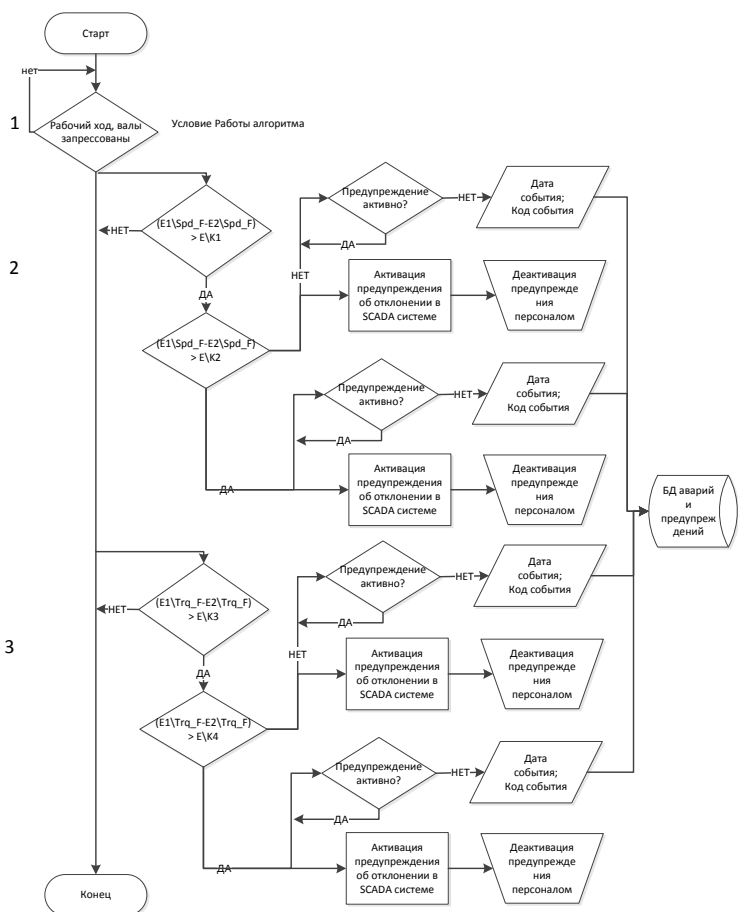


Рис. 2. Алгоритм контроля отклонений для секции Е джамбо-пресса

Таблица 3

### Фиксируемые отклонения в работе КДМ

| Рассогласование нагрузок | Описание по результатам анализа                                                                                                                                                                                          | Возможные причины                                         | Действия                            |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Ниже пороговых значений  | Рассогласование началось при работе КДМ, технологические и технические действия с оборудованием не производились, идет динамика на увеличение рассогласования, резких скачков или нестабильность скорости не наблюдается | Повреждение покрытия вала или другие механические дефекты | Останов оборудования и осмотр валов |

| Рассогласование нагрузок | Описание по результатам анализа                                                                                                                                              | Возможные причины                 | Действия                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выше пороговых значений  | Рассогласование произошло при работе КДМ, динамики на увеличение нет. Произошло изменение технологического режима – смена сорта, режима запресовки, работа вакуумной системы | Изменение технологического режима | Провести комплексный анализ технологического режима для поиска источника отклонения, после принять решение по корректировке обратной связи или увеличению порога отклонения |

### Библиографический список

1. Петроченков А.Б. О подходах к оценке технического состояния электротехнических комплексов и систем // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2012. – № 12. – С. 16–20.
2. Петроченков А.Б., Ромодин А.В., Хорошев Н.И. Об одном формализованном методе оценки управленческих решений (на примере управления электротехническими объектами) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 5 (87). – С. 166–171.
3. Даденков Д.А., Петроченков А.Б. Опыт создания лабораторно-тренажерного комплекса для подготовки специалистов в области автоматизированных систем управления технологическими процессами // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 5 (87). – С. 251–255.

### Сведения об авторах

**Тузиков Дмитрий Александрович** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЦЭКП-21-1м, г. Пермь, e-mail: tda0202@gmail.com

**Петроченков Антон Борисович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: petrochenkov@pstu.ru

**М.В. Иванова, А.Б. Петроченков**

**ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
КОМПАНИИ НА ПРИМЕРЕ ООО «ГОЛОВАНОВСКАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»**

Рассматривается влияние цифровизации на рост и развитие отрасли с помощью цифровых платформ, повышающих эксплуатационную эффективность деятельности ООО «Головановская энергетическая компания».

**Ключевые слова:** диджитализация, цифровые технологии, цифровые платформы, энергоэффективность.

**M.V. Ivanova, A.B. Petrochenkov**

**DIGITAL PLATFORMS AS A WAY TO INCREASE OPERATIONAL  
EFFICIENCY OF THE COMPANY'S ACTIVITIES ON THE EXAMPLE  
OF «GOLOVANOVSKAYA ENERGETICHESKAYA COMPANY» LLC**

This article examines the impact of digitalization on the growth and development of the industry with the help of digital platforms that increase the operational efficiency of LLC "Golovanovskaya Energy Company".

**Keywords:** digitalization, digital technologies, digital platforms, energy efficiency.

Обеспечение устойчивого экономического развития промышленных предприятий, генерирующих значительную долю ВВП страны, является приоритетной государственной задачей [1]. Важным условием развития в современном мире является использование цифровых технологий [2, 3]. Цифровизация деятельности промышленных предприятий в России проходит в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Исторически сложилось так, что энергетический сектор стал одним из пионеров внедрения цифровых технологий. Применение цифровых технологий позволяет оптимизировать энергетические системы и, как следствие, повышает их эффективность и надежность [4].

В 2020 г. была утверждена Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2035 г., в которой затрагиваются вопросы цифровизации энергетической отрасли. Предусмотрено совершенствование механиз-

мов государственной поддержки внедрения цифровых технологий, включая платформенные решения.

Цифровые платформы – это основанная на программном обеспечении онлайн-инфраструктура, которая содействует взаимодействию между поставщиком и потребителем услуги [3, 4].

ООО «Головановская энергетическая компания» является единственным поставщиком тепловой энергии и горячей воды в микрорайоне «Бумажник». Основная задача компании – бесперебойная поставка тепловой энергии в жилые дома и нежилые помещения микрорайона. В своей деятельности с целью администрирования, управления, мониторинга, анализа и передачи данных потребителям, а также закупки электроэнергии на оптовом рынке компания активно пользуется платформенными решениями (таблица).

Цифровые решения, применяемые в деятельности ООО «ГЭК»

| Цифровая платформа  | Цель использования                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Битрикс-24»        | Взаимодействие с потребителями (мониторинг, передача показаний, решение спорных вопросов)                                                                                                                                                                      |
| «CityCom ТеплоГраф» | Графическое описание всех тепловых сетей микрорайона «Бумажник» в масштабном плане, включает базу данных паспортизации тепловых сетей и инструментарий для ввода и корректировки данных                                                                        |
| «Лэрс Учет»         | Программный продукт, осуществляющий дистанционный сбор данных с различных счетчиков учета (тепла, воды, электроэнергии)                                                                                                                                        |
| LaRoWan             | Платформа позволяет получать информацию со счетчиков учета, мониторить аварийные ситуации и настраивать энергосистему на оптимальный режим работы в случае аварий без сильных потерь ресурсов                                                                  |
| Energy CS           | Программный комплекс предназначен для выполнения электротехнических расчетов при проектировании и эксплуатации распределительных сетей                                                                                                                         |
| «Энергосфера»       | Предназначен для создания автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС), обеспечивающих коммерческий и технический учет различных видов энергоресурсов (электрической и тепловой энергии, холодного и горячего водоснабжения, пара, газа и др.) |

Указанные в статье цифровые платформы позволяют соблюдать федеральные законы в сфере информации, предотвращать аварийные ситуации в микрорайоне «Бумажник», а также оптимизировать энергопотери и сохранить поставку тепла для потребителей. Рассмотрим в статье использование цифровых платформ на примере «Битрикс-24» и «CityCom ТеплоГраф».

Основные задачи цифровой платформы «Битрикс-24»: взаимодействие с жителями поселка, прозрачность деятельности компании, а также автоматизация рабочих процессов в подразделении.

В системе «Битрикс-24» есть личный кабинет плательщика – это электронный ресурс, который позволяет консолидировать информацию и осуществлять коммуникацию между абонентами, потребителями и ООО «ГЭК». Для создания личного кабинета необходимо зайти на сайт компании и внести свои учетные данные. Образец интерфейса личного кабинета показан на рис. 1. На сайте также размещены документы, регламентирующие тарифы и стоимость для жителей микрорайона «Бумажник» (рис. 2).

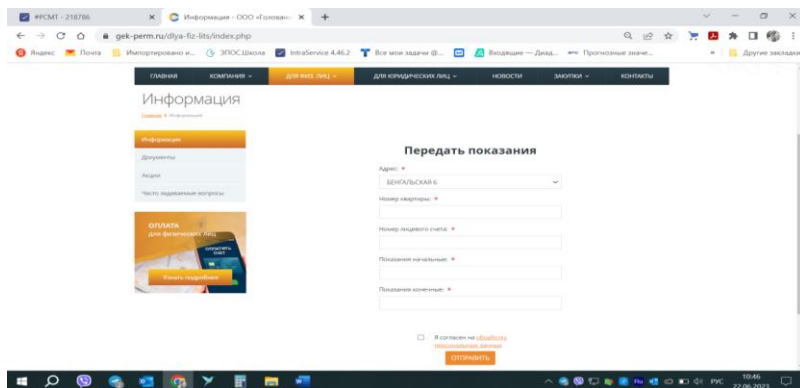


Рис. 1. Интерфейс личного кабинета потребителя

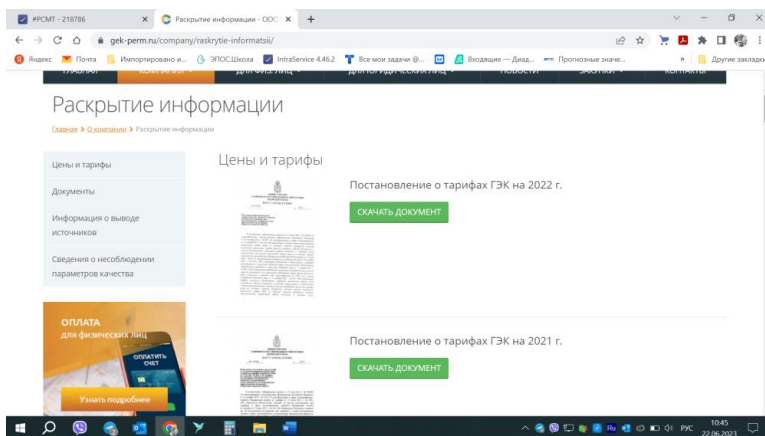


Рис. 2. Представление информации о тарифах и документах в личном кабинете

Таким образом, личный кабинет позволяет улучшать и ускорять коммуникацию между абонентами и теплоснабжающими предприятиями. Также личный кабинет позволяет упростить оплату и обеспечить прозрачность начисления счетов за различные услуги. Для теплоснабжающего предприятия также важно использование личного кабинета, так как это ускоряет поступление платежей за услуги и позволяет снизить дебиторскую задолженность.

Микрорайон «Бумажник» был построен в конце 50-х гг. прошлого века, и многие коммуникации подверглись физическому износу. Несмотря на модернизацию оборудования, есть «узкие» места, где происходят аварии. С целью регулирования аварийных ситуаций и оптимизации поставок тепла, а также своевременного уведомления Западно-Уральского управления «Ростехнадзора» об аварии применяется платформа «CityCom ТеплоГраф». На рис. 3 показано, как выглядят улицы с участками сети (часть карты). На этой схеме отображается место аварии, какое оборудование повреждено.

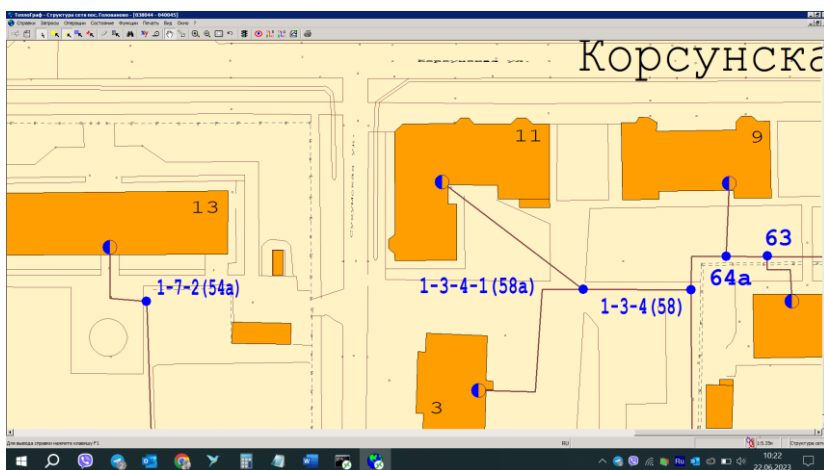


Рис. 3. Структура сети микрорайона «Бумажник»

На рис. 4 и 5 показаны пользовательские окна программы, при помощи которых можно увидеть список отключенных абонентов при локализации дефектов. Эти выгруженные сведения необходимы для формирования отчетности об инцидентах в рамках соблюдения законодательства РФ. Также эти сведения важны для описания аварийной ситуации, получения рекомендаций от программы по закрытию запорной

арматуры с целью локализовать аварийную ситуацию и сохранить оптимально возможную поставку ресурсов.

Кроме того, система умеет строить пьезометрические графики от точки до точки. Данные графики позволяют сформировать технические условия на технологическое присоединение, показать, достаточно ли сечение существующего трубопровода, что позволяет оптимизировать трудозатраты на расчеты.

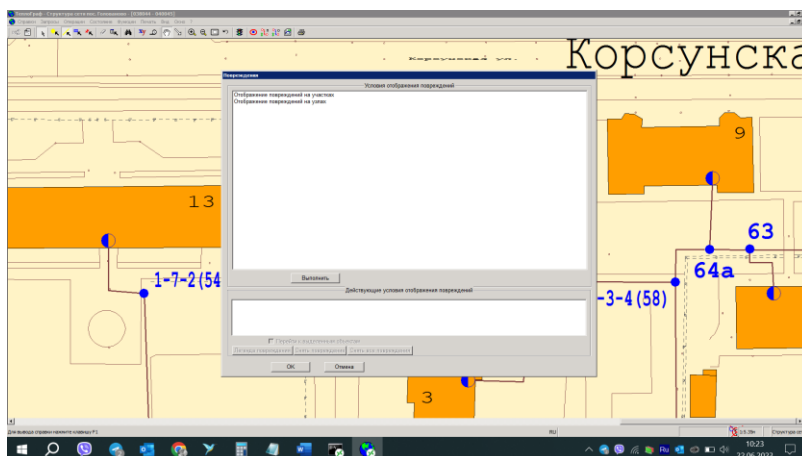


Рис. 4. Окно «Повреждения»

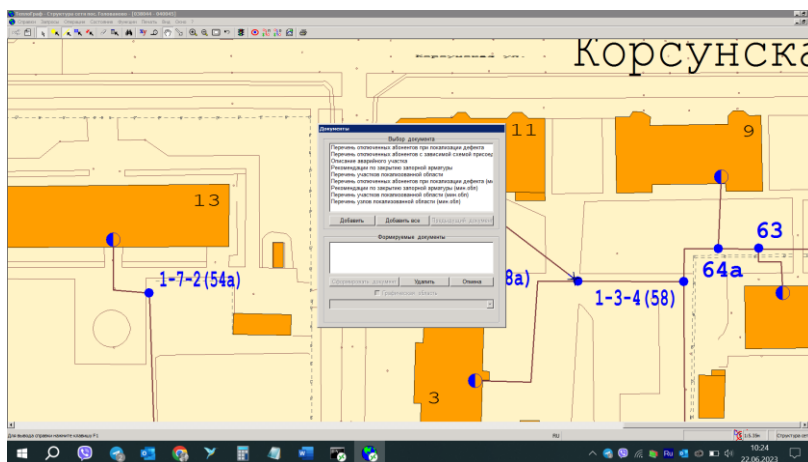


Рис. 5. Окно «Перечень отключенных абонентов»

Для энергетических предприятий является важным и актуальным развитие информационных технологий. Последующее развитие цифровых технологий позволяет предприятию улучшить процессы коммуникации с абонентом и изменить подходы к управлению информационными ресурсами, ускорить обмен информацией, улучшить взаимодействие с внешней средой. Использование информационных ресурсов и интеграция баз данных дают возможность энергетическим предприятиям интегрировать и аккумулировать информацию из внешней среды и сочетать ее с внутренней информацией [5].

Использование информационных технологий и ресурсов позволяет предприятию существенно развиваться, улучшать показатели своей деятельности, за счет ускорения процессов увеличивается производительность, выработка, ускоряются операции по занесению информации, изменяются подходы к ее управлению.

Работа с информационными ресурсами становится с каждым годом все более важной и значимой и позволяет предприятиям структурировать свою деятельность, дает переходить от этапов автоматизации и информатизации уже к цифровым технологиям, что впоследствии позволяет выработать стратегические подходы к использованию информационных и цифровых технологий.

### **Библиографический список**

1. Conceptual design and engineering strategies to increase energy efficiency at enterprises: Research, technologies and personnel / A. Lyakhomskii, E. Perfilieva, A. Petrochenkov, S. Bochkarev// IEEE Conference Publications. Proceedings of 2015 IV Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovations). – 2015. – P. 44–47. DOI: 10.1109/IVForum.2015.7388249
2. Месропян В.С. Цифровые платформы – новая рыночная власть. – М., 2018.
3. Цифровой переход в энергетике России // Энергетическая политика. – М., 2018. – № 5. – С. 12–16.
4. Petrochenkov A.B., Khudorozhkova M.A., Lyakhomskii A.V. Technological docflow for vendors of energy and automated products: Information system and study case // Proceedings of 2017 IEEE 6th Forum Stra-

tegic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovations), SPUE 2017. – 2018. – Vol. 2018-January. – P. 44–47. DOI: 10.1109/IVForum.2017.8246046

5. Петроченков А.Б., Ромодин А.В., Хорошев Н.И. Об одном формализованном методе оценки управленческих решений (на примере управления электротехническими объектами) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 5 (87). – С. 166–171.

### **Сведения об авторах**

**Иванова Марина Владимировна** – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЦЭКП-21-1м, г. Пермь, e-mail: permtrenerivanova@yandex.ru

**Петроченков Антон Борисович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: petrochenkov@pstu.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                      |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Секция I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ<br/>И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ .....</b>                                                                                                                                                    | <b>3</b> |
| <b>Артемьев И.А., Наборщиков А.А., Посягин А.И.,<br/>Цыганцев В.А.</b> Исследование стенда<br>самомаршрутизирующегося аналого-цифрового<br>преобразователя на основе нейронной сети<br>с использованием микроконтроллера STM 8 ..... | 4        |
| <b>Федоров А.Б., Батюков М.Г.</b> Тестер витой пары .....                                                                                                                                                                            | 11       |
| <b>Погудин А.Л., Болотов М.В., Файзрахманов Р.А.</b><br>Обоснование выбора средств визуализации для проекта<br>автоматизации производственного участка .....                                                                         | 18       |
| <b>Болотов С.А., Тарутин А.В.</b> Разработка<br>автоматизированной информационной системы<br>для учета деятельности по обслуживанию и ремонту<br>пожарной автоматики .....                                                           | 24       |
| <b>Бусыгина С.А.</b> Разработка автоматизированной системы<br>тестирования программного обеспечения сетевого<br>видеонаблюдения .....                                                                                                | 31       |
| <b>Ваганов И.А., Архипов А.В.</b> Интеграция low-code-<br>и no-code-платформ с международными платежными<br>системами .....                                                                                                          | 40       |
| <b>Васенин И.А., Тюрин С.Ф.</b> Топологическое<br>моделирование элемента ПЛИС с комбинированным<br>кодированием входных переменных .....                                                                                             | 44       |
| <b>Вольский А.В., Тютюных А.А., Файзрахманов Р.А.</b><br>Разработка модуля движения логико-динамических<br>объектов для компьютерного тренажера крановщика .....                                                                     | 50       |
| <b>Воронин В.Ю., Смирнов Н.В.</b> Бинарные классификаторы<br>в задаче многоклассовой классификации сообщений .....                                                                                                                   | 57       |
| <b>Ву Динь Хиеу, Файзрахманов Р.А.</b> Выявление аномалий<br>в данных в задаче прогнозирования состояния сложных<br>технических систем .....                                                                                         | 65       |
| <b>Главатских В.О., Курушин Д.С.</b> О возможности<br>использования промышленного робота-манипулятора<br>A12-1450 для FDM-печати .....                                                                                               | 72       |

|                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глухова О.А., Малышева Е.С., Никитина К.А.</b> Анализ методов измерения сопротивления биологических материалов .....                                                                               | 77  |
| <b>Масич Г.Ф., Добрынин Н.А.</b> Разработка проекта модернизации лаборатории сетевых технологий кафедры ИТАС .....                                                                                    | 82  |
| <b>Духанин А.В., Курушин Д.С.</b> О возможном подходе к решению задачи об интеллектуальной идентификации заготовки печатной платы на рабочей области CNC-станка .....                                 | 89  |
| <b>Кишин Г.А., Зайцев К.Г.</b> Программный комплекс для дефектоскопии технологических систем .....                                                                                                    | 96  |
| <b>Зиятдинов Р.А., Викентьева О.Л.</b> Проектирование и разработка прототипа информационной системы для управления командной работой студентов при реализации программных проектов .....              | 101 |
| <b>Погудин А.Л., Иванов И.Б., Ладыгин В.А., Ладыгин В.А.</b> Разработка учебно-тренировочного погрузочно-разгрузочного мобильного робототехнического комплекса на базе микроконтроллера ARDUINO ..... | 108 |
| <b>Полякова О.А., Иванов Н.А.</b> Автоматизация обработки заявлений на получение социальных пособий гражданами Пермского края .....                                                                   | 114 |
| <b>Ивченко Д.Я., Тюрин С.Ф.</b> Моделирование микропрограммного устройства управления с двумя типами микрокоманд .....                                                                                | 120 |
| <b>Калинин В.К., Тюрин С.Ф.</b> Автоматическое резервирование в САПР QUARTUS .....                                                                                                                    | 126 |
| <b>Касимова А.Д., Яруллин Д.В.</b> Архитектура подсистемы взаимодействия с пользователем АРМ медсестры .....                                                                                          | 131 |
| <b>Князев В.И., Князев А.И.</b> Разработка архитектуры системы контроля действий человека по последовательности кадров с камер видеонаблюдения .....                                                  | 138 |
| <b>Корепанова Е.В., Курушин Д.С., Петренко А.А.</b> Алгоритм автоматической ориентировки инструмента трехмерной печати в текущий момент времени .....                                                 | 143 |
| <b>Кузнецова Т.А., Сухарев А.А.</b> Нейросетевой регулятор малоэмиссионной камеры сгорания газотурбинной установки .....                                                                              | 149 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Кулешов П.В., Яруллин Д.В., Хохрякова Е.А.,<br/>Файзрахманов Р.А.</b> Проектирование аппаратной части<br>промышленных робототехнических комплексов<br>с применением методов денотативного анализа .....                                                                | 157 |
| <b>Куликов М.Ю., Сушенцев В.Д., Хохрякова Е.А.,<br/>Погудин А.Л.</b> Разработка программного и аппаратного<br>обеспечения автоматизированной системы подачи сварочной<br>проволоки для сварочного аппарата лазерного типа на базе<br>микроконтроллерного управления ..... | 161 |
| <b>Кылосова К.А., Прозорова Л.Ю., Файзрахманов Р.А.</b><br>Алгоритм поддержки принятия решений по назначению<br>коэффициентов КРІ в системах мотивации сотрудников .....                                                                                                  | 168 |
| <b>Кытманов А.А., Кузнецов Д.Б.</b> Анализ существующих<br>разработок информационных систем для автоматизации<br>задач обслуживания ИТ-инфраструктуры .....                                                                                                               | 174 |
| <b>Погудин А.Л., Ладыгин В.А., Ладыгин В.А.,<br/>Иванов И.Б.</b> Разработка учебно-тренировочного<br>комплекса «робот-гексапод» на базе ARDUINO .....                                                                                                                     | 178 |
| <b>Люкина Д.С., Курушин Д.С., Соболева О.В.</b><br>О возможности выявления связей между словами<br>в художественном произведении .....                                                                                                                                    | 186 |
| <b>Мальцев Р.Ю., Курушин Д.С.</b> О возможном<br>схемотехническом решении стенда изучения<br>основ навигации мобильных роботов .....                                                                                                                                      | 193 |
| <b>Машанов В.В., Файзрахманов Р.А.</b><br>Разработка информационной системы распределения<br>учебной нагрузки преподавателей (на примере<br>кафедры ИТАС ПНИПУ) .....                                                                                                     | 199 |
| <b>Молоков А.М., Баяндин К.С., Бражкин Е.В.,<br/>Будин Д.В., Полякова О.А.</b> Разработка<br>автоматизированного рабочего места специалиста<br>по управлению котельной .....                                                                                              | 204 |
| <b>Муллов И.Е., Долгова Е.В.</b> Разработка интерактивной<br>виртуальной кафедры в среде Unreal Engine 5 .....                                                                                                                                                            | 210 |
| <b>Кузнецов Д.Б., Наумов А.Н.</b> Система учета развития<br>спортсменов для муниципального бюджетного учреждения<br>дополнительного образования «Кезская районная детская<br>юношеская спортивная школа» .....                                                            | 215 |

|                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Наумов Г.В., Архипов А.В.</b> Повышение прозрачности и эффективности образовательного процесса за счет внедрения информационно-аналитической системы учета отчетных материалов студентов .....        | 220 |
| <b>Неволин С.Д., Архипов А.В.</b> Способы повышения производительности приложения на примере разработки информационной системы поиска реквизитов юридических лиц .....                                   | 227 |
| <b>Некрасов К.Л., Хохрякова Е.А., Погудин А.Л., Файзрахманов Р.А.</b> Разработка интерактивной системы управления шестизвенным манипулятором .....                                                       | 233 |
| <b>Долгова Е.В., Нерослов Е.А.</b> Разработка системы автоматизированной генерации диаграмм классов, схем баз данных, прототипов визуальных макетов на основе анализа текста на естественном языке ..... | 240 |
| <b>Никитина К.А., Глухова О.А., Малышева Е.С.</b> Модель средневзвешенной длины волны волоконно-оптического источника излучения .....                                                                    | 246 |
| <b>Яруллин Д.В., Ощепков М.О.</b> Алгоритм визуализации данных для анализа .....                                                                                                                         | 252 |
| <b>Павлова Н.А., Федоров А.Б., Файзрахманов Р.А.</b> Разработка информационно-измерительной системы диагностики состояния организма на основе анализа параметров пульсовой волны .....                   | 256 |
| <b>Гончаровский О.В., Пегушин А.А., Петров Д.Ю.</b> Разработка функции навигации и ориентации для миссии официанта сервисного робота Promobot V4 .....                                                   | 261 |
| <b>Викентьева О.Л., Пепеляев Н.А.</b> Разработка гибридного мобильного приложения для замены нативного решения .....                                                                                     | 267 |
| <b>Викентьева О.Л., Пирожков В.С.</b> Проектирование системы для автоматизации процесса аттестации персонала .....                                                                                       | 273 |
| <b>Поносова В.О., Аксенов А.А., Файзрахманов Р.А.</b> Разработка модели выявления манипуляций на торговой бирже .....                                                                                    | 280 |
| <b>Попов К.М., Костарев С.Н., Кочетова О.В.</b> Разработка гистологического анализатора патологий тканей животных и человека .....                                                                       | 288 |

|                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Попов Н.В., Викентьева О.Л.</b> Анализ интеграционных профилей регионального сегмента Единой государственной информационной системы здравоохранения при интеграции с системой скорой медицинской помощи .....                          | 295 |
| <b>Рождественский А.К., Яруллин Д.В.</b> Кроссплатформенная миграция .Net framework приложения на .Net core .....                                                                                                                         | 303 |
| <b>Рубцов Ю.Ф., Минин В.В.</b> Автоматизация разработки системы видеонаблюдения для фабрики архитектурного стекла «Кристалл» .....                                                                                                        | 308 |
| <b>Свитек А.С., Мыльников Л.А.</b> Разработка методики подготовки данных об объектах недвижимости для анализа .....                                                                                                                       | 315 |
| <b>Советов С.И., Тюрин С.Ф.</b> Топологическое моделирование многофункционального LUT FPGA .....                                                                                                                                          | 322 |
| <b>Щапов В.А., Софронов Р.Ю.</b> Автоматизация выявления паттернов на снимках лабораторных моделей атмосферы .....                                                                                                                        | 327 |
| <b>Старков А.Е., Широков А.А.</b> Разработка прототипа информационной системы для поиска узкоспециализированной информации .....                                                                                                          | 333 |
| <b>Файзрахманов Р.А., Старцева К.В.</b> Применение метода правил в задаче календарного планирования дискретного производства .....                                                                                                        | 338 |
| <b>Погудин А.Л., Тарутин А.В., Столбов А.А.</b> 3D-моделирование и подготовка раскроя платформы для мобильной робототехнической платформы .....                                                                                           | 343 |
| <b>Долгова Е.В., Сухих И.И., Шмелев П.Ю.</b> Формирование матрицы отношений «компетенции – дисциплины» на примере направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» .....                                                       | 347 |
| <b>Сушенцев В.Д., Куликов М.Ю., Полякова О.А.</b> Разработка программного обеспечения задачи автоматизации системы проверок объектов топливно-энергетического комплекса для внутреннего приложения компании ООО «ЛУКОЙЛ-Технологии» ..... | 354 |
| <b>Яруллин Д.В., Сычев К.С.</b> Учет рабочего времени с интеграцией Open Project и GitLab диалоговым агентом .....                                                                                                                        | 361 |

|                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Тютюных А.А., Тютюных Е.А.</b> Разработка модуля симуляции ветра для компьютерного тренажера крановщика .....                                                                                                    | 366 |
| <b>Ушаков А.С., Мухин О.И.</b> Визуализация свойств сложных систем посредством автоматизированного построения многомерных пространственных сцен .....                                                               | 372 |
| <b>Мухин О.И., Филатова А.А.</b> Проектирование цифровых двойников геометрических объектов и операции с ними .....                                                                                                  | 379 |
| <b>Андриевская Н.В., Фокеев Е.А.</b> Исследование адаптивного управления на базе робота-балансировщика Lego Mindstorms EV3 .....                                                                                    | 385 |
| <b>Хузин Р.Э., Тарутин А.В.</b> Автоматизация задачи формирования сменно-суточного задания для участка изготовления кабельной продукции ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» .....   | 393 |
| <b>Масич Г.Ф., Чугунов Д.П., Хурматуллин И.В.</b> Система визуализации напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений .....                                                                              | 401 |
| <b>Чернов К.А., Полевщиков И.С., Берестнев М.М.</b> Разработка веб-системы сбора и анализа данных о научной деятельности преподавателя вуза .....                                                                   | 406 |
| <b>Шеин В.В.</b> О возможном схемотехническом решении клинингового робота промышленного класса .....                                                                                                                | 413 |
| <b>Архипов А.В., Шеретов М.А.</b> Инструментарий реализации бизнес-логики на low-code-платформах .....                                                                                                              | 417 |
| <b>Шмидт И.А., Жуков Д.Р., Лузянин Д.Ю., Попов И.А., Тимков А.Ю.</b> Структура хранения временных рядов в документоориентированных базах данных .....                                                               | 424 |
| <b>Мэтью Н.А.Х., Файзрахманов Р.А.</b> Концептуально-логическая модель пространственной базы для хранения данных, полученных в результате обработки космических снимков при прогнозной разведке месторождений ..... | 433 |
| <b>Курушин Д.С., Пермякова П.М.</b> О возможности использования фреймворка Flask для создания веб-ориентированной системы управления роботом-манипулятором .....                                                    | 440 |

|                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Троицкий Д.В.</b> Использование параметрического моделирования для проектирования трехвалковых клетей поперечно-винтовой прокатки .....                                                                                                               | 445        |
| <b>Секция II. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ .....</b>                                                                                                                                                                            | <b>451</b> |
| <b>Работников М.А.</b> Адаптация динамической модели процесса оксосинтеза в контуре системы усовершенствованного управления .....                                                                                                                        | 452        |
| <b>Зыкин П.В.</b> Синтез системы управления показателями шероховатости при токарной обработке .....                                                                                                                                                      | 457        |
| <b>Сырчиков А.С., Бочкарев С.В.</b> Моделирование трехконтурной каскадной системы для поддержания температуры в колонне синтеза карбамида .....                                                                                                          | 462        |
| <b>Шмидт И.А., Бычин И.С.</b> Нечеткое управление для позиционно-следающих систем .....                                                                                                                                                                  | 467        |
| <b>Самарин Д.А., Широков А.А.</b> Метод разработки требований к структурным элементам ротационного таблеточного пресса Modul S фирмы GEA .....                                                                                                           | 475        |
| <b>Соколов Д.А., Андриевская Н.В., Сторожев С.А.</b> Разработка системы автоматического управления элементом Пельтье на основе нечеткой логики .....                                                                                                     | 480        |
| <b>Хижняков Ю.Н., Иняева Е.Ю.</b> Система управления уровнем нефти нефтегазового сепаратора в мобильной установке переработки нефти на базе нечеткой логики .....                                                                                        | 487        |
| <b>Санникова М.Е., Андриевская Н.В., Сторожев С.А.</b> Разработка нечеткого регулятора для нестационарных объектов управления .....                                                                                                                      | 495        |
| <b>Суслов А.И., Килин Г.А., Кавалеров Б.В.</b> Обзор суррогатного моделирования с использованием искусственных нейронных сетей .....                                                                                                                     | 503        |
| <b>Рангулов Н.Н., Гвозденко С.В., Шмидт И.А.</b> Методы контроля за срабатыванием исполнительных механизмов .....                                                                                                                                        | 508        |
| <b>Котов Д.Н., Григорьев А.В.</b> Выполнение математической модели электропривода на основе синхронного электродвигателя с постоянными магнитами, режущей части очистного комбайна с учетом воздействия гидросистемы подъема поворотного редуктора ..... | 513        |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ключарев М.Д., Елтышев Д.К.</b> Анализ технологического процесса упаковки лекарственных средств на установке блистерной машины Uhlmann B1330 .....                                                                                                        | 517 |
| <b>Куликов М.Ю., Сушенцев В.Д., Хохрякова Е.А., Погудин А.Л.</b> Разработка программного и аппаратного обеспечения автоматизированной системы подачи сварочной проволоки для сварочного аппарата лазерного типа на базе микроконтроллерного управления ..... | 521 |
| <b>Ошмарин Е.А., Каплина К.И., Никулин В.С.</b> Управление повышающим / понижающим DC-DC-преобразователем на основе микросхемы XL6019 .....                                                                                                                  | 528 |
| <b>Сарапулов А.А., Лисовин И.Г., Никулин Д.А., Даденков Д.А.</b> Обзор электроприводной заслонки системы активного управления радиальными зазорами в авиационных двигателях .....                                                                            | 536 |
| <b>Шмидт И.А., Артемов Е.В.</b> Поиск аномалий во временных рядах методом TadGAN .....                                                                                                                                                                       | 542 |
| <b>Тузиков Д.А., Петроченков А.Б.</b> Разработка методики создания автоматизированной системы анализа работы оборудования картоноделательной машины КДМ-1 .....                                                                                              | 547 |
| <b>Иванова М.В., Петроченков А.Б.</b> Цифровые платформы как способ повышения эксплуатационной эффективности деятельности компании на примере ООО «Головановская энергетическая компания» .....                                                              | 553 |

Научное издание

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы всероссийской научно-технической  
конференции  
(г. Пермь, 7–9 июня 2023 г.)

В двух томах  
Том I

---

Подписано в печать 27.12.2023. Формат 60×90/16.  
Усл. печ. л. 35,5. Тираж 30 экз. Заказ 317.

---

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета.  
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.  
Тел. (342) 219-80-33.  
Отпечатано в типографии издательства Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университета.  
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.  
Тел. (342) 219-80-33.